

Сборник тезисов докладов XII Российской конференции «Актуальные проблемы нефтехимии» (с международным участием), 5–9 октября 2021 г., г. Грозный. – М.: ИНХС РАН, 2021. – 776 с.

ISBN 978-5-9903891-4-4

Сборник включает тезисы докладов, которые были представлены на XII Российской конференции «Актуальные проблемы нефтехимии».

©Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН

ISBN 978-5-9903891-4-4



ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Сопредседатели:

Бухтияров Валерий Иванович (ФИЦ ИК СО РАН, академик РАН, д.х.н.)

Егоров Михаил Петрович (ИОХ РАН, академик РАН, д.х.н.)

Алдошин Сергей Михайлович (ИПХФ РАН, академик РАН, д.х.н.)

Анаников Валентин Павлович (ИОХ РАН, академик РАН, д.х.н.)

Баулин Олег Александрович (УГНТУ, к.т.н.)

Варфоломеев Сергей Дмитриевич (ИБХФ РАН, член-корр. РАН, д.х.н.)

Дедов Алексей Георгиевич (РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, академик РАН, д.х.н.)

Джемилев Усеин Меметович (ИНК УФИЦ РАН, член-корр. РАН, д.х.н.)

Исмагилов Зинфер Ришатович (ИУХМ ФИЦ УУХ СО РАН, академик РАН, д.х.н.)

Капустин Владимир Михайлович (РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, д.т.н.)

Караханов Эдуард Аветисович (МГУ им. М.В. Ломоносова, д.х.н.)

Лихолобов Владимир Александрович (ОНЦ СО РАН, член-корр. РАН, д.х.н.)

Мазгаров Ахмет Мазгарович (АО «ВНИИУС», д.т.н.)

Минцаев Магомед Шавалович (ГГНТУ, д.т.н.)

Пармон Валентин Николаевич (ФИЦ ИК СО РАН, академик РАН, д.х.н.)

Рудяк Константин Борисович (ООО «РН-ЦИР», д.т.н.)

Разумов Владимир Федорович (ИПХФ РАН, член-корр. РАН, д.ф.-м.н.)

Синяшин Олег Герольдович (ИОФХ им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН, академик РАН, д.х.н.)

Яруллин Рафинат Саматович (ОАО «Татнефтехиминвест-холдинг», д.х.н.)

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель:

Максимов Антон Львович (ИНХС РАН, МГУ имени М.В. Ломоносова, член-корр. РАН, д.х.н.)

Ахметов Арслан Фаритович (УГНТУ, д.т.н.)

Варфоломеев Михаил Алексеевич (КФУ, к.х.н.)

Герзелиев Ильяс Магомедович (ИНХС РАН, к.х.н.)

Грачев Андрей Владимирович (ООО "СИБУР")

Григорьева Нелля Геннадьевна (ИНК РАН, д.х.н.)

Дементьев Константин Игоревич (ИНХС РАН, к.х.н.)

Кадиев Хусаин Магамедович (ИНХС РАН, д.х.н.)

Лавренов Александр Валентинович (ФИЦ ИК СО РАН, д.х.н.)

Локтев Алексей Сергеевич (РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, д.х.н.)

Локтева Екатерина Сергеевна (МГУ им. М.В. Ломоносова, д.х.н.)

Лядов Антон Сергеевич (ИНХС РАН, к.х.н.)

Мартьянов Олег Николаевич (ФИЦ ИК СО РАН, д.х.н.)

Махмудова Любовь Ширваниевна (ГГНТУ, д.т.н.)

Никкульшин Павел Анатольевич (АО «ВНИИ НП, д.х.н.)

Рабаев Руслан Уралович (УГНТУ, к.т.н.)

Сайдумов Магомед Саламувич (ГГНТУ, к.т.н.)

Седов Игорь Владимирович (ИПХФ РАН, к.х.н.)

Стахеев Александр Юрьевич (ИОХ РАН, д.х.н.)

Цодиков Марк Вениаминович (ИНХС РАН, д.х.н.)

Чернышева Елена Александровна (РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, к.х.н.)

Шалыгин Максим Геннадьевич (ИНХС РАН, к.х.н.)

Шамсуллин Айрат Инсафович (ПАО «Татнефть», к.х.н.)

Якубов Махмут Ренатович (ИОФХ им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН, д.х.н.)

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ



Российская академия наук

Отделение химии и наук о материалах
Российской академии наук



Объединенный Научный совет РАН
по химии нефти, газа, угля и биомассы



Институт нефтехимического синтеза
им. А.В. Топчиева РАН



Институт органической химии
им. Н.Д. Зелинского РАН

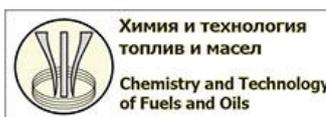


Грозненский государственный нефтяной
технический университет имени
академика М.Д. Миллионщикова

СПОНСОР КОНФЕРЕНЦИИ:



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ:



СОДЕРЖАНИЕ

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ.....	9
Пленарные доклады	42
П-1	43
П-2.....	44
П-3.....	49
П-4.....	52
П-5.....	56
П-6.....	57
П-7.....	59
П-8.....	64
Ключевые доклады.....	67
К-1	68
К-2.....	74
К-3	76
К-4.....	78
К-5	80
К-6.....	82
К-7	87
К-8.....	91
К-9.....	93
СПОНСОР КОНФЕРЕНЦИИ	98



Академик Саламбек Наирович Хаджиев (1941–2018) – крупный ученый в области нефтепереработки и нефтехимии, катализа на цеолитах, в первую очередь, каталитического крекинга, конверсии высокомолекулярных соединений нефти, тяжелых нефтяных остатков, превращения природного и попутного газа в моторные топлива и сырье для нефтехимии, синтеза изоалкановых и алкилароматических

углеводородов, компонентов высокоплотных специальных топлив.

Окончил в 1962 г. Грозненский нефтяной институт по специальности «Технология нефти и газа, нефтехимия».

После окончания аспирантуры МГУ и защиты кандидатской диссертации с 1967 г. по 1991 г. работал в Грозненском нефтяном научно-исследовательском институте (ГрозНИИ) в должностях старшего научного сотрудника, заведующего сектором, заведующего отделом, заместителя директора института, директора института (с 1983 г.).

В 1991 г. был назначен Министром химической и нефтехимической промышленности СССР.

С января 1992 г. работал директором ГрозНИИ.

В январе 1995 г. избран Председателем Правительства Чеченской республики, в октябре 1995 г. назначен на должность Председателя Государственного комитета РФ по промышленной политике.

В декабре 1996 г. избран заведующим лабораторией ИНХС РАН, с января 2008 г. по апрель 2017 г. являлся директором данного института. С апреля 2017 г. назначен Научным руководителем ИНХС РАН.

Исследования С.Н. Хаджиева составили научную основу новых реализованных в России и за рубежом промышленных процессов

термокаталитических превращений высокомолекулярных углеводородов, в том числе комплексов глубокой переработки нефти Г-43-107 и КТ-1 (Москва, Уфа, Омск, Грозный, Нижнекамск, Азербайджан, Болгария, Казахстан, Литва, Украина), производства высокоплотного топлива Т-6 (Орск), синтеза алкилбензина (Болгария, Омск) и этилбензола (Салават).

Талантливый ученый и организатор науки, один из самых авторитетных людей в области нефтепереработки и нефтехимии в стране, С.Н. Хаджиев проявил себя и как активный государственный деятель, истинный патриот России. Он уделял большое внимание использованию наукоемких технологий в экономике страны и внес заметный вклад в сохранение и развитие не только ее научного, но и промышленного потенциала. Работы последних лет обеспечили создание фундамента для новых процессов газохимии, переработки тяжелых нефтей, нефтяных остатков и полимерных отходов.

Награжден орденами «Знак почета» (1976), «Трудового Красного Знамени» (1986), «Почета» (2012), «За заслуги перед химической промышленностью I степени» и Почетной грамотой Совета Федерации Федерального собрания РФ (2016).

Имеет звания «Заслуженный деятель науки и техники Чечено-Ингушетии», «Почетный Нефтехимик СССР», «Заслуженный работник Топливо-энергетического комплекса России».

Удостоен премии Правительства РФ в области науки и техники (2009) и премии им. А.Н. Косыгина (2012).

С.Н. Хаджиев – автор более 800 научных работ, в том числе 224 авторских свидетельств и патентов.

5 октября, вторник. Заезд участников. Регистрация			7 октября, четверг													
6 октября, среда																
8 ³⁰ –9 ³⁰	Возложение венков к мемориалу А.А. Кадырова		8 ⁰⁰ –9 ⁰⁰	Завтрак												
9 ³⁰ –9 ⁴⁵	Торжественное открытие мемориальной доски, посвященной академику С.Н. Хаджиеву		9 ⁰⁰	<i>Пленарное заседание. Аудитория Нарния</i> <i>Председатели: Капустин В.М., Лавренов А.В.</i>												
9 ⁴⁵ –10 ²⁰	<i>Пленарное заседание. Конференц-зал</i> <i>Председатели: Алдошин С.М., Егоров М.П.</i> Открытие конференции. Приветственное слово Минцаева М.Ш., Байсултанова И.Х., Шаптукаева Р.Р.		9 ⁰⁰ –9 ⁴⁵	П-5	Никульшин П.А.											
			9 ⁴⁵ –10 ³⁰	П-6	Мазгаров А.М.											
			10 ³⁰ –10 ⁵⁰	<i>Кофе-брейк</i>												
10 ²⁰ –11 ⁰⁰	П-1	Максимов А.Л.	10 ⁵⁰	<i>Пленарное заседание. Аудитория Квазар</i> <i>Председатели: Капустин В.М., Лавренов А.В.</i>												
11 ⁰⁰ –11 ¹⁰	<i>Перерыв</i>															
11 ¹⁰	<i>Пленарное заседание. Конференц-зал</i> <i>Председатели: Музафаров А.М., Цивадзе А.Ю.</i>		10 ⁵⁰ –11 ²⁰	К-2	Арутюнов В.С.											
11 ¹⁰ –11 ⁵⁵	П-2	Агабеков В.Е.	11 ²⁰ –11 ⁵⁰	К-3	Локтева Е.С.											
11 ⁵⁵ –12 ²⁵	К-1	Кадиев Х.М.	11 ⁵⁰ –12 ²⁰	К-4	Дементьев К.И.											
11 ²⁵ –12 ⁴⁵	Показ фильма, посвященного памяти академика С.Н. Хаджиева		12 ²⁰ –12 ⁵⁰	К-5	Куликова М.В.											
12 ⁴⁵ –13 ²⁰	<i>Обед. Столовая университета</i>		12 ⁵⁰ –14 ⁰⁰	<i>Обед. Столовая университета</i>												
13 ³⁰ –16 ³⁰	Посещение кладбища в Шали		I. НЕФТЕХИМИЯ И НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА <i>Аудитория Квазар</i> <i>Председатели:</i> <i>Кадиев Х.М., Никульшин П.А.</i>			II. ГАЗОХИМИЯ <i>Аудитория Пульсар</i> <i>Председатели:</i> <i>Арутюнов В.С., Куликова М.В.</i>										
16 ³⁰ –16 ⁵⁰	<i>Кофе-брейк</i>															
16 ⁵⁰	<i>Пленарное заседание. Аудитория Квазар</i> <i>Председатели: Мартыянов О.Н., Цодиков М.В.</i>															
16 ⁵⁰ –17 ³⁵	П-3	Якубов М.Р.	I. НЕФТЕХИМИЯ И НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА <i>Аудитория Квазар</i> <i>Председатели:</i> <i>Кадиев Х.М., Никульшин П.А.</i>			II. ГАЗОХИМИЯ <i>Аудитория Пульсар</i> <i>Председатели:</i> <i>Арутюнов В.С., Куликова М.В.</i>										
17 ³⁵ –18 ¹⁵	П-4	Потапенко О.В.							14 ⁰⁰ –14 ¹⁵	У-I-1	Капустин В.М.	14 ⁰⁰ –14 ¹⁵	У-II-1	Снытников П.В.		
19 ⁰⁰	<i>Столовая университета</i> Вечер памяти академика С.Н. Хаджиева								14 ¹⁵ –14 ³⁰	У-I-2	Ечевский Г.В.	14 ¹⁵ –14 ³⁰	У-II-2	Колесниченко Н.В.		
									14 ³⁰ –14 ⁴⁵	У-I-3	Назаров И.В.	14 ³⁰ –14 ⁴⁵	У-II-3	Синева Л.В.		
									14 ⁴⁵ –15 ⁰⁰	У-I-4	Чернышева Е.А.	14 ⁴⁵ –15 ⁰⁰	У-II-4	Иванцов М.И.		
									15 ⁰⁰ –15 ¹⁵	У-I-5	Леонтьева Н.Н.	15 ⁰⁰ –15 ¹⁵	У-II-5	Арутюнов А.В.		
									15 ¹⁵ –15 ³⁰	У-I-6	Саитов З.А.	15 ¹⁵ –15 ³⁰	У-II-6	Чудакова М.В.		
									15 ³⁰ –15 ⁴⁵	У-I-7	Вутолкина А.В.	15 ³⁰ –15 ⁴⁵	У-II-7	Потемкин Д.И.		
									15 ⁴⁵ –16 ⁰⁰	<i>Кофе-брейк</i>		15 ⁴⁵ –16 ⁰⁰	<i>Кофе-брейк</i>			
									16 ⁰⁰ –16 ¹⁵	У-I-8	Алентьев Д.А.	16 ⁰⁰ –16 ¹⁵	У-II-8	Салиев А.Н.		
									16 ¹⁵ –16 ³⁰	У-I-9	Абилова Г.Р.	16 ¹⁵ –16 ³⁰	У-II-9	Ярахмедов М.Б.		
									16 ³⁰ –16 ⁴⁵	У-I-10	Северина В.А.	16 ³⁰ –16 ⁴⁵	У-II-10	Усков С.И.		
									16 ⁴⁵ –17 ⁰⁰	У-I-11	Гусева М.А.	16 ⁴⁵ –17 ⁰⁰	У-II-11	Галкин Р.С.		
									17 ⁰⁰ –17 ¹⁵	У-I-12	Засыпалов Г.О.	17 ⁰⁰ –17 ¹⁵	У-II-12	Стопорев А.С.		
									17 ¹⁵ –17 ³⁰	У-I-13	Тулегенов Т.Б.	17 ¹⁵ –17 ³⁰	У-II-13	Матиева З.М.		
			17 ³⁰ –17 ⁴⁵	У-I-14	Тарханова И.Г.	17 ³⁰ –17 ⁴⁵	У-II-14	Ситмуханова Э.А.								
17 ⁴⁵ –18 ⁰⁰	У-I-15	Пешиев Б.В.	17 ⁴⁵ –18 ⁰⁰	У-II-15	Мазурова К.М.											
			18 ⁰⁰ –19 ⁰⁰	<i>Аудитория Нарния</i> Вспоминая соратников – академиков В.В. Лунина и И.И. Моисеева.												

8 октября, пятница				9 октября, суббота			
8 ⁰⁰ -9 ⁰⁰	Завтрак			9 ⁰⁰	Экскурсия		
9 ⁰⁰	Пленарное заседание. Аудитория Нарния Председатели: Агабеков В.Е., Максимов А.Л.						
9 ⁰⁰ -9 ⁴⁵	П-7	Мартьянов О.Н.					
9 ⁴⁵ -10 ³⁰	П-8	Лавренов А.В.					
10 ³⁰ -10 ⁵⁰	Кофе-брейк						
10 ⁵⁰	Пленарное заседание. Аудитория Квазар Председатели: Агабеков В.Е., Максимов А.Л.						
10 ⁵⁰ -11 ²⁰	К-6	Герзелнев И.М.					
11 ²⁰ -11 ⁵⁰	К-7	Цодиков М.В.					
11 ⁵⁰ -12 ²⁰	К-8	Яковлев В.А.					
12 ²⁰ -12 ⁵⁰	К-9	Вахин А.В.					
12 ⁵⁰ -14 ⁰⁰	Обед. Столовая университета						
14 ⁰⁰ -14 ¹⁵		III. АЛЬТЕРНАТИВНОЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЕ СЫРЬЕ Аудитория Пульсар Председатели: Цодиков М.В., Яковлев В.А.				IV. НЕФТЕХИМИЯ И НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА Аудитория Квазар Председатели: Мартьянов О.Н., Вахин А.В.	
		У-III-1	Карлов С.С.			У-I-16	Капустин В.М.
14 ¹⁵ -14 ³⁰		У-III-2	Кузнецов Б.Н.			У-I-17	Яновский Л.С.
14 ³⁰ -14 ⁴⁵		У-III-3	Крылова А.Ю.			У-I-18	Яшник С.А.
14 ⁴⁵ -15 ⁰⁰		У-III-4	Ершов М.А.	У-I-19	Виноградов Н.А.		
15 ⁰⁰ -15 ¹⁵		У-III-5	Эльтеков А.Ю.	У-I-20	Князева О.А.		
15 ¹⁵ -15 ³⁰		У-III-6	Илолов А.М.	У-I-21	Андрейнов Ф.А.		
15 ³⁰ -15 ⁴⁵		У-III-7	Хакимов Р.В.	У-I-22	Боев С.С.		
15 ⁴⁵ -16 ⁰⁰		Кофе-брейк		15 ⁴⁵ -16 ⁰⁰ Кофе-брейк			
16 ⁰⁰ -16 ¹⁵		У-III-8	Караваяев А.А.	У-I-23	Срибная Т.Ю.		
16 ¹⁵ -16 ³⁰		У-III-9	Капустин В.М.	У-I-24	Рубцова М.И.		
16 ³⁰ -16 ⁴⁵		У-III-10	Голубева М.А.	У-I-25	Бланко-Педрехон А.М.		
				У-I-26	Варфоломеев М.А.		
				У-I-27	Зоткин М.А.		
				У-I-28	Катаранова К.Д.		
18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰ Стендовая сессия							
19 ⁰⁰ -19 ⁴⁰ Закрытие конференции Конференц-зал							
20.00 Банкет							

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

5 октября, вторник	
Заезд участников, регистрация в гостиницах	

6 октября, среда		
8 ³⁰ –9 ³⁰	Возложение венков к мемориалу А.А. Кадырова	
9 ³⁰ –9 ⁴⁵	Торжественное открытие мемориальной доски, посвященной академику С.Н. Хаджиеву	
<i>Пленарное заседание. Конференц-зал</i>		
Председатели: Алдошин Сергей Михайлович, академик РАН, ИПХФ РАН, Егоров Михаил Петрович, академик РАН, ИОХ РАН		
9 ⁴⁵ –10 ²⁰	Открытие конференции. Приветственное слово Минцаева М.Ш., Байсултанова И.Х., Шаптукаева Р.Р.	
10 ²⁰ –11 ⁰⁰	П-1	Цеолитсодержащие катализаторы для процессов нефтепереработки и нефтехимии: вклад школы С.Н. Хаджиева <u>Максимов Антон Львович</u> <i>ИНХС РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова</i>
11 ⁰⁰ –11 ¹⁰	<i>Перерыв</i>	
<i>Пленарное заседание. Конференц-зал</i>		
Председатели: Музафаров Азиз Мансурович, академик РАН, ИНЭОС РАН, Цивадзе Аслан Юсупович, академик РАН, ИФХЭ РАН		
11 ¹⁰ –11 ⁵⁵	П-2	Новые материалы для промышленности, медицины и сельского хозяйства <u>Агабеков Владимир Енокович</u> <i>Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Минск</i>
11 ⁵⁵ –12 ²⁵	К-1	Перспективы переработки тяжелых нефтяных остатков для получения моторных топлив и продукции нефтехимии <u>Кадиев Хусаин Магамедович</u> <i>ИНХС РАН</i>
12 ²⁵ –12 ⁴⁵	Показ фильма, посвященного памяти академика С.Н. Хаджиева	
12 ⁴⁵ –13 ²⁰	<i>Обед. Столовая Университета</i>	
13 ³⁰ –16 ³⁰	Посещение кладбища в Шали	
16 ³⁰ –16 ⁵⁰	<i>Кофе-брейк</i>	

<i>Пленарное заседание. Аудитория Квазар</i>		
Председатели: Мартьянов Олег Николаевич, д.х.н., ИК СО РАН, Цодиков Марк Вениаминович, д.х.н., ИНХС РАН		
16 ⁵⁰ –17 ³⁵	П-3	Извлечение высокочистых ванадилпорфиринов из тяжелого нефтяного сырья <u>Якубов Махмут Ренатович</u> <i>ИОФХ им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН</i>
17 ³⁵ –18 ¹⁵	П-4	Новейшие разработки катализаторов каталитического крекинга <u>Потапенко Олег Валерьевич</u> <i>ЦНХТ ИК СО РАН</i>
19 ⁰⁰		<i>Столовая Университета</i> Вечер памяти академика С.Н. Хаджиева

7 октября, четверг		
8 ⁰⁰ –9 ⁰⁰	<i>Завтрак</i>	
<i>Пленарное заседание. Аудитория Нарния</i>		
Председатели: Капустин Владимир Михайлович , д.т.н., РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, Лавренов Александр Валентинович , д.х.н., ИК СО РАН		
9 ⁰⁰ –9 ⁴⁵	П-5	Современные разработки ВНИИ НП в области катализаторов, присадок и технологий нефтепереработки <u>Никульшин Павел Анатольевич</u> <i>АО «ВНИИ НП»</i>
9 ⁴⁵ –10 ³⁰	П-6	Промышленные технологии очистки нефтей и нефтепродуктов от сернистых соединений <u>Мазгаров Ахмет Мазгарович</u> <i>АО «ВНИИУС»</i>
10 ³⁰ –10 ⁵⁰	<i>Кофе-брейк</i>	
<i>Пленарное заседание. Аудитория Квазар</i>		
Председатели: Капустин Владимир Михайлович , д.т.н., РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, Лавренов Александр Валентинович , д.х.н., ИК СО РАН		
10 ⁵⁰ –11 ²⁰	К-2	Новые некаталитические процессы переработки углеводородных газов <u>Арутюнов Владимир Сергеевич</u> <i>ФИЦ ХФ РАН, ИПХФ РАН</i>
11 ²⁰ –11 ⁵⁰	К-3	Катализаторы окисления на основе оксида церия, полученные темплатными методами <u>Локтева Екатерина Сергеевна</u> <i>МГУ им. М.В. Ломоносова</i>
11 ⁵⁰ –12 ²⁰	К-4	Каталитический крекинг для циркулярной экономики: отходы полимеров как новый источник топлив и продуктов нефтехимии <u>Дементьев Константин Игоревич</u> <i>ИНХС РАН</i>
12 ²⁰ –12 ⁵⁰	К-5	Новые процессы глубокой переработки углеродсодержащего сырья <u>Куликова Майя Валерьевна</u> <i>ИНХС РАН</i>
12 ⁵⁰ –14 ⁰⁰	<i>Обед. Столовая Университета</i>	

7 октября, четверг

СЕКЦИЯ I. НЕФТЕХИМИЯ И НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА. Аудитория Квазар

Председатели: Кадиев Хусаин Магамедович, д.х.н., ИНХС РАН,

Никульшин Павел Анатольевич, д.х.н., АО «ВНИИ НП»

14 ⁰⁰ –14 ¹⁵	У-I-1	Исследование свойств нефтяных твердых парафинов с помощью БИК-спектроскопии Капустин Владимир Михайлович, Махин Д.Ю., Пронченков И.А. , РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
14 ¹⁵ –14 ³⁰	У-I-2	БИЦИКЛАР – инновационная технология совместной ароматизации легких углеводородов с метаном Ечевский Геннадий Викторович Институт катализа им. Г.К.Борескова СО РАН
14 ³⁰ –14 ⁴⁵	У-I-3	Синтез и метатезисная полимеризация оптически активных N-замещенных норборнендикарбоксиимидов Назаров Иван Викторович , Алентьев Д.А., Бермешев М.В. ИНХС РАН
14 ⁴⁵ –15 ⁰⁰	У-I-4	Оптимизация компонентного состава судового топлива с целью снижения содержания серы Капустин В.М., Чернышева Елена Александровна , Ершов М.А., Сердюкова Е.Ю. РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
15 ⁰⁰ –15 ¹⁵	У-I-5	Особенности структуры платиновых катализаторов на основе слоистых двойных гидроксидов для реакции дегидрирования пропана Леонтьева Наталья Николаевна , Черепанова С.В., Степанова Л.Н., Дроздов В.А., Лавренев А.В. Центр новых химических технологий ИК СО РАН, ИК СО РАН
15 ¹⁵ –15 ³⁰	У-I-6	Подготовка сырья для эффективного проведения реакции алкилирования изобутана бутиленами на цеолитных катализаторах Саитов Заур Алаудинович , Герзелиев И.М., Максимов А.Л. ИНХС РАН
15 ³⁰ –15 ⁴⁵	У-I-7	Дисперсные катализаторы на основе сульфидов переходных металлов для гидропревращения ароматических и сероорганических соединений в условиях реакции водяного газа: влияние типа прекурсора на активность систем Байгильдин И.Г., Вутолкина Анна Викторовна , Максимов А.Л., Караханов Э.А.

		<i>МГУ им. М.В. Ломоносова</i>
15 ⁴⁵ –16 ⁰⁰		<i>Кофе-брейк</i>
16 ⁰⁰ –16 ¹⁵	У-I-8	Синтез и полимеризация производных 5-норборнен-2-метанола Алентьев Дмитрий Александрович , Зарезин Д.П., Никифоров Р.Ю., Белов Н.А., Бермешев М.В. <i>ИНХС РАН, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева</i>
16 ¹⁵ –16 ³⁰	У-I-9	Ванадий и никель в смолах тяжелых высокосернистых нефтей Абилова Гузалия Рашидовна , Тазеева Э.Г., Якубова С.Г., Милордов Д.В., Якубов М.Р. <i>ИОФХ им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН</i>
16 ³⁰ –16 ⁴⁵	У-I-10	Применение полученных <i>in situ</i> Ni-W сульфидных катализаторов на основе зародышей и высококристаллических цеолитов ZSM-5 в реакции гидрокрекинга 1-метилнафталина Остроумова В.А., Северина Виктория Александровна , Максимов А.Л. <i>ИНХС РАН</i>
16 ⁴⁵ –17 ⁰⁰	У-I-11	Стереоселективное гидросилилирование норборнадиена, полимеризация кремнийзамещенных норборненов и газотранспортные характеристики мембранных материалов на их основе Гусева Марина Алексеевна , Алентьев Д.А., Бермешев М.В., Бермешева Е.В., Финкельштейн Е.Ш. <i>ИНХС РАН</i>
17 ⁰⁰ –17 ¹⁵	У-I-12	Синтез микро/мезопористого SAPO-34 на основе алюмосиликатных нанотрубок галлуазита Засыпалов Глеб Олегович , Боев С.С., Артемова М.И., Глотов А.П. <i>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
17 ¹⁵ –17 ³⁰	У-I-13	Исследование диметилсульфоксида как термодинамического ингибитора гидратообразования Тулегенов Тимур Бауыржанович , Мендгазиев Р.И., Семенов А.П., Стопорев А.С., Истомин В.А. <i>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Казанский федеральный университет, ИНХ СО РАН, Сколковский институт науки и технологий</i>

17 ³⁰ –17 ⁴⁵	У-I-14	<p>Гибридные гетерогенные катализаторы окислительной десульфуризации с ионными жидкостями цвитер-ионными соединениями</p> <p>Тарханова Ирина Геннадиевна, Лукиянчук И.В., Ростовщикова Т.Н., Гуревич С.А., Буряк А.К., Брыжин А.А.</p> <p><i>МГУ им. М.В. Ломоносова, Институт химии ДВО РАН, Физико-технический Институт имени А.Ф. Иоффе РАН, ИФХЭ РАН</i></p>
17 ⁴⁵ –18 ⁰⁰	У-I-15	<p>Механохимическая активация нефтяного сырья</p> <p>Пешнев Борис Владимирович, Николаев А.И., Терентьева В.Б., Никишин Д.В.</p> <p><i>МИРЭА, 25 ГосНИИ МО РФ</i></p>

7 октября, четверг

<p>СЕКЦИЯ II. ГАЗОХИМИЯ. Аудитория Пульсар Председатели: Арутюнов Владимир Сергеевич, д.х.н., ФИЦ ХФ РАН, ИПХФ РАН, Куликова Майя Валерьевна, д.х.н., ИНХС РАН</p>		
14 ⁰⁰ –14 ¹⁵	У-П-1	<p>Прямая монетизация попутного нефтяного газа и утилизация углекислого газа на промысле Усков С.И., Потемкин Д.И., <u>Снытников Павел Валерьевич</u> <i>ИК СО РАН, Новосибирский государственный университет</i></p>
14 ¹⁵ –14 ³⁰	У-П-2	<p>Каталитические синтезы продуктов с высокой добавленной стоимостью из природного газа <u>Колесниченко Наталия Васильевна</u>, Ежова Н.Н. <i>ИНХС РАН</i></p>
14 ³⁰ –14 ⁴⁵	У-П-3	<p>Гранулированные кобальтовые катализаторы синтеза Фишера–Тропша на основе терморасширенного графита: влияние цеолита Асалиева Е.Ю., <u>Синева Лилия Вадимовна</u>, Грязнов К.О., Горохова Е.О., Мордкович В.З. <i>Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов</i></p>
14 ⁴⁵ –15 ⁰⁰	У-П-4	<p>Гидрирование оксидов углерода в присутствии композитных никельсодержащих катализаторов <u>Иванцов Михаил Иванович</u>, Губанов М.А., Куликова М.В. <i>ИНХС РАН</i></p>
15 ⁰⁰ –15 ¹⁵	У-П-5	<p>Влияние концентрации водорода на самовоспламенение и безопасность использования метан-водород-воздушных смесей <u>Арутюнов Артем Владимирович</u>, Беляев А.А., Трошин К.Я., Иновенков И.Н. <i>ФИЦ ХФ РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова</i></p>
15 ¹⁵ –15 ³⁰	У-П-6	<p>Активность Fe-Co-содержащих катализаторов на основе карбонизированной целлюлозы в конверсии смеси CO₂ и H₂ <u>Чудакова Мария Владимировна</u>, Дементьева О.С., Крысанова К.О., Куликова М.В. <i>ИНХС РАН</i></p>
15 ³⁰ –15 ⁴⁵	У-П-7	<p>Методы утилизации факельных и попутных нефтяных газов <u>Потемкин Дмитрий Игоревич</u>, Усков С.И., Снытников П.В., Шигаров А.Б., Кириллов В.А., Собянин В.А.</p>

		<i>ИК СО РАН, Новосибирский государственный университет, Новосибирский государственный технический университет</i>
15 ⁴⁵ –16 ⁰⁰		<i>Кофе-брейк</i>
16 ⁰⁰ –16 ¹⁵	У-П-8	Исследование никель- и кобальтоксидных переносчиков кислорода для химического цикла риформинга метана Салиев Алексей Николаевич , Ильин В.Б., Яковенко Р.Е., Земляков Н.Д., Савостьянов А.П. <i>Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова</i>
16 ¹⁵ –16 ³⁰	У-П-9	Изучение образования смешанных клатратных гидратов в системах метан–диоксид углерода–вода–вспомогательный компонент Ярахмедов Муртазали Басирович , Мендгазиев Р.И., Семенов А.П., Манаков А.Ю., Стопорев А.С. <i>РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Казанский федеральный университет</i>
16 ³⁰ –16 ⁴⁵	У-П-10	Получение товарного и топливного газа методом низкотемпературной паровой конверсии C ₂₊ -углеводородов Усков Сергей Игоревич , Потемкин Д.И., Снытников П.В., Кириллов В.А., Собянин В.А. <i>ИК СО РАН, Новосибирский государственный университет, Новосибирский государственный технический университет</i>
16 ⁴⁵ –17 ⁰⁰	У-П-11	Синтез метилацетата карбонилированием диметилового эфира на мордените и феррьерите Галкин Роман Сергеевич , Белостоцкий И.А., Волнина Э.А., Кипнис М.А. <i>ИНХС РАН</i>
17 ⁰⁰ –17 ¹⁵	У-П-12	Термодинамический контроль образования газовых гидратов в процессах добычи, транспортировки и разделения газа Стопорев Андрей Сергеевич , Семенов А.П., Мендгазиев Р.И., Тулегенов Т.Б., Ярахмедов М.Б., Сергеева Д.В., Истомин В.А., Манаков А.Ю. <i>РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Казанский федеральный университет, Сколковский институт науки и технологий</i>

17 ¹⁵ –17 ³⁰	У-П-13	Получение жидких углеводородов регулируемого состава из попутного нефтяного газа через синтез-газ и оксигенаты Матиева Зарета Муратовна , Снатенкова Ю.М., Колесниченко Н.В., Хаджиев С.Н. <i>ИНХС РАН</i>
17 ³⁰ –17 ⁴⁵	У-П-14	Квантовые точки CdS, стабилизированные на иерархическом алюмосиликате как фотокатализаторы выделения водорода Ситмуханова Элиза Абделевна , Пуресмаил Ф., Хуснетденова Э.Е., Ставицкая А.В. <i>РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина</i>
17 ⁴⁵ –18 ⁰⁰	У-П-15	Получение синтетических жидких топлив по методу Фишера-Тропша на основе алюмосиликатных нанотрубок Мазурова Кристина Михайловна , Ставицкая А.В. <i>РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина</i>

7 октября, четверг

19 ⁰⁰ –20 ⁰⁰	Вспоминая соратников – академиков В.В. Лунина и И.И. Моисеева. <i>Аудитория Нарния</i>
------------------------------------	--

8 октября, пятница		
8 ⁰⁰ –9 ⁰⁰		<i>Завтрак</i>
<i>Пленарное заседание. Аудитория Нарния</i>		
Председатели: Агабеков Владимир Енокович , академик НАН Беларуси, Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Максимов Антон Львович , член-корр. РАН, ИНХС РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова		
9 ⁰⁰ –9 ⁴⁵	П-7	Развитие и применение передовых методов <i>in situ</i> для исследования стабильности и физико-химических процессов в нефтяных системах <u>Мартьянов Олег Николаевич</u> <i>ИК СО РАН</i>
9 ⁴⁵ –10 ³⁰	П-8	Каталитическая химия легких алкенов: вчера и сегодня <u>Лавренов Александр Валентинович</u> <i>Центр новых химических технологий ИК СО РАН</i>
10 ³⁰ –10 ⁵⁰		<i>Кофе-брейк</i>
<i>Пленарное заседание. Аудитория Квазар</i>		
Председатели: Агабеков Владимир Енокович , академик НАН Беларуси, Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Максимов Антон Львович , член-корр. РАН, ИНХС РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова		
10 ⁵⁰ –11 ²⁰	К-6	Использование принципа «chemical looping» в процессах получения синтез-газа и дегидрирования этана <u>Герзелиев Ильяс Магомедович</u> , Максимов А.Л., Файрузов Д.Х. <i>ИНХС РАН, ООО "Газпром переработка Благовещенск"</i>
11 ²⁰ –11 ⁵⁰	К-7	Возобновляемое сырье как дополнительный источник получения энергоносителей и мономеров. катализ в зеленой химии <u>Цодиков Марк Вениаминович</u> , Чистяков А.В., Федотов А.С., Константинов Г.И., Гехман А.Е. <i>ИНХС РАН</i>
11 ⁵⁰ –12 ²⁰	К-8	Каталитические технологии переработки растительной биомассы <u>Яковлев Вадим Анатольевич</u> <i>ИК СО РАН</i>
12 ²⁰ –12 ⁵⁰	К-9	Внутрипластовое деструктивное гидрирование смолисто-асфальтеновых веществ высоковязкой нефти в присутствии соединений переходных металлов в гидротермальных условиях <u>Вахин Алексей Владимирович</u> , Ситнов С.А., Мухаматдинов И.И., Нургалиев Д.К. <i>Казанский федеральный университет</i>
12 ⁵⁰ –14 ⁰⁰		<i>Обед. Столовая Университета</i>

8 октября, пятница

СЕКЦИЯ III. АЛЬТЕРНАТИВНОЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЕ СЫРЬЕ.

Аудитория Пульсар

Председатели: Цодиков Марк Вениаминович, д.х.н., ИНХС РАН,
Яковлев Вадим Анатольевич, д.х.н., ИК СО РАН

14 ⁰⁰ –14 ¹⁵	У-III-1	Биоразлагаемые полимеры: современные вызовы и возможные перспективы <u>Карлов Сергей Сергеевич</u> <i>МГУ им. М.В. Ломоносова, ИОХ РАН</i>
14 ¹⁵ –14 ³⁰	У-III-2	Переработка древесной биомассы в ценные химические продукты каталитическими процессами окисления и терморазложения <u>Кузнецов Борис Николаевич</u> <i>Институт химии и химической технологии СО РАН</i>
14 ³⁰ –14 ⁴⁵	У-III-3	Получение экологически чистых СО ₂ -нейтральных синтетических топлив из биомассы <u>Крылова Алла Юрьевна</u> , Куликова М.В., Крысанова К.О., Куликов А.Б. <i>ИНХС РАН</i>
14 ⁴⁵ –15 ⁰⁰	У-III-4	Низкоуглеродные моторные топлива и компоненты оценка перспектив производства и применения в России и предложения по развитию <u>Ершов Михаил Александрович</u> , Капустин В.М. <i>ООО «Центр Мониторинга Новых Технологий», РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина</i>
15 ⁰⁰ –15 ¹⁵	У-III-5	Адсорбция ПАВ мезопористыми кремнеземами <u>Эльтеков Антон Юрьевич</u> , Буряк А.К. <i>ИФХЭ РАН</i>
15 ¹⁵ –15 ³⁰	У-III-6	Дизельное топливо на основе биомассы Ибрагимов Д.Э., <u>Илолов Ахмадшо Мамадшоевич</u> <i>Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими</i>
15 ³⁰ –15 ⁴⁵	У-III-7	Определение рецептуры высокооктанового бензина с помощью технологии искусственных нейронных сетей <u>Хакимов Роман Васильевич</u> , Капустин В.М. <i>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
15 ⁴⁵ –16 ⁰⁰		<i>Кофе-брейк</i>
16 ⁰⁰ –16 ¹⁵	У-III-8	Получение полупродуктов нефтехимии из возобновляемого сырья с использованием цеолитов

		<p>типа MFI, синтезированных гидротермально-микроволновым методом</p> <p><u>Карavaев Александр Александрович</u>, Локтев А.С., Митиненко А.С., Молчанова А.А., Дедов А.Г. <i>ИНХС РАН, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, ИОНХ РАН</i></p>
16 ¹⁵ –16 ³⁰	У-III-9	<p>Современные проблемы применения оксигенатов в товарных автобензинах</p> <p><u>Капустин Владимир Михайлович</u>, Хакимов Р.В. <i>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i></p>
16 ³⁰ –16 ⁴⁵	У-III-10	<p>Гидропревращения продуктов переработки биомассы с использованием катализаторов на основе фосфида никеля</p> <p><u>Голубева Мария Андреевна</u>, Максимов А.Л. <i>ИНХС РАН</i></p>

8 октября, пятница

СЕКЦИЯ I. НЕФТЕХИМИЯ И НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА. Аудитория Квазар
Председатели: Мартьянов Олег Николаевич, д.х.н., ИК СО РАН, **Вахин Алексей Владимирович**, к.т.н., Казанский федеральный университет

14 ⁰⁰ –14 ¹⁵	У-I-16	О некоторых физико-химических свойствах изотропного нефтяного кокса Капустин Владимир Михайлович , Тимин Е.Н., Прус А.А. <i>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
14 ¹⁵ –14 ³⁰	У-I-17	Влияние технологий производства реактивных топлив РТ и ТС-1 на их эксплуатационные свойства Яновский Леонид Самойлович , Варламова Н.И., Молоканов А.А., Ежов В.М., Попов И.М., Тарасов Г.А. <i>ИПХФ РАН, Российская академия ракетных и артиллерийских наук</i>
14 ³⁰ –14 ⁴⁵	У-I-18	Гидрообессеривающие свойства бифункционального наноразмерного Pt-Pd цеолитного катализатора Яшник Светлана Анатольевна , Суровцовой Т.А., Исмагилов З.Р. <i>ИК СО РАН</i>
14 ⁴⁵ –15 ⁰⁰	У-I-19	Гидроизомеризация <i>n</i> -гексадекана на сульфидных цеолитсодержащих катализаторах. Влияние цеолитной добавки Виноградов Николай Александрович , Савинов А.А., Тимошкина В.В., Глотов А.П., Пимерзин Ал.А. <i>Самарский государственный технический университет, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина</i>
15 ⁰⁰ –15 ¹⁵	У-I-20	Функционализация поверхности технического углерода для получения стабильных водных суспензий Княжева Ольга Алексеевна , Кохановская О.А., Бакланова О.Н., Дроздов В.А., Леонтьева Н.Н., Лавренов В.А. <i>Центр новых химических технологий ИК СО РАН</i>
15 ¹⁵ –15 ³⁰	У-I-21	Синтез и газоразделительные свойства полимеров на основе кремнийзамещенных производных 5-норборнен-2-метанола Андреев Федор Александрович , Алентьев Д.А., Волков А.В., Борисов И.Л., Финкельштейн Е.Ш., Бермешев М.В. <i>ИНХС РАН, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</i>

15 ³⁰ –15 ⁴⁵	У-I-22	Особенности жидкофазного гидрирования бензола и фенола на наноструктурированных Ru-катализаторах Боев Севастьян Сергеевич , Засыпалов Г.О., Недоливко В.В., Глотов А.П., Иванов Е.В., Гущин П.А., Винокуров В.А. <i>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
15 ⁴⁵ –16 ⁰⁰		<i>Кофе-брейк</i>
16 ⁰⁰ –16 ¹⁵	У-I-23	Определение основного азота в смолах сланцепереработки Срибная Татьяна Юрьевна , Козлов А.М. <i>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
16 ¹⁵ –16 ³⁰	У-I-24	Микро-мезопористый Pt-катализатор изомеризации ароматической фракции С-8 Рубцова Мария Игоревна , Демихова Н.Р., Иванов Е.В., Винокуров В.А., Глотов А.П. <i>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
16 ³⁰ –16 ⁴⁵	У-I-25	Регенерация углеводородной основы буровых растворов экстракционно-мембранными методами Бланко-Педрехон Александра Максимовна , Шибанов И.В., Мотузенко Н.Д., Каграманов Г.Г. <i>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</i>
16 ⁴⁵ –17 ⁰⁰	У-I-26	Внутрипластовое облагораживание сверхвязкой нефти при паротепловом воздействии с применением органических солей переходных металлов: влияние типа металла, органического лиганда и добавок нафтеновых углеводородов Сувейд М., Аль-Мунтасер А., Джимасбе Р., Варфоломеев Михаил Алексеевич , Юань Ч., Анчита Х. <i>Казанский (Приволжский) федеральный университет</i>
17 ⁰⁰ –17 ¹⁵	У-I-27	Синтез и исследование свойств полинорборненов с карбоциклическими заместителями Зоткин Максим Александрович , Бермешева Е.В., Алентьев Д.А., Борисов И.Л., Волков А.В., Финкельштейн Е.Ш., Бермешев М.В. <i>ИНХС РАН</i>
17 ¹⁵ –17 ³⁰	У-I-28	Полимеризация 5-этилиден-2-норборнена в присутствии N-гетероциклических карбеновых Pd-комплексов с аллильными и металлильными лигандами Катаранова Ксения Дмитриевна , Хрычикова А.П., Бермешева Е.В., Возняк А.И., Топчий М.А., Ржевский С.А., Бермешев М.В., <i>ИНХС РАН</i>

8 октября, пятница

18⁰⁰–19⁰⁰

СТЕНДОВАЯ СЕССИЯ

СЕКЦИЯ I. НЕФТЕХИМИЯ И НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА

С-I-1	Гидрогенизационная переработка полимерных отходов в смеси с тяжелыми остатками нефти <u>Дандаев Асхаб Умалтович</u> , Кадиев Х.М., Гюльмалиев А.М., Батов А.Е., Зекель Л.А., Кадиева М.Х. <i>ИНХС РАН</i>
С-I-2	Иммобилизованные полифункциональные ионные жидкости для окислительного обессеривания органических топлив Акопян А.В., <u>Есева Екатерина Андреевна</u> <i>МГУ им. М.В. Ломоносова</i>
С-I-3	Гетерогенный катализатор аэробного окислительного обессеривания на основе иммобилизованного полиоксометаллата типа андерсона на мезопористом силикате типа SBA-15 <u>Лукашов Максим Олегович</u> , Есева Е.А., Акопян А.В. <i>МГУ им. М.В. Ломоносова</i>
С-I-4	Реактивная адсорбционная десульфуризация дибензотиофена на Ni-Zn-мезопористых сорбентах <u>Голубев Олег Владимирович</u> , Чжоу Х., Караханов Э.А., Максимов А.Л. <i>МГУ им. М.В. Ломоносова, ИНХС РАН</i>
С-I-5	Бутилированные огнестойкие масла на основе триарилфосфатов <u>Карчевская Ольга Георгиевна</u> , Носков Ю.Г., Иванова Л.В. <i>ООО «Объединённый центр исследований и разработок», РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
С-I-6	Модифицирование оксида алюминия дисульфидом молибдена и атомами кобальта для процесса дегидрирования <u>Кумбатова Анастасия Сергеевна</u> , Симутина А.С., Маркова Е.Б., Осман М. И-А., Чередниченко А.Г. <i>РУДН</i>
С-I-7	Маршруты превращения ацетона в условиях совместного с углеводородами каталитического крекинга: исследование методом изотопных меток <u>Паланков Тимур Ахметович</u> , Дементьев К.И., Кузнецова Д.В., <i>ИНХС РАН</i>
С-I-8	Окислительное каталитическое превращение сернистых соединений на углеродных наноматериалах <u>Сальников Антон Васильевич</u> , Яшник С.А., Исмагилов З.Р.

	<i>ИК СО РАН, Институт углехимии и химического материаловедения ФИЦ УУХ СО РАН</i>
C-I-9	Олигомеризация пентенов на аморфных мезопористых алюмосиликатах ASM Серебренников Дмитрий Вениаминович , Баширова Г.М., Аглиуллин М.Р., Григорьева Н.Г. <i>Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН, Уфимский государственный нефтяной технический университет</i>
C-I-10	Исследование закономерностей конверсии диметилового эфира в пропилен на цеолитных катализаторах HZSM-5/HZSM-12/Al ₂ O ₃ и HZSM-5/галлуазит Старожицкая Анастасия Васильевна , Магомедова М.В., Давыдов И.А., Цаплин Д.А., Глотов А.П. <i>ИНХС РАН, МИРЭА, МГУ им. М.В. Ломоносова, НП «Технопарк Губкинского университета»</i>
C-I-11	Иерархический цеолит ZSM-5 – перспективный катализатор промышленно важных процессов Травкина Ольга Сергеевна , Куватова Р.З., Восмерилов А.В. <i>Институт нефтехимии и катализа РАН, ИХН СО РАН</i>
C-I-12	Регенерация молибденсодержащего прекурсора катализатора гидроконверсии тяжелого нефтяного сырья с получением концентрата соединений ванадия и никеля Висалиев Мурат Яхьяевич , Кадиев Х.М., Магомадов Э.Э., Кадиева М.Х., <i>ИНХС РАН</i>
C-I-13	Дехлорирование 1,4-дихлорбензола на ненанесенных Ni-Mo, Co-Mo, Ni-W катализаторах Джабаров Эдуард Геннадьевич , Петрухина Н.Н. <i>ИНХС РАН</i>
C-I-14	Мембранные контакторы жидкость-жидкость на основе трековых мембран с варьируемой пористой структурой Баженов С.Д., Криставчук О.В., Костяная Маргарита Игоревна , Юшкин А.А., Апель П.Ю., Волков В.В. <i>ИНХС РАН, Объединенный институт ядерных исследований</i>
C-I-15	Синтез катализатора на основе цеолита типа FAU для процесса трансалкилирования бензола диэтилбензолами Султанов Равиль Миниславович , Максимов А.Л., Басимова Р.А., Павлов М.Л. <i>Научно-технический центр ООО “Газпром нефтехим Салават”, ИНХС РАН</i>
C-I-16	Перстракционное выделение термостабильных солей из аминовых абсорбентов процессов газоочистки Костяная Маргарита Игоревна , Баженов С.Д. <i>ИНХС РАН</i>

8 октября, пятница

18⁰⁰–19⁰⁰

СТЕНДОВАЯ СЕССИЯ

СЕКЦИЯ II. ГАЗОХИМИЯ

С-II-1	Газофазное окислительное карбонилирование метана в уксусную кислоту в присутствии иерархических родийсодержащих цеолитов Голубев Константин Борисович , Снатенкова Ю.М., Колесниченко Н.В. <i>ИНХС РАН</i>
С-II-2	Каталитическое гидрирование оксидов углерода на композитных системах на основе никеля и поливинилового спирта (ПВС) Попандопуло Мария Васильевна , Иванцов М.И., Куликова М.В. <i>ИНХС РАН, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
С-II-3	Кислотность по аммиаку цеолитных компонентов катализаторов синтеза Фишера-Тропша Соломоник Игорь Григорьевич , Мордкович В.З. <i>Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов</i>
С-II-4	Термопервапорационная дегидратация триэтиленгликоля с применением коммерческих мембран Голубев Георгий Сергеевич , Подтынников И.А., Балынин А.В., Новицкий Э.Г., Макаев С.В. Борисов И.Л. <i>ИНХС РАН</i>
С-II-5	Одноатомные родиевые цеолитные катализаторы для прямой низкотемпературной окислительной конверсии метана в уксусную кислоту Яшина Ольга Владимировна , Обухова Т.К., Батова Т.И., Колесниченко Н.В. <i>ИНХС РАН</i>
С-II-6	Гибридные микропористые полимерные мембраны с улучшенными разделительными и транспортными свойствами Голубев Георгий Сергеевич , Стариков Д.М., Бахтин Д.С., Борисов И.Л., Волков А.В. <i>ИНХС РАН, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева</i>

8 октября, пятница	
18 ⁰⁰ –19 ⁰⁰	СТЕНДОВАЯ СЕССИЯ
СЕКЦИЯ III. АЛЬТЕРНАТИВНОЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЕ СЫРЬЕ	
С-III-1	Кремнеземные молекулярные сита для адсорбции белков <u>Эльтеков Антон Юрьевич</u> <i>ИФХЭ РАН</i>
С-III-2	Влияние природы прекурсора на активность полученного in situ сульфидного Ni-W катализатора в процессе гидродеоксигенации <u>Кучинская Татьяна Сергеевна</u> , Мамян Л.Г., Князева М.И. <i>ИНХС РАН, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
С-III-3	Каталитический крекинг компонентов бионефти, гидрированных в мягких условиях <u>Кузнецов Петр Сергеевич</u> , Пантелеева Я.А., Дементьев К.И. <i>ИНХС РАН</i>
С-III-4	Активность Ni-W-S и Co-Mo-S катализаторов в процессе гидродеоксигенации гваякола в присутствии воды <u>Мамян Лилит Гагиковна</u> , Кучинская Т.С., Максимов А.Л. <i>ИНХС РАН, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
С-III-5	Концентрирование солевых растворов методом мембранной дистилляции с пористым конденсером <u>Голубев Георгий Сергеевич</u> , Борисов И.Л., Еремеев И.С., Шалыгин М.Г., Василевский В.П., Воротынцев И.В., Волков А.В. <i>ИНХС РАН, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева</i>

8 октября, пятница	
18 ⁰⁰ –19 ⁰⁰	СТЕНДОВАЯ СЕССИЯ
СЕКЦИЯ IV. ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ И ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ	
С-IV-1	Создание углеродных мембран ИК-пиролизом исходного субстрата из полиакрилонитрила <u>Юшкин Алексей Александрович</u> , Балынин А.В., Ефимов М.Н., Муратов Д.Г., Карпачева Г.П., Волков В.В., Бильдюкевич А.В., Волков А.В. <i>ИНХС РАН, Институт физико-органической химии НАН Беларуси</i>

8 октября, пятница	
19 ⁰⁰ –19 ⁴⁰	Заккрытие конференции. <i>Конференц-зал</i> Подведение итогов. Награждение победителей конкурса лучших докладов молодых ученых
20 ⁰⁰	Банкет

9 октября, суббота	
9 ⁰⁰	Экскурсии

ЗАОЧНОЕ УЧАСТИЕ

СЕКЦИЯ I. НЕФТЕХИМИЯ И НЕФТЕПЕРЕРАБОТКА	
3-I-1	Современное состояние и тенденции развития металлоценовых и пост-металлоценовых катализаторов <u>Салахов И.И.</u> , Нифантьев И.Э. <i>Научно-технологический центр ПАО «Нижнекамскнефтехим», ИНХС РАН</i>
3-I-2	Selective alkylation of toluene with isopropanol on modified zeolite type ZSM-5 <u>Abdullaeva N.M.</u> , Mammadov S.E., Voskressensky L.G. <i>Бакинский государственный университет, РУДН</i>
3-I-3	Эксплуатационные свойства парафиновых композиций <u>Абубакарова А.С.</u> , <u>Александрова Э.А.</u> , <u>Хадисова Ж.Т.</u> <i>Грозненский государственный нефтяной технический университет имени акад. М.Д. Миллионщикова, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина</i>
3-I-4	Преобразование прямогонной бензиновой фракции на цеолитах типа ZSM-5, модифицированных переходными металлами <u>Ширинова С.М.</u> , <u>Ахмедова Н.Ф.</u> , <u>Мирзалиева С.Э.</u> , <u>Мамедов С.Э.</u> <i>Бакинский государственный университет, Нахичеванский Государственный Университет</i>
3-I-5	Prospective applications hydrocarbons of pyrolysis fraction C ₄ <u>Akhundov I.A.</u> , <u>Nasirov F.A.</u> , <u>Tagiyeva A.M.</u> , <u>Bagirova Sh.R.</u> <i>Institute of Petrochemical Processes named after academician Y.N.Mammadaliyev of Azerbaijan National Academy of Sciences</i>
3-I-6	Получение половолоконных мембран на основе термопластичного полиимида Р-ОДФО для наночистоты органических сред <u>Анохина Т.С.</u> , <u>Борисов И.Л.</u> , <u>Баженов С.Д.</u> , <u>Василевский В.П.</u> , <u>Бахтин Д.С.</u> , <u>Балынин А.В.</u> , <u>Юшкин А.А.</u> , <u>Ваганов Г.В.</u> , <u>Диденко А.Л.</u> , <u>Юдин В.Е.</u> , <u>Волков А.В.</u> <i>ИНХС РАН, ИВС РАН</i>
3-I-7	Получение половолоконных полисульфоновых мембран “мокрым” способом формования <u>Анохина Т.С.</u> , <u>Раева А.Ю.</u> , <u>Борисов И.Л.</u> , <u>Василевский В.П.</u> , <u>Волков А.В.</u> <i>ИНХС РАН</i>
3-I-8	Catalytic performance of zeolites modified by Zr and W nanopowders for the conversion of the methanol to hydrocarbons <u>Babayeva T.A.</u> , <u>Akhmedov E.I.</u> , <u>Mammadov E.S.</u> , <u>Babayev E.M.</u> , <u>Kerimli F.Sh.</u>

	<i>Baku State University, Baku Branch of Lomonosov Moscow State University, Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry, ANAS</i>
3-I-9	Зависимость каталитического превращения этилена в системах на основе комплексных соединений хрома(III) в сочетании с лигандами SOS-типа от природы используемого алюминийорганического сокатализатора <u>Бабенко И.А.</u> , <u>Безбородов В.А.</u> , <u>Вильмс А.И.</u> <i>Иркутский государственный университет</i>
3-I-10	Влияние способа подготовки тяжелой смолы пиролиза и технологического режима переработки на выход и физико-химические свойства пека <u>Бейлина Н.Ю.</u> , <u>Мухамедзянова А.А.</u> <i>АО "Научно-исследовательский институт конструкционных материалов на основе графита", Башкирский государственный университет</i>
3-I-11	Активность в процессе фентона дезактивированных катализаторов гидроочистки дизельного топлива <u>Белкина И.С.</u> , <u>Конькова Т.В.</u> , <u>Гольнева П.А.</u> <i>РХТУ им. Д.И. Менделеева</i>
3-I-12	Использование ультразвуковой предобработки и микроволновой кристаллизации для синтеза цеолитных мембран на основе метакаолина <u>Борисова Т.Н.</u> , <u>Афанасьева Е.Е.</u> , <u>Гордина Н.Е.</u> , <u>Колобкова А.Е.</u> , <u>Цветова Е.В.</u> <i>Ивановский государственный химико-технологический университет</i>
3-I-13	Конденсация пропаргилового спирта с фенолом <u>Чернова О.Б.</u> , <u>Бронзова И.А.</u> , <u>Рябов В.Д.</u> <i>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
3-I-14	Энергии диссоциации N–H-связей в ароматических аминах <u>Денисов Е.Т.</u> , <u>Денисова Т.Г.</u> <i>ИПХФ РАН</i>
3-I-15	Система допуска новых горюче-смазочных материалов к применению <u>Дунаев С.В.</u> , <u>Исаев А.В.</u> , <u>Каторгин В.А.</u> , <u>Куликов А.Б.</u> , <u>Лесин А.В.</u> , <u>Озеренко А.А.</u> , <u>Попов В.П.</u> <i>ИНХС РАН, ООО «Химмотологический центр»</i>
3-I-16	Влияние параметров пористой системы носителя микросферического алюмохромового катализатора на состояние кислородных соединений хрома и каталитические показатели в процессе дегидрирования изобутана <u>Гизятуллов Р.Н.</u> , <u>Ермолаев Р.В.</u> , <u>Курбангалеева А.З.</u> , <u>Егорова С.Р.</u> , <u>Ламберов А.А.</u>

	<i>Казанский (Приволжский) федеральный университет</i>
3-I-17	Гидропероксидный метод получения алкилфенолов Фролов А.С., Курганова Е.А., Кошель Г.Н. <i>Ярославский государственный технический университет</i>
3-I-18	Синтез пиромеллитовых индикаторов для трассерных исследований Нехорошев В.П., Нифантьев И.Э. <i>Сургутский государственный университет, МГУ им. М.В. Ломоносова, ИНХС РАН</i>
3-I-19	Новые гетерогенные катализаторы тандемного гидроформилирования-гидрирования олефинов Горбунов Д.Н., Ненашева М.В. <i>МГУ им. М.В. Ломоносова</i>
3-I-20	Composites based on polyolefins and cyclohexyl oligoesters of (met)acrylic acids Gulieva I.M., Aliyeva R.V., Akhmedbekova S.F., Bagirova Sh.R. <i>Institute of Petrochemical Processes named after academician Y.H. Mammadaliyev of Azerbaijan National Academy of Sciences</i>
3-I-21	Влияние природы алкилфенолов на функциональные свойства полимерных присадок тиофосфинатного типа Гамидова Д.Ш., Исаков Э.У., Гасанова Э.И., Гусейнова Н.Д., Мусаева М.Э. <i>Институт химии присадок НАН Азербайджана им. академика А.М. Кулиева</i>
3-I-22	Изучение влияния полимерметаллического комплекса на кислотные свойства природного цеолита и его каталитическую активность при синтезе ЭТБЭ Кадирбеков К.А., Абдюсупов Г., Югай О.К, Серебрянская А.П., Молдабаев М., Алимуханбетова М.М., Батырбаева А. <i>АО «Институт химических наук им. А.Б.Бектурова», Алматы, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби</i>
3-I-23	Новый подход к активации комплексов Pd(0) для аддитивной полимеризации норборнена Карпов Г.О., Бермешев М.В. <i>ИНХС РАН</i>
3-I-24	Совместный способ получения фенола и циклогексанона на основе бензола Кошель Г.Н., Курганова Е.А., Фролов А.С. <i>Ярославский государственный технический университет</i>
3-I-25	Определение солюбилизующей способности детергентов ИК-Фурье спектроскопией Лесин А.В., Тонконогов Б.П., Дунаев С.В., Мамедова Т.А. <i>ИНХС РАН, РГУ нефти и газа (НИУ) И.М. Губкина</i>

3-I-26	Термический пиролиз бензиновых фракций в присутствии альфа-олефинов Левин В.О., Потехин В.В. <i>Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)</i>
3-I-27	Синтез и исследование метилен-активных производных N-2-карбамилгуанидинсульфамидов Мамедова С.И. <i>Институт химии присадок им. А.М. Кулиева Национальной АН Азербайджана</i>
3-I-28	Распределение микроэлементов в экстрактах и асфальтенах пород из доманиковых и доманикоидных отложений Ромашкинского месторождения Михайлова А.Н., Каюкова Г.П., Вахин А.В., Гареев Б.И. <i>ИОФХ им. А.Е. Арбузова - обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Казанский (Приволжский) Федеральный университет</i>
3-I-29	Каталитические процессы переработки метилароматических углеводородов нефти Михайловская Т.П., Воробьев П.Б., Кадирбеков К.А., Курмакызы Р. <i>АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», г. Алматы</i>
3-I-30	Извлечение и анализ ванадилпорфиринов из тяжелого нефтяного остатка Милордов Д.В., Миронов Н.А., Якубова С.Г., Абилова Г.Р., Тазеева Э.Г., Якубов М.Р. <i>ИОФХ им. А.Е. Арбузова - обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН</i>
3-I-31	Циклоалкилфенилфосфиты – ингибиторы термоокисления к дизельному топливу Расулов Ч.К., Салманова Ч.К., Ахмедбекова С.Ф., Нагиева М.В. <i>Институт нефтехимических процессов им. Ю. Мамедалиева НАНА</i>
3-I-32	Изменение состава и структуры нефтяных углеводородов доманиковой породы при воздействии суб- и сверхкритической воды Насырова З.Р., Каюкова Г.П., Вахин А.В. <i>Казанский (Приволжский) федеральный университет, ИОФХ им. А.Е. Арбузова - обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН</i>
3-I-33	«Пост-эффект» кавитационного воздействия на вязкость тяжелого нефтяного сырья Никишин Д.В., Пешнев Б.В., Воробьев С.И., Николаев А.И.

	<i>МИРЭА, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова</i>
3-I-34	Проблема образования асфальтосмолопарафиновых отложений на примере месторождений Западной Сибири <u>Оганесян А.Н.</u> , <u>Цыганков В.А.</u> , <u>Кунакова А.М.</u> <i>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
3-I-35	Поглощение кислорода тройной системой эпоксид стирола – хлорид меди (II) – ионол в растворе метанола <u>Петров Л.В.</u> , <u>Психа Б.Л.</u> , <u>Соляников В.М.</u> , <i>ИПХФ РАН</i>
3-I-36	Факторы, определяющие энергию активации согласованного распада галоидалканов в газовой фазе <u>Покидова Т.С.</u> , <u>Денисов Е.Т.</u> , <i>ИПХФ РАН</i>
3-I-37	Образование отложений на поверхностях деталей дизельных двигателей <u>Прокопцова М.Д.</u> , <u>Уханов Д.А.</u> <i>ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России»</i>
3-I-38	Микроэлементный состав нефтидов – от исходного органического вещества к нефтям и природным битумам <u>Пунанова С.А.</u> <i>Институт проблем нефти и газа РАН</i>
3-I-39	Скрининг новых арилиминовых комплексов циркония для процессов (Co)полимеризации этилена <u>Генберли З.А.</u> , <u>Азизбейли Г.Р.</u> , <u>Ибрагимова М.Д.</u> , <u>Халил Х.С.</u> <i>Институт нефтехимических процессов имени академика Ю.Г. Мамедалиева Национальной Академии Наук Азербайджана</i>
3-I-40	Закономерности каталитического окисления этилена в растворах катионных комплексов палладия <u>Руснак И.Н.</u> , <u>Пестунова У.В.</u> , <u>Ошанина И.В.</u> , <u>Темкин О.Н.</u> <i>МИРЭА</i>
3-I-41	Роль научно-исследовательских организаций в развитии процессов производства нефтяных смазочных материалов <u>Садулаева А.С.</u> , <u>Ахмадова Х.Х.</u> <i>Грозненский государственный нефтяной технический университет имени акад. М.Д. Миллионщикова</i>
3-I-42	Некоторые особенности математического моделирования гидроочистки дизельного топлива <u>Самойлов Н.А.</u> <i>Уфимский государственный нефтяной технический университет</i>
3-I-43	(Олиго)алкилирование в присутствии ионных жидкостей и различных новых модификаторов <u>Сеидова Х.Г.</u> , <u>Бабашова Е.М.</u> , <u>Садыхова Н.Д.</u> , <u>Алиева Р.В.</u> , <u>Караева Э.М.</u>

	<i>Институт Нефтехимических Процессов им. академика Ю.Г.Мамедалиева НАН Азербайджана, Бакинский Государственный Университет</i>
3-I-44	Регулирование кислотных свойств поверхности $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ <u>Шатина Е.А.</u> , Хасанова Г.Р., Курбангалеева А.З., Егорова С.Р., Ламберов А.А. <i>Казанский (Приволжский) федеральный университет</i>
3-I-45	Синтез и свойства высокомолекулярного цеолита морденит <u>Скорникова С.А.</u> , Гизетдинова А.Ф., Колесников С.С. <i>Иркутский национальный исследовательский технический университет, ООО «Газпромнефть - Каталитические системы»</i>
3-I-46	Особенности отработанных масел как сырья для получения масляных дистиллятов <u>Станьковски Л.</u> , Дорогочинская В.А., Тонконогов Б.П., Молоканов А.А. <i>ООО «РОСА-1», РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина</i>
3-I-47	Нефтехимические процессы в производстве базовых масел <u>Цветков О.Н.</u> , Максимов А.Л. <i>ИНХС РАН</i>
3-I-48	Олигомеризация этилена в масляные фракции <u>Хамиев М.Дж.</u> , Джафаров Р.П., Атаи-Гаджиева К.Ш., Дадашова А.М., Маммедли Р.З. <i>Институт Нефтехимических Процессов им. академика Ю.Г.Мамедалиева НАН Азербайджана</i>
3-I-49	Катализаторы гидроксирования бензола на основе пористых ароматических каркасов <u>Ярчак В.А.</u> , Куликов Л.А. <i>МГУ им. М.В. Ломоносова</i>
3-I-50	Крекинг парафинов на катализаторах из природного цеолита шанканайского месторождения казахстана <u>Конуспаев С.Р.</u> , Бродский А.Р., Кребаева Л.У., Алгабас Ж.Д., Есенбаева А.Н. <i>Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби, Институт топлива катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского, г.Алматы</i>
3-I-51	Гидрирование каркасных углеводородов на основе норборнадиена на палладиевом катализаторе <u>Замалютин В.В.</u> , Данюшевский В.Я., Флид В.Р., Кацман Е.А. <i>МИРЭА</i>
3-I-52	Исследование влияния вязкости ароматического масла на результаты очистки растворителем n-метилпирролидон-этиленгликоль

	Жолнеркевич В.И., Грушова Е.И. <i>Белорусский государственный технологический университет</i>
3-I-53	Синтез бензпиранов и исследование их антимикробных и трибологических свойств Аскерова К.Т. <i>Институт химии присадок им. академика А.М.Кулиева НАНА</i>
3-I-54	О-, S- и Р- замещенные производные о-гидроксиалкилтиофенолов в качестве антимикробных присадок к маслам Фарзалиев В.М., Алиев Ш.Р., Бабаи Р.М., Кулиева Г.М., Мамедова Р.Ф., Ейвазова Г.Ш. <i>Институт химии присадок им. академика А.М.Кулиева НАНА</i>
3-I-55	Восстановление замещенных 5-ацил-1,3-диоксанов в присутствии катализатора Pd/C Мусин А.И., Борисова Ю.Г., Раскильдина Г.З., Даминев Р.Р., Злотский С.С. <i>Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Стерлитамаке, Уфимский государственный нефтяной технический университет</i>
3-I-56	Синтез и свойства метилциклопентилфенольных оснований Манниха Гасымова Ф.И., Гасанова Г.Д., Джафарова Р. А., Расулов Ч.К. <i>Институт нефтехимических процессов им. Ю.Г.Мамедалиева НАНА</i>
3-I-57	Закономерности алкилирования толуола этанолом на цеолитах типа ZSM-5 Гахраманов Т.О., Мамедов С.Э. <i>Бакинский государственный университет</i>
3-I-58	Исследование защитных свойств моторных масел для высокофорсированных дизельных двигателей Джавадова Э.М., Шамильзаде Т.И., Гусейнова А.А., Дадашева Т.А. <i>Институт химии присадок им. академика А.М.Кулиева НАНА</i>
3-I-59	Spectroscopic study of heavy oil residues and their effective use Yolchueva U.J., Jafarova R.A., <u>Насијева G.A.</u> , Ibrahimova R.A. <i>Институт нефтехимических процессов им. Ю.Г.Мамедалиева НАНА</i>
3-I-60	Взаимосвязь дисперсности и эксплуатационных свойств нефтяных битумов Хадисова Ж.Т., Ахмадова Х.Х., Махмудова Л.Ш., Абдулмежидова З.А. <i>Грозненский государственный нефтяной технический университет имени акад. М.Д. Миллионщикова</i>

3-I-61	Производные алкиларилсульфамидов в качестве присадок к уплотнительным смазкам Мамедов С.А., <u>Ладохина Н.П.</u> , Мамедова С.И., Аскерова К.Т. <i>Институт химии присадок им. академика А.М.Кулиева НАНА</i>
3-I-62	Начальный этап становления синтеза цеолитов и цеолитсодержащих катализаторов в СССР <u>Ахмадова Х.Х.</u> , Мадаева А.Д., Махмудова Л.Ш., Хадисова Ж.Т. <i>Грозненский государственный нефтяной технический университет имени акад. М.Д. Миллионщикова</i>
3-I-63	Особенности каталитических свойств цеолитсодержащих катализаторов крекинга <u>Мельников В.Б.</u> , Макарова Н.П. <i>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
3-I-64	Высокощелочная алкилфенолятная присадка к моторным маслам <u>Нагиева Э.А.</u> , Гадиров А.А., Кязим-заде А.К., Алиева М.Н., Мамедова Р.А., Насирова С.И. <i>Институт химии присадок им. академика А.М.Кулиева НАНА</i>
3-I-65	Инициированные фотокаталитические процессы гидрообработки тяжелых нефтей и нефтяных остатков <u>Наджафова М.А.</u> , Салманова Ч.Г. <i>Институт нефтехимических процессов им. Ю.Г. Мамедалиева НАНА</i>
3-I-66	Исследование парамагнитных свойств Западно-Абшеронской нефти <u>Наджафова М.А.</u> <i>Институт нефтехимических процессов им. Ю.Г. Мамедалиева НАНА</i>
3-I-67	Разработка сорбентов на основе шунгитовых пород для очистки нефтезагрязненных почв <u>Онгарбаев Е.К.</u> , Байгулбаева М.М. <i>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, РГП «Институт проблем горения», Алматы</i>
3-I-68	Коллоидно-химические свойства нефтяного сырья. их роль в процессах нефтепереработки Глаголева О.Ф., <u>Пискунов И.В.</u> <i>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
3-I-69	Моторное масло для быстроходных автотракторных и стационарных дизелей <u>Рамазанова Ю.Б.</u> , Гусейнова А.А., Юсифзаде Г.Г., Магеррамова З.К., Алиева Р.Г. <i>Институт химии присадок им. академика А.М.Кулиева НАНА</i>
3-I-70	Анализ распределения сернистых соединений бензина каталитического крекинга Цилинского НПЗ после гидроочистки

	Тян Гэн, Чернышева Е.А. <i>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
3-I-71	Синтез гидроксипропилентритиокарбонат в качестве присадки к синтетическим маслам Мустафаев Н.П., <u>Эфендиева Х.К.</u> , Фарзалиев В.М., Сафарова М.Р., Акчурина Т.Х. <i>Институт химии присадок им. академика А.М.Кулиева НАНА</i>
3-I-72	Синтез 5-хлор-1,3-оксатиолан-2-тионов <u>Эфендиева Х.К.</u> , Фарзалиев В.М., Мусаева М.Э., Гамидова Ш.Я. <i>Институт химии присадок им. академика А.М.Кулиева НАНА</i>
3-I-73	Спектральное исследование химического состава масляной нефти Балаханского месторождения Апшеронского района Азербайджана Джафарова Р.А., <u>Ёлчуева У.Дж.</u> , Гаджиева Г.А. <i>Институт нефтехимических процессов им. Ю.Г. Мамедалиева НАНА</i>
3-I-74	Синтез и свойства 2[1(3)-метилциклогексил]-4-метилфенолов Расулов Ч.К., <u>Агамалиев З.З.</u> <i>Институт нефтехимических процессов им. акад. Ю.Г. Мамедалиева НАНА</i>
3-I-75	Исследование влияния соотношения Si/Al в Pt-содержащих катализаторах на основе упорядоченного алюмосиликата типа Al-MCM-41 и природных нанотрубок галлуазита на активность в изомеризации ксилолов <u>Демихова Н.Р.</u> , Артемова М.И., Иванов Е.В., Винокуров В.А. Глотов А.П. <i>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
3-I-76	Гидрирование 1,1-дихлор-2-изопропенил-2-метилциклопропана <u>Раскильдина Г.З.</u> , Мусин А.И., Борисова Ю.Г., Джумаев Ш.Ш., Злотский С.С. <i>Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфимский государственный нефтяной технический университет</i>
3-I-77	Ингибиторы коррозии созданные научной школой академика АН Республики Башкортостан Д.Л. Рахманкулова <u>Михайлова Н.Н.</u> , Мамлиева А.В., Шавшукова С.Ю., Богомазова А.А. <i>Уфимский государственный нефтяной технический университет, Башкирский государственный университет Стерлитамакский филиал</i>

СЕКЦИЯ II. ГАЗОХИМИЯ	
3-II-1	Состояние и перспективы развития нефтегазохимии в России <u>Голубева И. А.</u> , <u>Крючков М. В.</u> <i>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
3-II-2	Новые типы гибридных функциональных материалов на основе клеточных комплексов d-металлов для электро- и каталитического получения водорода <u>Волошин Я.З.</u> , <u>Бузник В.М.</u> , <u>Санджиева Д.А.</u> , <u>Локтев А.С.</u> , <u>Дедов А.Г.</u> <i>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, ИОНХ РАН, ИНХС РАН, ИНЭОС РАН</i>
3-II-3	Изучение влияния взаимодействия реагент-катализатор на активацию и дезактивацию Ni, ReO _x /Al ₂ O ₃ катализатора в процессе дегидроциклогексамеризации метана в бензол <u>Бабаева Ф.А.</u> , <u>Абасов С.И.</u> , <u>Рустамов М.И.</u> <i>Институт нефтехимических процессов им. Ю.Г. Мамадалиева НАНА</i>
3-II-4	Высокоселективные полисилоксановые мембраны для выделения паров углеводородов из газовых сред <u>Борисов И.Л.</u> , <u>Грушевенко Е.А.</u> , <u>Волков В.В.</u> , <u>Волков А.В.</u> <i>ИНХС РАН</i>
3-II-5	Кинетика адсорбции и десорбции паров воды на низкомолекулярных цеолитах <u>Борисова Т.Н.</u> , <u>Гордина Н.Е.</u> , <u>Афанасьева Е.Е.</u> , <u>Колобкова А.Е.</u> , <u>Цветова Е.В.</u> <i>Ивановский государственный химико-технологический университет</i>
3-II-6	Сравнительный анализ адсорбционной активности различных промышленных адсорбентов <u>Гафарова Э.Б.</u> <i>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
3-II-7	Потенциальные жидкие органические носители водорода на основе газойлевых фракций вторичного происхождения <u>Султанова М.У.</u> , <u>Самойлов В.О.</u> , <u>Борисов Р.С.</u> , <u>Максимов А.Л.</u> <i>ИНХС РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова</i>
3-II-8	Адсорбция диметилового эфира на цеолитах различной структуры <u>Кубарева А.Р.</u> , <u>Волнина Э.А.</u> , <u>Арапова О.В.</u> , <u>Кипнис М.А.</u> <i>ИНХС РАН, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина</i>
3-II-9	Структурные особенности водных растворов моноэтаноламина различного состава. исследование экспериментальными и теоретическими методами колебательной спектроскопии

	Легков С.А., Бондаренко Г.Н., Новицкий Э.Г, Баженов С.Д., Костина Ю.В. <i>ИНХС РАН</i>
3-П-10	Эффективность осушки природного газа адсорбционным методом Махмудова Л.Ш., Ахмадова Х.Х., <u>Хадисова Ж.Т.</u> , Абдулмежидова З.А. <i>Грозненский государственный нефтяной технический университет имени акад. М.Д. Миллионщикова</i>
3-П-11	Корреляция между параметрами пористой структуры полуволоконных мембран из полисульфона и токами высоковольтного разряда через мембраны <u>Матвеев Д.Н.</u> , Борисов И.Л., Василевский В.П. <i>ИНХС РАН</i>
3-П-12	Цеолиты-фотокатализаторы получения водорода при фотосенсибилизированном разложении воды Наджафова М.А., <u>Тагиева Ш.Ф.</u> <i>Институт нефтехимических процессов им. Ю.Г. Мамедалиева НАНА</i>
3-П-13	Реакционная способность кислорода в алюмооксидных системах, содержащих наноразмерные металлические частицы <u>Бабаева Ф.А.</u> , Алимова И.А., Абаов С.И, Рустамов М.И. <i>Институт нефтехимических процессов им. Ю.Г. Мамедалиева НАНА</i>
3-П-14	Полиалкилнорборнены – мембранные материалы для разделения газообразных углеводородов <u>Возняк А.И.</u> , Бермешева Е.В., Бермешев М.В., Борисов И.Л., Волков А.В., Финкельштейн Е.Ш. <i>ИНХС РАН</i>

СЕКЦИЯ III. АЛЬТЕРНАТИВНОЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЕ СЫРЬЕ	
3-III-1	Исследование термического превращения лигнина методами колебательной спектроскопии <u>Арапова О.В.</u> , Цодиков М.В., Бондаренко Г.Н. <i>ИНХС РАН</i>
3-III-2	Пористые ароматические каркасы модифицированные сульфогруппами в алкилировании гваякола <u>Больных Ю.С.</u> , Калинина М.А. <i>МГУ им. М.В. Ломоносова</i>
3-III-3	Катализаторы Cu/Al ₂ O ₃ в реакции жидкофазного гидрогенолиза глицерина

	Хаджиев В.И., Дмитриев Г.С., Николаев С.А., Эзжеленко Д.И., Мельчаков И.С., Занавескин Л.Н. <i>ИНХС РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова</i>
3-III-4	Рутениевые катализаторы на основе пористых ароматических каркасов для гидрирования левоулиновой кислоты <u>Дубиняк А.М.</u> , Макеева Д.А. <i>МГУ им. М.В. Ломоносова</i>
3-III-5	Отходы агропромышленного комплекса, как альтернативное сырье для получения сорбирующих материалов <u>Еремин И.С.</u> , Мещеряков С.В., Широков В.А. <i>РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина</i>
3-III-6	Кинетика реакции получения бутанола-1 из биоэтанола на модельном Pd/Al ₂ O ₃ катализаторе и выявление вероятных факторов дезактивации Pd компоненты <u>Эзжеленко Д.И.</u> , Николаев С.А., Чистяков А.В., Чистякова П.А., Цодиков М.В. <i>МГУ им. М.В. Ломоносова, ИНХС РАН</i>
3-III-7	Синтез кислородсодержащих высокооктановых добавок к бензинам на каталитически «умных системах» <u>Кадирбеков К.А.</u> , Югай О.К., Серебрянская А.П., Абдюсупов Г., Молдабаев М., Алимуханбетова М.М., Батырбаева А. <i>АО «Институт химических наук им. А.Б.Бектурова», Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, г. Алматы</i>
3-III-8	Платиновые катализаторы гидрирования компонентов лигнинной бионефти <u>Калинина М.А.</u> , Куликов Л.А. <i>МГУ им. М.В. Ломоносова</i>
3-III-9	Применение катализаторов, полученных из лигнина, для синтеза 5-гидроксиметилфурфуrolа Каримов О.Х. <i>МИРЭА</i>
3-III-10	Влияние концентрации цинка на физико-химические и каталитические свойства цеолита типа ZSM-5 в превращении этанола <u>Бабаева Б.А.</u> , Мамедов Э.С., Грязнов Р.А., Ахмедова Н.Ф. <i>Бакинский государственный университет, Бакинский Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова</i>
3-III-11	Экологичный ресурсосберегающий подход к обессериванию нефти <u>Маслова О.В.</u> , Сенько О.В., Степанов Н.А., Гладченко М.А., Гайдамака С.Н., Акопян А.В., Поликарпова П.Д., Есева Е.А., Лысенко С.В., Анисимов А.В., Ефременко Е.Н.

	<i>МГУ им. М.В. Ломоносова, Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН</i>
3-III-12	Перспективы использования биомассы клеток фототрофных микроорганизмов в качестве сырьевого источника для получения бионефти Сенько О.В., Маслова О.В., Степанов Н.А., Лягин И.В., Ефременко Е.Н. <i>МГУ им. М.В. Ломоносова, Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН</i>
3-III-13	Гидропереработка компонентов бионефти различной природы на рутенийсодержащих катализаторах на основе мезопористых носителей Ролдугина Е.А., Бороноев М.П., Шакиров И.И., Караханов Э.А. <i>МГУ им. М.В. Ломоносова</i>

СЕКЦИЯ IV. ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ И ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ	
3-IV-1	Исследование кинетики протекания деполимеризации ПЭТ-отходов глицерином-сырцом Джабаров Г.В., Сапунов В.Н., Шадрина В.В., Воронов М.С., Макарова Е.М. <i>Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева</i>
3-IV-2	Ликвидация нефтяных загрязнений сорбентом на основе пенополиуретана, растительных и полимерных отходов Иванова М.А., Зенитова Л.А. <i>Казанский национальный исследовательский технологический университет</i>
3-IV-3	Изучение процесса предварительной обработки ПАВ в технологии электростатической сепарации смешанных полимерных отходов Милаева Е.А., Гонопольский А.М. <i>РГУ нефти и газа (НИУ) им И.М. Губкина</i>
3-IV-4	Переработка ненасыщенных полимеров с помощью реакции макромолекулярного кросс-метатезиса Роенко А.В., Денисова Ю.И., Жигарев В.А., Грингольц М.Л., Финкельштейн Е.Ш., Кудрявцев Я.В. <i>ИНХС РАН</i>
3-IV-5	Использование отходов российских медицинских учреждений классов опасности Б и В для получения энергии Полианчик Е. В., Зайченко А.Ю., Молоканов А.А., Тарасов Г.А., Яновский Л.С., Гусев Б.В.

	<i>ИПХФ РАН</i>
3-IV-6	<p>Переработка вторичного полипропилена в добавки к моторному топливу <u>Титов Е.Н.</u>, Смальченко Д.Е., Тарасенко Е.А., Фурда Л.В., Лебедева О.Е. <i>Белгородский государственный национальный исследовательский университет</i></p>
3-IV-7	<p>Экспресс-метод выбора вторичных полиэтиленов для получения битумных вяжущих материалов Охотникова Е.С., Ганеева Ю.М., Фролов И.Н., Фирсин А.А., Юсупова Т.Н., <u>Фазылзянова Г.Р.</u> <i>Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН, Казанский национальный исследовательский технологический университет</i></p>

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

**ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ
НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ И НЕФТЕХИМИИ: ВКЛАД ШКОЛЫ С.Н. ХАДЖИЕВА**

Максимов А.Л.

**ZEOLITE CATALYSTS FOR PETROCHEMICAL PROCESSES:
CONTRIBUTION OF SALAMBEK N. KHADZHIEV SCHOLAR SCHOOL**

Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, Москва

E-mail: director@ips.ac.ru

Использование цеолитов в качестве компонентов катализаторов привело к созданию и внедрению большого числа новых кислотно-катализируемых каталитических процессов во второй половине двадцатого века. В СССР работы по использованию цеолитсодержащих катализаторов в нефтепереработке, нефте- и газохимии неразрывно связаны с именем Саламбека Наибовича Хаджиева. Высокая активность таких систем в каталитическом крекинг вакуумного газойля позволила перейти от стандартного для 60-х годов процесса в кипящем слое к проведению процесса в лифт-реакторе с небольшим временем контакта катализатор-сырье, что позволило существенно увеличить выход основного продукта – бензина, и, в дальнейшем, развивать варианты крекинга, направленные на увеличение селективности по непредельным углеводородам C₄, пропилену и др. Применение цеолитов позволило расширить возможности по получению низкозастывающих топлив и керосинов из парафинсодержащих фракций. В нефтехимии одним из основных направлений применения цеолитов стали процессы получения алкилароматических соединений, в частности этилбензола и изопропилбензола – источников стирола и фенола соответственно. Это позволило отказаться от экологически неблагоприятных процессов алкилирования с использованием хлористого алюминия или нанесенных кислот. Разработка цеолитсодержащих катализаторов конверсии оксигенатов в углеводороды позволило создать ряд новых процессов превращения природного газа в низшие олефины (этилен, пропилен) и высокооктановые бензины. Процессом, который появился в промышленности в 21 веке, является получение аклилбензинов при взаимодействии изобутана с олефинами на цеолитсодержащих катализаторах. Его использование позволяет получать алкилат без применения серной или фтористоводородной кислот. В докладе будут представлены результаты исследований под руководством С.Н.Хаджиева, которые легли в основу указанных технологий.

**НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, МЕДИЦИНЫ И
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА****Агабеков В.Е.****NEW MATERIALS FOR INDUSTRY, MEDICINE AND AGRICULTURE***Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Минск**E-mail: agabekov@ichnm.by*

В данном докладе представлены основные разработки Института химии новых материалов НАН Беларуси (ИХНМ) в области создания новых композиционных материалов различного функционального назначения.

Одним из важнейших направлений современных научных исследований является разработка инновационных материалов для промышленности. Так, Институтом химии новых материалов совместно с ОАО «СветлогорскХимволокно» разработаны подходы к получению новых термостабильных огнестойких синтетических волокон на основе полифенилен-1,3,4-оксадиазолов для выпуска изделий с повышенными защитными свойствами: одежды пожарных, спасателей, новых видов спецодежды (костюмы энергетика, металлурга, лесника и др.), высокотемпературных фильтров газов, фрикционных изделий и др. Получено волокно категории «негорючее» (кислородный индекс 32), которое может быть использовано при температурах до 250 °С (температура термической деструкции 500 °С). Также совместно с ОАО «СветлогорскХимволокно» синтезирован и внедрен на производство новый УФ-стабилизатор – динатриевая соль 4,4-азобензолдикарбоновой кислоты, обеспечивающая получение качественного термостойкого волокна «Арселон». С применением методов «мокрой» химии и безрастворных плазмохимических технологий (электронно-лучевого диспергирования) проведено модифицирование выпускаемых ОАО «СветлогорскХимволокно» текстильных материалов органическими и неорганическими покрытиями, обладающих высоким антимикробным потенциалом. Получены образцы модифицированных нетканых материалов, эффективности бактериальной фильтрации для которых составляет 98.1–98.5%, что открывает перспективы их применения для изготовления масок и сменных картриджей респираторов, а также воздушных и водных фильтров.

Одним из перспективных и активно развивающихся направлений является разработка расходных материалов для 3D-печати с регулируемыми физико-механическими характеристиками. На базе ИХНМ организовано опытное производство композиционных материалов из отечественных термопластов для экструзионной 3D печати объемных моделей и элементов изделий различного функционального назначения в виде нити диаметром 1.75 и 3.00 мм. Созданы прутки на основе АБС-

пластика, полилактида, в том числе содержащие нано- и микронаполнители. Разработаны также оптимальные технологические параметры экструзии полилактида в плёнки регулируемой толщины до 0.1 мм, пригодные для упаковки пищевой продукции. Показана возможность введения в состав экструзионных пленок полилактида органических и минеральных наполнителей (лигнина, древесных опилок, полимерного биоцида).

На основе компонентов лесохимического сырья разработаны смазочно-охлаждающие жидкости, которые применяются при производстве изделий из металлических сплавов (в том числе с пониженными антикоррозионными характеристиками), обеспечивая смазку, эффективное охлаждение зоны резания и надежную консервацию обрабатываемой поверхности как во время резания, так и при хранении между операциями. Полученные смазочно-охлаждающие жидкости представляют собой водорастворимые концентраты полусинтетических композиций на основе лесохимического и растительного сырья, в состав которых включены поверхностно-активные вещества и ингибирующие добавки. Она обеспечивает смазку, эффективное охлаждение зоны резания и надежную консервацию обрабатываемой поверхности как во время резания, так и при хранении между операциями.

В ИХНМ также активно разрабатываются материалы для микро- и оптоэлектроники. Так, предложено использовать полимерную пленку на основе пассивной хиральной жидкокристаллической структуры на внутреннем стекле, которая отражает солнечное тепловое излучение диапазона 800-1400 нм и пропускает видимый свет. Такая пассивная система для энергоэффективных «умных» окон снижает нагрев зданий солнечным ближним ИК-излучением.

Другим активно развивающимся направлением в материаловедении является создание новых материалов для биомедицины. Так, на основе природного полисахарида (пектина) созданы новые биосовместимые пористые материалы с заданными физико-химическими свойствами и регулируемой скоростью биodeградации, проявляющие высокий противоспаечный эффект и перспективные в качестве матриц для трансплантации мезенхимальных стволовых клеток (рис. 1).

На основе биополимеров созданы носители для биологически активных веществ, обеспечивающие их пролонгированное высвобождение или целевую доставку. Так, на основе синтезированных конъюгатов хитозана с фолиевой кислотой получены гидрогелевые частицы и на модели культуры клеток хронической лейкемии K-562 показано, что включение в них иматиниба метансульфоната приводит к снижению

концентрации, вызывающей 50%-ное подавление роста клеток, в 9 раз по сравнению с его свободной формой, а также к увеличению диапазона активных концентраций. Также был разработан способ микрокапсулирования цитостатика иматиниба и его аналогов и показано, что наблюдается усиление цитостатического действия этих препаратов, инкапсулированных в оболочки протамин/пектин-Ag.

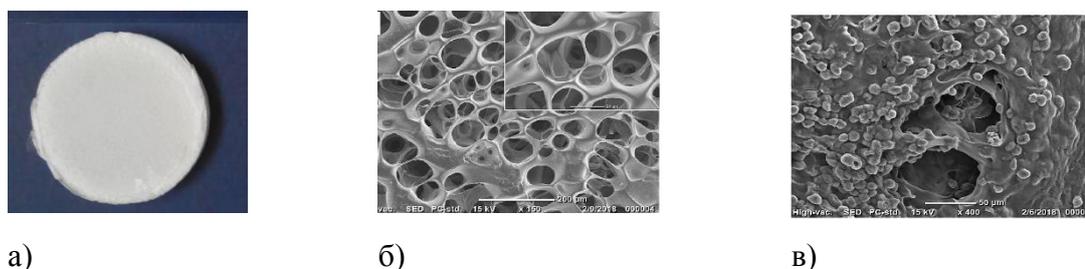


Рис. 1. Изображения пористого носителя на основе пектина: а) общий вид; б) внутренняя пористая структура; в) носитель с закрепленными стволовыми клетками.

Таблица. Влияние добавок brassinosterоидов на урожайность петрушки и салата

Варианты	Производительность по петрушке, ц/га					
	Первый сбор			Второй сбор		
	Зеленая масса при уборке	Сухое вещество	+ контроль по сухому веществу	Зеленая масса при уборке	Сухое вещество	+ контроль по сухому веществу
Удобрение без brassinosterоидов	81.0	13.8	0.0	260	47.8	0.0
Удобрения с brassinosterоидами	138.1	22.9	9.1	324	63.3	15.5
	Производительность по салату, ц/га					
Удобрение без brassinosterоидов	96.7	8.2	0.0	374	21.0	0.0
Удобрения с brassinosterоидами	127.1	15.5	7.3	378	22.6	1.6

Разрабатываются новые материалы для сельского хозяйства. Например, получены brassinosterоиды – природные регуляторы роста и развития растений. Обработка растений brassinosterоидами позволяет увеличить урожайность сельскохозяйственных растений и улучшить их качество, повысить устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды (предельные температуры, засоленность почв, засуха, загрязнение пестицидами) (таблица). Будучи метаболитами

растений, они экологически безопасны. Обработка растений brassinостероидами проводится в очень малых дозах – 20-50 мг на гектар, что намного меньше, чем дозы для обычных стимуляторов роста растений. Там, оптимальный состав комбинированного удобрения, необходимого для обработки 1 гектара посевных площадей, включает 300 кг минерального удобрения (количественное соотношение азот:фосфор:калий (N:P:K) = 9:25:25) и 50 мг brassinостероидов.

Разработаны эффективные водо- и органорастворимые продукты с высокими биоцидными свойствами, полученные путем химической модификации производных полигексаметиленгуанидина: водорастворимый Фунгицид-П и дезинфицирующее средство Дегуфос. Они применяются в сельском хозяйстве для защиты посадочного материала и вегетирующих растений от вирусных и грибковых заболеваний, дезинфекции почвы, зараженной патогенными микроорганизмами, консервации сельскохозяйственной продукции, обеззараживания тары и упаковочного материала, медицине в качестве антисептика и дезсредства, в ветеринарии - для обработки животных, в промышленности - для асептирования изделий из бумаги, резины, текстиля, пластмассы, минеральных и угольных адсорбентов, защиты от биообрастания трубопроводов, предотвращения биоповреждения технологических жидкостей, красок, поверхностей, находящихся в контакте с водой; биозащиты изделий из древесины, бумаги и др.

Совместно с ГНУ «Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси» созданы пористые мембранные материалы на основе кристаллического диоксида кремния, которые имеют многослойную структуру, пригодны для эксплуатации при температуре от 5 до 600°C и рабочем давлении до 2.5 МПа. Поверхность созданных мембранных элементов обладает бактерицидной функцией (за счет модификации полигексаметиленгуанидинами), а рабочий ресурс до возникновения необходимости в регенерации составляет 1000-2000 м³ питьевой воды.

Особое место занимает разработка технологии комплексной переработки тяжелых нефтяных остатков (гудрон, мазут, тяжелая нефть) с альтернативным (бурый уголь) и возобновляемым (древесным) сырьем (рис. 2), которая выполнялась в тесном сотрудничестве с академиком Хаджиевым С.Н. и д.х.н. Кадиевым Х.М. Совместная переработка ископаемых бурых углей, древесного и остаточного нефтяного сырья с применением современных достижений в области наногетерогенного катализа является перспективным направлением использования этого вида углеводородного сырья. При этом решаются несколько важных для экономики: повышение глубины переработки

нефти, использование для производства моторных топлив и продуктов нефтехимического синтеза более дешевого и доступного сырья (тяжёлые нефтяные остатки, бурый уголь, древесные отходы), улучшение качества и повышение выхода продуктов гидрогенизации.

Так, комплексная переработка гудрона и сосновых опилок осуществляется с использованием молибденсодержащих и алюминий-циркониевых нанокатализаторов и позволяет уменьшить выход кокса на 91.8% (до 0.8%), а значения йодных числа образующихся жидких продуктов снизить с 51 до 19, свидетельствующее о снижении количества непредельных углеводородов. При гидрокрекинге смеси гудрона с бурым углем (30 мас.%) выход газа и твердых продуктов увеличивается на 14.9 и 14.5% и достигает 29.1 и 24.0 мас.% соответственно, при этом доля жидкой фракции составляет 31.7%. Преимущества используемых нанокатализаторов заключаются в их высокой селективности в разрыве С-С связей, обессеривании и деазотировании, гидрировании диеновых продуктов реакции, стойкости к каталитическим ядам, простоте регенерации и возможности проведения гидрокрекинга в «мягких» условиях (при давлении до 7-8 МПа).

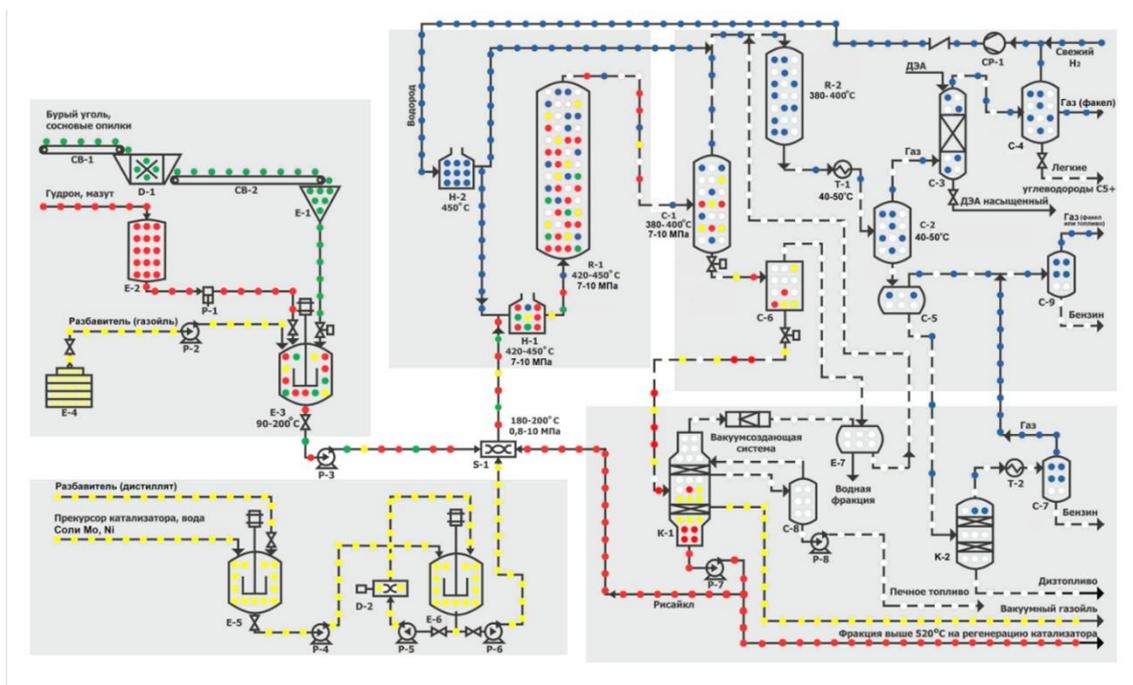


Рис. 2. Установки комплексной переработки тяжелых нефтяных остатков (гудрон, мазут, тяжелая нефть) с альтернативным (бурый уголь) и возобновляемым (древесным) сырьём

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ВЫСОКОЧИСТЫХ ВАНАДИЛПОРФИРИНОВ ИЗ ТЯЖЕЛОГО НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ**Якубов М.Р.****RECOVERY OF HIGH-PURITY VANADYL PORPHYRINS FROM HEAVY OIL CRUDE***Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова - обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Казань**E-mail: yakubov@iopc.ru*

Нефтяные металлопорфирины представлены преимущественно ванадил- и никельпорфириновыми комплексами с преобладанием первых в составе тяжелых высокосернистых нефтей [1]. Комплексы с другими металлами (Fe, Cu, Zn, Mn, Ga) встречаются гораздо реже [3, 4]. Макроциклические лиганды чаще всего представлены такими структурными типами, как этио-, дезоксофиллоэритроэтио- (ДФЭП), дициклодезоксофиллоэритроэтиопорфирины (диДФЭП), а также их родо-производными (родо-этио, родо-ДФЭП и родо-диДФЭП) [1, 2]. Как правило, макроциклические лиганды содержат от одного до нескольких алкильных заместителей различного строения, присоединенных к β -углеродам пиррольных фрагментов. К минорным представителям нефтяных металлопорфиринов относятся комплексы, имеющие в своем составе азот- и кислородсодержащие заместители, а также дополнительные конденсированные гетероциклы, в том числе серосодержащие [1].

Нефтяные металлопорфирины представляют большой интерес для исследователей, поскольку считается, что изучение их состава и строения позволит лучше понять процессы происхождения и созревания нефти [1]. Соотношение порфиринов ДФЭП и этио типов служит одним из критериев геохимической зрелости нефти [1]. В последние годы активно изучается роль нефтяных ванадилпорфиринов в коллоидных свойствах асфальтенов [5], одним из нежелательных проявлений которых является осаждение асфальтеновых компонентов в процессе добычи и транспортировки нефти. С другой стороны, синтетические и животнo-растительные порфирины нашли широкое применение в катализе [6], медицине [7] и возобновляемой энергетике [8], что делает актуальной оценку прикладного потенциала нефтяных порфиринов и их производных.

В большинстве работ исследованию нефтяных порфиринов предшествует стадия их хроматографического извлечения (концентрирования или обогащения) из тяжелого нефтяного остатка, асфальтенов, полярного экстракта асфальтенов или, реже, непосредственно из нефти [2]. Такой частичной очистки, как правило, бывает достаточно

для изучения состава порфиринов, их молекулярно-массового распределения, а также некоторых свойств. Более трудоемкая глубокая очистка нефтяных металлопорфиринов необходима для выяснения их строения [9], влияния на агрегацию асфальтенов [5], а также изучения химических (каталитических) и прикладных свойств порфиринов и их производных. Частичная очистка нефтяных металлопорфиринов выполняется на хроматографической колонке с традиционным адсорбентом (силикагель) и предшествует их глубокой очистке. Методы глубокой очистки нефтяных металлопорфиринов были разработаны сравнительно недавно и требуют либо проведения нескольких циклов хроматографического обогащения различными традиционными адсорбентами (силикагель, оксид алюминия) [10], либо применения нестандартных неподвижных фаз, селективно удерживающих непорфириновые компоненты [11-13].

Поскольку хроматография считается наиболее эффективным методом концентрирования нефтяных металлопорфиринов, в литературе можно найти самые разнообразные варианты проведения данной процедуры. Чаще всего исследователи применяют свои собственные подходы, нередко выполняемые без какой-либо оптимизации условий хроматографирования, что ограничивает возможности метода. Чтобы сделать нефтяные порфирины более доступным объектом исследования необходимо совершенствовать методы их извлечения из нефтяного сырья. В результате проведенных работ над повышением эффективности хроматографических методов концентрирования и глубокой очистки нефтяных ванадилпорфиринов показана возможность нового комбинированного адсорбционно-экстрогографического подхода к их обогащению, позволяющему добиться более высоких показателей по сравнению с традиционной препаративной хроматографией.

Работа выполнена за счет средств Российского Научного Фонда (Соглашение № 19-13-00089).

Литература

1. Zhao X., Xu C., Shi Q. Porphyrins in heavy petroleums; a review. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. 2015. Vol. 168. P. 39-70.
2. Mironov N.A., Milordov D.V., Abilova G.R., Yakubova S.G., Yakubov M.R. Methods for studying petroleum porphyrins (review). Petr. Chem. 2019. Vol. 59. N 10. P. 1077–1091.

3. Woltering M., Tulipani S., Boreham C.J., Walshe J., Schwark L., Grice K. Simultaneous quantitative analysis of Ni, VO, Cu, Zn and Mn geoporphyrins by liquid chromatography-high resolution multistage mass spectrometry: Method development and validation. *Chemical Geology*. 2016. Vol. 441. P. 81–91.
4. Zheng F., Hsu C.S., Zhang Y., Sun Y., Wu Y., Lu H., Sun X., Shi Q. Simultaneous detection of vanadyl, nickel, iron, and gallium porphyrins in marine shales from the Eagle Ford formation, South Texas. *Energy Fuels*. 2018. Vol. 32. N. 10. P. 10382–10390.
5. Rytting B.M.K., Harper M.R., Edmond K.V., Zhang Y., Kilpatrick P.K. High-Purity Vanadyl Petroporphyrins: Their Aggregation and Effect on the Aggregation of Asphaltenes. *Energy Fuels*. 2020. Vol. 34. N. 1. P. 164–178.
6. Barona-Castaño J.C., Carmona-Vargas C.C., Brocksom T.J., de Oliveira K.T. Porphyrins as catalysts in scalable organic reactions. *Molecules*. 2016. Vol. 21. P. 310.
7. Huang H., Song W., Rieffel J., Lovell J.F. Emerging applications of porphyrins in photomedicine. *Front. Phys.* 2015. Vol. 3. Article 23.
8. Li L.L., Diao E.W.G. Porphyrin-sensitized solar cells. *Chem. Soc. Rev.* 2013. Vol. 42. P. 291-304.
9. Zhang Y., Schulz F., Rytting B.M.K., Walters C.C., Kaiser K., Metz J.N., Harper M.R., Merchant S.S., Mennito A.S., Qian K., Kushnerick J.D., Kilpatrick P.K., Gross L. Elucidating the geometric substitution of petroporphyrins by spectroscopic analysis and atomic force microscopy molecular imaging. *Energy Fuels*. 2019. Vol. 33. N. 7. P. 6088–6097.
10. Rytting B.M., Singh I.D., Kilpatrick P.K., Harper M.R., Mennito A.S., Zhang Y. Ultrahigh-purity vanadyl petroporphyrins. *Energy Fuels*. 2018. V. 32. N 5. P. 5711-5724.
11. Миронов Н.А., Милордов Д.В., Тазеева Э.Г., Абилова Г.Р., Тазеев Д.И., Морозов В.И., Якубова С.Г., Якубов М.Р. Влияние состава сульфокатионита на эффективность хроматографической очистки нефтяных ванадилпорфиринов. *Журнал прикладной химии*. 2020. Том 93. Вып. 6. С. 881-890.
12. Mironov N.A., Abilova G.R., Borisova Y.Y., Tazeeva E.G., Milordov D.V., Yakubova S.G., Yakubov M.R. Comparative study of resins and asphaltenes of heavy oils as sources for obtaining pure vanadyl porphyrins by the sulfocationite-based chromatographic method. *Energy Fuels*. 2018. Vol. 32. P. 12435-12446.
13. Mironov N.A., Abilova G.R., Sinyashin K.O., Gryaznov P.I., Borisova Y.Y., Milordov D.V., Tazeeva E.G., Yakubova S.G., Borisov D.N., Yakubov M.R. Chromatographic isolation of petroleum vanadyl porphyrins using sulfocationites as sorbents. *Energy Fuels*. 2018. Vol. 32. P. 161–168.

НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ КАТАЛИЗАТОРОВ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

**Доронин В.П., Потапенко О.В., Сорокина Т.П., Липин П.В., Дмитриев К.И.,
Бобкова Т.В., Плехова К.С., Юртаева А.С., Гилязутдинов Д.Б., Гордеева О.С.,
Бобкова Ю.В.**

LATEST DEVELOPMENTS OF CATALYTIC CRACKING CATALYST

*Центр новых химических технологий Федерального государственного бюджетного
учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им.
Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук» (Омский филиал)
(ЦНХТ ИК СО РАН), Омск
E-mail: doronin@ihcp.ru*

Каталитический крекинг по праву является ключевым вторичным процессом современной нефтепереработки. Данный процесс в значительной мере определяет технико-экономические показатели современных нефтеперерабатывающих заводов топливного [1] и нефтехимического профилей. Наибольшее развитие процесс каталитического крекинга получил в Соединенных штатах Америки, где объем перерабатываемого сырья в процессе каталитического крекинга достигает 40% от объемов первичной переработки нефти. На протяжении более чем 50-летней истории промышленной эксплуатации данный процесс обеспечивает более 25 мас.% бензинового фонда. Кроме бензина в процессе каталитического крекинга образуются ценные углеводородные газы с высоким содержанием непредельных соединений, которые могут быть использованы в качестве сырья для нефтехимии. Начиная с первых упоминаний о каталитическом крекинге нефтяных фракций в начале XX века [2] до настоящего времени процесс и катализаторы для его осуществления претерпели значительные изменения. Развитие продолжается и по сей день. Появление новых требований к товарным топливам, изменение структуры потребления нефтепродуктов ставит новые задачи перед процессом каталитического крекинга.

В ЦНХТ ИК СО РАН на протяжении более 30 лет выполняются разработки катализаторов каталитического крекинга различного назначения. Ежегодно по технологии ЦНХТ ИК СО РАН на АО «Газпромнефть-ОНПЗ» производится около 3500 тонн катализаторов крекинга различных марок. В 2022 г. запланирован ввод в эксплуатацию нового катализаторного завода на ООО «Газпромнефть-Каталитические системы» с мощностью по катализаторам каталитического крекинга 15000 тонн в год. Производимые в Омске цеолитсодержащие катализаторы крекинга синтезируются по уникальной технологии, не имеющей аналогов в мире. Ключевыми отличиями следует рассматривать применение кристаллов цеолита пластинчатой формы и особой матрицы

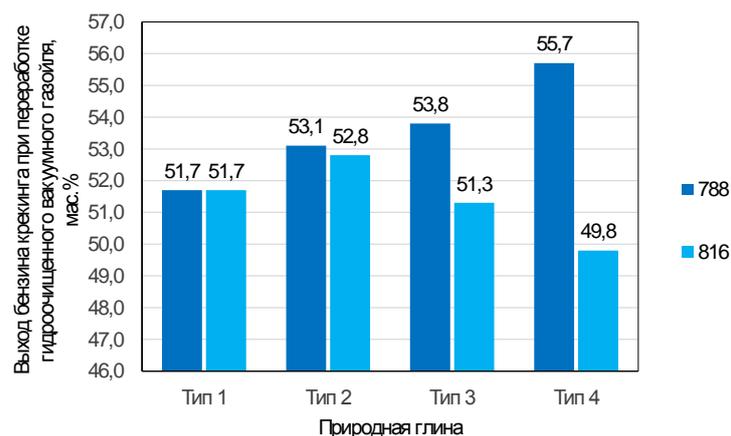
на основе аморфного алюмосиликата [3,4]. Главными достоинствами рассматриваемых катализаторов крекинга является высокая активность, высокая селективность образования бензина при относительно низком содержании цеолитного компонента (около 20 мас.%) по сравнению с зарубежными аналогами (более 30 мас.%). В настоящее время производится три марки катализаторов крекинга АВ, ДС и М. Каталитический крекинг глубокого гидроочищенного вакуумного газойля (содержание серы около 200 ppm) на установке С.200 КТ-1/1 АО «Газпромнефть-ОМПЗ» при использовании катализатора марки АВ обеспечивает выход бензиновой фракции н.к.-215°С до 59 мас.%.

Выполняемые в настоящее время разработки ЦНХТ ИК СО РАН сосредоточены в направлениях совершенствования катализаторов топливного назначения и расширения марочного ассортимента производимых катализаторов и добавок, в том числе развитие нефтехимического направления.

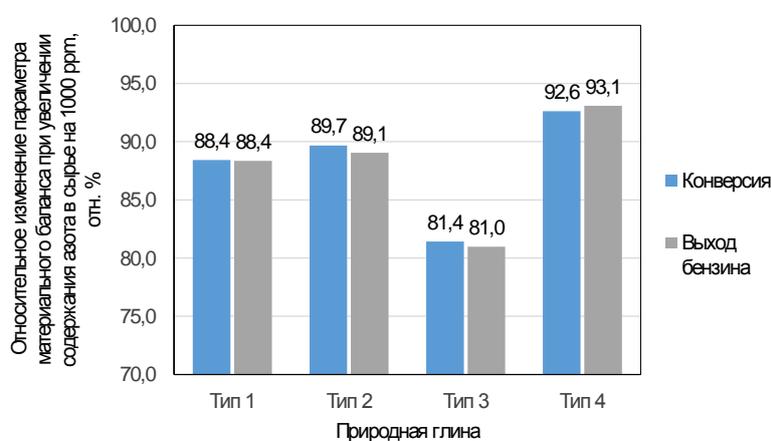
Новейшие научные разработки ЦНХТ ИК СО РАН в области катализаторов крекинга топливного назначения предполагают увеличение селективности образования бензина на 2% по сравнению с текущим уровнем промышленно выпускаемых марок. Исследования сосредоточены в направлении совершенствования матрицы катализатора. В качестве новых компонентов матрицы рассмотрено применение продукта термохимической активации (ТХА) глинозема и различных природных глин.

Исследованы бентонитовая, палыгорскитовая, каолиновая и каолин-галлуазитовая типы природных глин как компонента катализатора крекинга. Рассмотрены различные подходы к модифицированию глин, в том числе кислотная обработка. Предварительная обработка глин позволяет создавать катализаторы с улучшенными свойствами. На рисунке 1 представлены данные о выходе бензина и относительной устойчивости к отравляющему действию азотистых соединений для катализаторов крекинга, приготовленных с использованием различных типов глин.

Промышленное применение каолиновой глины позволило создать катализатор с повышенной активностью и селективностью образования бензина крекинга по сравнению с катализаторами предыдущих марок. Тестирование катализатора на пилотной установке АО «Газпромнефть-ОМПЗ» в 2016-2017 гг. и последующая промышленная эксплуатация катализатора на установке каталитического крекинга комплекса КТ-1/1 АО «Газпромнефть-ОМПЗ» подтверждают результаты лабораторных исследований.



a



б

Рис. 1. Зависимость свойств катализаторов крекинга от типа используемой природной глины (Microactivity Test, 527°C, соотношение катализатор : сырьё – 4)

Значительно расширен ассортимент разработанных марок катализаторов крекинга нефтехимической направленности. В качестве целевого продукта для катализаторов данного типа рассматриваются легкие олефины: этилен, пропилен и бутилены. В ЦНХТ ИК СО РАН разработаны катализаторы глубокого каталитического крекинга применительно к алюмосиликатной технологии, обеспечивающие выход суммы этилена, пропилена и бутиленов более 35 мас.%. При этом регулирование условий процесса (например, повышение температуры) позволяет получать продукт с повышенным содержанием этилена.

Разработана серия катализаторов для переработки легких углеводородных фракций (бутан-бутиленовой, низкосортных бензиновых), обеспечивающая до 50 мас.% легких олефинов [5]. Предложены каталитические системы для совместной переработки легких и тяжелых нефтяных фракций [6].

Расширены подходы для регулирования вклада реакций переноса водорода путём модифицирования компонентов катализатора крекинга (в т.ч. цеолитного компонента и компонентов матрицы). В 2020 г. завершена разработка нового поколения катализаторов каталитического крекинга нефтехимической направленности. Катализаторы нового поколения допускают их применение на существующих установках каталитического крекинга топливного назначения без существенной реконструкции реакторного узла. Катализаторы данного типа обеспечивают до 25 мас.% легких C₂-C₄-олефинов при крекинге сырья с различной степенью гидроочистки при стандартной температуре процесса (510 – 530°C) [7]. Увеличение селективности образования легких олефинов для катализаторов каталитического крекинга достигается путём применения модифицированных компонентов с низкой активностью в реакциях межмолекулярного переноса водорода.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект АААА-А21-121011890074-4).

Литература

1. Хаджиев С.Н. Крекинг нефтяных фракций на цеолитсодержащих катализаторах // Москва: Химия, 1982. 280 с.
2. Patent GB190923831A (GB).
3. Doronin V.P., Sorokina T.P. Chemical design of cracking catalysts. Russian Journal of General Chemistry. 2007. Vol. 77. N12. P. 2224-2231. DOI: 10.1134/S1070363207120274.
4. Глазов А.В., Генералов В.Н., Горденко В.И., Доронин В.П., Дубков И.В. Новые катализаторы каталитического крекинга серии "Люкс": опыт разработки, производства и эксплуатации на ОАО "Сибнефть-Омский НПЗ". Российский химический журнал. 2007. Том. 51. №4. С. 57-60.
5. Патент RU 2 688 662 C1 (РФ).
6. Патент RU 2 709 522 C1 (РФ).
7. Doronin V.P., Potapenko O.V., Sorokina T.P., Lipin P.V., Dmitriev K.I., Plekhova K.S., Kondrashev D.O., Kleimenov A.V. Features of petrochemical cracking catalysts produced by aluminosilicate technology. Catalysis Today. 2021. DOI: 10.1016/j.cattod.2021.02.017.

**СОВРЕМЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ ВНИИ НП В ОБЛАСТИ КАТАЛИЗАТОРОВ,
ПРИСАДОК И ТЕХНОЛОГИЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ**

Никульшин П.А.

**MODERN DEVELOPMENTS OF THE VNI NP IN THE FIELD OF CATALYSTS,
ADDITIVES AND OIL REFINING TECHNOLOGIES**

*Акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт по
переработке нефти», Москва
E-mail: nikulshinpa@vniinp.ru*

Поддержание современного уровня технологического развития нефтепереработки – стратегическая цель, включающая задачи завершения модернизации НПЗ и достижения глубины переработки нефти на уровне развитых стран. Актуальна проблема получения малосернистых судовых топлив, необходимость ориентироваться в сторону углерод-нейтрального производства, производства био-топлив и сырья нефтехимии. Ключевым остается импортозависимость в отношении катализаторов основных процессов, присадок и реагентов.

АО «ВНИИ НП» разрабатывает технологии и катализаторы процессов переработки нефти, релевантно задачам, стоящим сегодня перед промышленностью.

В рамках задачи импортозамещения, институтом разработаны и внедряются материалы и катализаторы защитного слоя, не уступающие импортным аналогам (загружены на 4х НПЗ ПАО «НК «Роснефть»»), катализатор изодепарафинизации (внедрен на «Газпромнефть-ОНПЗ»), не содержащий благородных металлов, катализатор глубокого гидрирования (внедряется на АО «АНХК»), технологии реактивации катализаторов гидроочистки. Показана возможность совершенствования противоизносных присадок и организации производства отечественной беззольной присадки-антистатика.

Одним из фокусов деятельности института является переработка остатков. За последние годы разработаны специализированные катализаторы гидродеметаллизации и гидрооблагораживания. Ведутся исследования в области некаталитических процессов гидровисбрекинга и адсорбционно-контактной очистки. Разработаны технологии прямого и косвенного гидрооблагораживания мазута, с получением низкосернистого судового топлива.

Трендом к декарбонизации экономики обусловлена разработка технологий производство биодобавок к автобензинам и биоавиакеросина из продуктов переработки растительного сырья, а также разработка дизельного топлива экологического стандарта Евро-6.

**ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ НЕФТЕЙ И
НЕФТЕПРОДУКТОВ ОТ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

**Мазгаров А.М., Вильданов А.Ф., Корнетова О.М.
INDUSTRIAL TECHNOLOGIES OF OIL AND OIL PRODUCTS
PURIFICATION FROM SULPHUR COMPOUNDS**

АО «Волжский научно-исследовательский институт углеводородного сырья»

E-mail: vniius@mail.ru

Сероводород и низкомолекулярные меркаптаны (C₁-C₄) в нефтях создают экологические и технологические проблемы при транспортировке, хранении и переработке нефти. В связи с этим, в товарной нефти содержание сероводорода не должно превышать 20 ppm, суммарное содержание метил- и этилмеркаптанов – не более 40 ppm (ГОСТ 51858-2002 «Нефть. Общие технические условия»).

Для демеркаптанизации нефтей в АО «ВНИИУС» разработаны и внедрены в промышленность в России, Казахстане, Иране процессы типа ДМС, которые основаны на реакции окисления сероводорода и меркаптанов кислородом воздуха в присутствии щелочного раствора производных фталоцианина кобальта [1].

Технологии с использованием щелочного раствора фталоцианинового катализатора непригодны для очистки нефтей, содержащих высокие концентрации сероводорода. Сероводород необратимо реагирует со щелочью с образованием тиосульфата и сульфата, что приводит к повышенному расходу щелочного раствора и повышению содержания солей в товарной нефти образующимися продуктами реакции.

Замена щелочного раствора на аммиачный раствор фталоцианинового катализатора позволяет использовать процесс ДМС для очистки нефтей с высоким содержанием сероводорода (до 500-600 ppm) и меркаптанов C₁-C₂ (до 200-250 ppm).

В присутствии аммиачного раствора фталоцианинового катализатора сероводород окисляется на 99% в элементную серу, которая в растворенном виде остается в нефти и, в свою очередь, окисляет меркаптаны до дисульфидов.

Кинетическое уравнение реакции окисления сероводорода в присутствии аммиачного раствора дихлордисульфодифталоцианина кобальта (ДХДСФК) имеет вид [2]:

$$-\frac{d[H_2S]}{dt} = K_{эф} [H_2S]$$

Эффективная константа скорости равна $K_{эф} = K_n + K_k [PcCo] [Kt]$,

где K_n – константа скорости некаталитической реакции;

K_k – константа скорости каталитической реакции;

$[PcCo]$ – концентрация ДХДСФК в растворе катализаторного комплекса, моль/л;

$[Kt]$ – концентрация катализаторного комплекса в реакционной массе, моль/л.

Катализаторный комплекс представляет собой 0.05-0.2 мас.% дихлордисульфоталоцианина кобальта, растворенного в 25%-ном водном аммиаке.

На основании исследований кинетических закономерностей найдены оптимальные параметры технологического режима для окисления сероводорода и меркаптанов в нефти и разработана безотходная технология для очистки нефтей (процесс ДМС-1МА).

Процесс ДМС-1МА внедрен на УПВСН «Кутема» НГДУ «Нурлатнефть» ПАО «Татнефть» и на Студенцовском месторождении Самарской области, где технология обеспечивает снижение содержания сероводорода в нефти с 300-500 ppm до значения ниже 20 ppm, содержание метил-, этилмеркаптанов снижается с 50 ppm до отсутствия [3].

Для очистки легкого углеводородного сырья (C_2-C_6) от активной серы ($H_2S+RSH+COS+CS_2$) разработаны процессы типа ДМД. По технологии ДМД построены более 30 установок в РФ, Казахстане и Иране. В 2018 г. в Иране введена в эксплуатацию установка ДМД-2 Одорант для производства 800 т/год одоранта (меркаптанов C_3-C_4).

Литература

1. Мазгаров А.М., Вильданов А.Ф. Нефтехимия. 1999. Том 39. № 5. С. 371-378.
2. Корнетова О.М., Мазгаров А.М., Вильданов А.Ф., Хрущева И.К., Аюпова Н.Р., Аслямов И.Р. Журнал прикладной химии. 2020. №9. С. 1363-1368.
3. Аслямов И.Р., Аюпова Н.Р., Вильданов А.Ф., Корнетова О.М., Мазгаров А.М. и др. Технологии нефти и газа. 2019. № 5. С. 7-10.

**РАЗВИТИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРЕДОВЫХ МЕТОДОВ IN SITU ДЛЯ
ИССЛЕДОВАНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ В НЕФТЯНЫХ СИСТЕМАХ**

Мартьянов О.Н.

**THE STABILITY AND EVOLUTION OF HEAVY OIL SYSTEMS STUDIED VIA
ADVANCED METHODS IN SITU**

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск

E-mail: oleg@catalysis.ru

В последние годы нефтяная промышленность столкнулась со значительными проблемами, связанными с необходимостью разработки эффективных технологий добычи и переработки тяжелых нефтей и их компонентов. Трудности использования подобного сырья обусловлены, как правило, высокой стоимостью его извлечения и транспортировки, а также фундаментальными проблемами, которые возникают при переработке тяжелой нефти с использованием традиционных каталитических процессов. Одной из наиболее трудноразрешимых проблем является потеря фазовой стабильности многокомпонентной углеводородной системы и формирование отложений в технологическом оборудовании при транспортировке и переработке тяжелой нефти [1,2], что приводит к неэффективному теплообмену и значительным потерям энергии и сырья во время промышленного процесса, которые могут достигать нескольких процентов эквивалента сырой нефти. Таким образом, фундаментальным условием разработки эффективных процессов добычи и переработки тяжелой нефти является понимание ключевых факторов, определяющих агрегативное поведение и стабильность нефтяных дисперсных систем, с учетом химических превращений их компонентов в различных внешних условиях, включая повышенные температуры и давление, а также в присутствии определенных ароматических или алифатических соединений, поверхностно-активных веществ, алкенов или полимеров, которые специально вводятся в систему для подавления осаждения, или соединений (спиртов, сложных эфиров, аминов и т. д.), используемых для растворения уже сформировавшихся асфальтенсодержащих осадков [3,4].

Известно, что асфальтены входят в число основных компонентов тяжелых нефтей, играющих ключевую роль в образовании осадков [5,6]. Асфальтены склонны к самоассоциации с образованием агрегатов, что при определенных условиях может приводить к необратимой флокуляции и их осаждению [7]. Однако, несмотря на большое количество публикаций, посвященных охарактеризованию асфальтенов – определению их молекулярной массы, размера и формы, структуры и различных физико-химических

свойств, детальный механизм агрегации асфальтенов в реальных нефтях до сих пор остается открытым вопросом.

Существенным фактором, влияющим на агрегацию и осаждение асфальтенов, является их локальное окружение, которое определяет характер межмолекулярных взаимодействий. Помимо давления и температуры, именно химический состав локального окружения играет важную роль в стабилизации асфальтенов. Очевидно, что прогноз стабильности сырой нефти и асфальтеноносных дисперсных систем в заданных условиях требует фундаментальных знаний о характере межмолекулярных взаимодействий асфальтенов не только между собой, но и с другими компонентами тяжелой нефти в локальном окружении; эти знания могут быть получены только при исследованиях *in situ* свойств нефти на атомно-молекулярном уровне и молекулярной динамики асфальтенов в различных условиях.

В настоящее время структура и свойства тяжелых нефтей и нефтяных остатков изучаются высокоинформативными физико-химическими методами, которые позволяют достаточно точно определять химический состав нефтей и их тяжелых компонентов, включая атомный состав асфальтенов (резонансная масс-спектрометрия с Фурье преобразованием), получить информацию об их структуре и физико-химических свойствах [8]. Описание и анализ результатов, полученных с помощью каждого метода, может занимать сотни страниц. Однако, следует признать, что исследования часто сталкиваются с ограничениями, которые не позволяют однозначно интерпретировать экспериментальные данные и получить достоверную информацию о фазовом составе нефтей и их поведении в различных внешних условиях. Фактически, данные, полученные даже самыми передовыми физико-химическими методами в режиме *ex situ*, не отражают процессы, происходящие в сырой нефти в реальных условиях, и, следовательно, не могут предсказать поведение различных нефтей и определить границы их стабильности, агрегативной устойчивости и/или образования асфальтеноносных отложений при определенных условиях.

Применение передовых физических методов в режиме *in situ* является принципиальным шагом на пути к выявлению факторов, определяющих устойчивость нефтяных дисперсных систем, выяснению механизмов агрегации и дезагрегации высокомолекулярных компонентов тяжелых нефтей. При этом важно использовать не один, пусть даже уникальный подход, а комплекс взаимодополняющих методов исследования, которые позволят получать информацию о системе на различных пространственных и временных масштабах *in situ* [9]. Это позволит не только получить

данные о молекулярной динамике асфальтенов, смол и локальных характеристиках нефтяных дисперсных систем (вязкость, диффузия и скорость агрегации тяжелых компонентов), но и выявить факторы, определяющие стабильность нефтяных дисперсий, предложить энергоэффективные подходы, обеспечивающие агрегативную стабильность тяжелых нефтей в заданных внешних условиях [10].

В представленном докладе проанализирован потенциал передовых физических методов исследования фазовой стабильности и физико-химических процессов, происходящих в тяжелых нефтях в режиме *in situ*. Изложены основные принципы применения методов *in situ*; обсуждаются возможности и ограничения каждого подхода. Особое внимание уделяется визуализации процесса агрегации асфальтенов с использованием метода ИК-Фурье спектроскопии (микроскопии) с матричным детектированием в различных режимах, включая режим нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) [11-16], магнитно-резонансной томографии (МРТ) [17-20], спектроскопии малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР) [21,22], электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) [23,24], спектроскопии магнитного кругового дихроизма (МКД) [25,26]. Данные методы позволяют получать взаимодополняющую информацию о свойствах и поведении нефтяных дисперсных систем на различных пространственных и временных масштабах, включая информацию о вращательной подвижности индивидуальных молекул асфальтенов, динамики их локального окружения с характерным временем $\sim 10^{-10}$, изменении размеров и формы агрегатов. Развитые методы могут применяться для визуализации процессов агрегации асфальтенов и образования осадков в сырой нефти и их блендах с пространственным разрешением от нескольких единиц до тысяч микрометров с характерным временем в диапазоне от нескольких секунд до сотен часов в широком диапазоне температур и давлений *in situ*, а также при введении в систему веществ, влияющих на стабильность тяжелых нефтей.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (Соглашение № 21-13-00065).

Литература

1. Chen L., Bertolini A., Dubost F., Achourov V., Betancourt S., Cañas J.A., Dumont H., Pomerantz A.E., Mullins O.C. Energy Fuels. 2020. Vol. 34. P. 14074.
2. Zhang Y., Siskin M., Gray M.R., Walters C.C., Rodgers R.P. Energy Fuels. 2020. Vol. 34, P. 9094.

3. Macchietto S., Hewitt G.F., Coletti F., Crittenden B.D., Dugwell D.R., Galindo A., Jackson G., Kandiyoti R., Kazarian S.G., Luckham P.F., Matar O.K., Millan-Agorio M., Müller E.A., Paterson W., Pugh S.J., Richardson S.M., Wilson D.I. *Heat Transfer Eng.* 2011. Vol. 32. P. 197.
4. Мальцева Е.В., Горшков А.М., Юдина Н.В., Лоскутова Ю.В., Чеканцева Л.В., Шишмина Л.В. *Нефтехимия*. 2017. Том 57. № 1. С. 49.
5. Mullins O.C. In *Asphaltenes, Heavy Oils, and Petroleomics*. New York, Springer, 2007. 670 p.
6. Ганеева Ю.М., Юсупова Т.Н., Романов Г.В. *Успехи химии*. 2011. Том. 80. № 10. С. 1034.
7. Adams J.J. *Energy Fuels*. 2014. Vol. 28, P. 2831.
8. Marshall A.G., Rodgers R.P. *The Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*. 2008. Vol. 105. P. 18090.
9. Morozov E.V., Trukhan S.N., Larichev Yu.V., Subramani V., Gabrienko A.A., Kazarian S.G., Martyanov O.N. *Proceedings of 248th National Meeting of the American Chemical Society*. San Francisco. CA. 2014. P. 531.
10. Мартъянов О.Н., Ларичев Ю.В., Морозов Е.В., Трухан С.Н., Казарян С.Г. *Успехи химии*. 2017. Том 86. № 11. С. 999.
11. Gabrienko A.A., Subramani V., Martyanov O.N., Kazarian S.G. *Adsorption Science & Technology*. 2014. Vol. 32. P. 243.
12. Gabrienko A.A., Martyanov O.N., Kazarian S.G. *Energy Fuels*. 2015. Vol. 29. P. 7114.
13. Gabrienko A.A., Morozov E.V., Subramani V., Martyanov O.N., Kazarian S.G. *J. Phys. Chem. C*. 2015. Vol. 119. P. 2646.
14. Gabrienko A.A., Martyanov O.N., Kazarian S.G. *Energy Fuels*. 2016. Vol. 30. P. 4750.
15. Shalygin A.S., Kozhevnikov I.V., Kazarian S.G., Martyanov O.N. *J. Petroleum Science and Engineering*. 2019. Vol. 181, P. 106205.
16. Шалыгин А.С., Милованов Е.С., Якушкин С.С., Мартъянов О.Н. *Нефтехимия*. 2021. Том. 61. № 5. С. 1.
17. Morozov E.V., Falaleev O.V., Martyanov O.N. *Energy Fuels*. 2016. Vol. 30. P. 9003.
18. Morozov E.V., Martyanov O.N. *Applied Magnetic Resonance*. 2016. Vol. 47. P. 223.
19. Morozov E.V. and Martyanov O.N. *Energy Fuels*. 2017. Vol. 31. P. 10639.
20. Morozov E.V., Yushmanov P.V., Martyanov O.N. *Energy Fuels*. 2019. Vol. 33. P. 6934.
21. Larichev Yu.V., Martyanov O.N. *J. Petroleum Science and Engineering*. 2018. Vol. 165. P. 575.

22. Ларичев Ю.В., Коваленко Е.Ю., Мартьянов О.Н. Нефтехимия. 2019. Том 59. № 6. С. 638.
23. Trukhan S.N., Yudanov V.F., Gabrienko A.A., Subramani V., Kazarian S.G., Martyanov O.N. Energy Fuels. 2014. Vol. 28. P. 6315.
24. Trukhan S.N., Kazarian S.G., Martyanov O.N. Energy Fuels. 2017. Vol. 31. P. 387.
25. Соколов А.Э., Эдельман И.С., Заблуда В.Н., Петраковская Э.А., Александровский А.С., Шубин А.А., Трухан С.Н., Мартьянов О.Н. Оптика и спектроскопия. 2012. Том 112. № 5. С. 820.
26. Эдельман И.С., Соколов А.Э., Заблуда В.Н., Шубин А.А., Мартьянов О.Н. Журнал структурной химии. 2016. Том 57. № 2. С. 394.

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ ЛЕГКИХ АЛКЕНОВ: ВЧЕРА И СЕГОДНЯ**Лавренов А.В., Карпова Т.Р., Булучевский Е.А.****CATALYTIC CHEMISTRY OF LIGHT ALKENES: YESTERDAY AND TODAY***Центр новых химических технологий ИК СО РАН, Институт катализа СО РАН, Омск**E-mail: lavr@ihcp.ru*

Легкие алкены относятся к числу базовых продуктов нефтехимии, спрос на которые продолжает увеличиваться из года в год. Большая их часть применяется в качестве сырья для производства крупнотоннажных полимеров, однако их также используют в процессах окисления, галогенирования, алкилирования и олигомеризации для производства широкого спектра химических веществ, в том числе компонентов моторных топлив.

Первым открытым легким алкеном стал этилен, который был получен в конце 17 века действием серной кислоты на этиловый спирт. История промышленного производства этилена началась в 1920-1940 гг., когда американские компании начали производить его путем выделения из отходящих газов коксового производства. В это время также было освоено производство этилена и пропилена методом пиролиза углеводородного сырья, который остается основным промышленным процессом получения легких алкенов и в наши дни. Вместе с тем среди современных способов производства непредельных углеводородов необходимо отдельно выделить целевые каталитические методы, позволяющие получать смесь или индивидуальные алкены, необходимые для удовлетворения спроса нефтехимического рынка. К ним относятся процессы глубокого каталитического крекинга, дегидратации спиртов, дегидрирования легких алканов и метатезиса алкенов. В качестве примера последнего можно привести процесс метатезиса легких алкенов Triolefin, который был разработан компанией Philips Petroleum Co. в 1960-х гг. и использовался для переработки пропилена в этилен и бутены-2. С изменением конъюнктуры нефтехимического рынка процесс метатезиса стал более актуальным в реверс-варианте и был адаптирован для производства пропилена (процесс ОСТ).

Более высокий темп роста спроса на пропилен по сравнению с этиленом также стимулировал интерес к разработкам технологий прямого превращения этилена в пропилен в присутствии полифункциональных катализаторов. Данный процесс осуществляется путем последовательного протекания реакций димеризации этилена, изомеризации образующегося бутена-1 в бутены-2 и последующего метатезиса этилена и бутенов-2. Действие полифункционального катализатора для превращения этилена в

пропилен обеспечивается наличием на его поверхности активных центров димеризации этилена (Ni^{n+} , Pd^{n+}), метатезиса (оксиды Re, Mo, W) и Бренстедовских кислотных центров, обеспечивающих протекание реакции изомеризации. В настоящее время в качестве эффективных полифункциональных катализаторов прямого превращения этилена в пропилен рассмотрены такие системы, как $\text{NiO-WO}_3/\text{SiO}_2$, $\text{PdO}(\text{NiO})\text{-MoO}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{PdO-Re}_2\text{O}_7/\text{SO}_4^{2-}/\text{ZrO}_2$, $\text{PdO-Re}_2\text{O}_7/\text{B}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\text{NiSO}_4/\text{Re}_2\text{O}_7/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Переработка алкенов относится к числу наиболее значимых направлений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. В настоящее время по-прежнему особое внимание уделяется использованию легких алкенов для получения компонентов экологически чистых моторных топлив на основе каталитических процессов олигомеризации и алкилирования.

В нефтепереработке олигомеризация стала использоваться в промышленном масштабе с 1935 г. для превращения алкенов $\text{C}_3\text{-C}_4$ в полимербензин (процесс CatPoly) на твердом фосфорнокислотном катализаторе. В настоящее время также реализованы промышленные процессы олигомеризации легких алкенов с использованием цеолитных катализаторов (процессы MOGD, EMOGAS, ОЛЕОЛ), алюмосиликатов (процессы Polynaphta, Octol) и ионообменных смол (процессы Dimer₈, NExOCTANE). Вместе с тем в качестве катализаторов олигомеризации пропилена и бутенов предлагаются различные анион-модифицированные оксиды металлов, а в качестве катализаторов олигомеризации этилена – системы на основе соединений никеля, закрепленных на поверхности различных кислотных носителей. В условиях полифункционального катализа протекает олигомеризация этилена, например, в присутствии соединений никеля, закрепленных на кислотных неорганических носителях (оксиды алюминия, циркония, цеолиты и аморфные алюмосиликаты). На поверхности таких катализаторов превращение этилена инициируется на катионах Ni^+ (Ni^{2+}) и первоначально приводит к образованию α -олефинов. На кислотных центрах по карбений-ионному механизму протекают реакции изомеризации и димеризации алкенов, в результате которых образуются олигомеры разветвленного строения.

Промышленные процессы алкилирования изобутана алкенами $\text{C}_3\text{-C}_4$ были разработаны в 1930-1940-х гг. и осуществлялись в присутствии серной и фтористоводородной кислот. Однако современное промышленное алкилирование принципиально не отличается от процессов, разработанных в первой половине 20 века (процессы HF Alkylation, Cascade Sulfuric Acid Alkylation, Effluent Refrigeration Alkylation). Совершенствование технологий алкилирования может быть обеспечено

переходом к применению твердокислотных катализаторов, активные исследования которых начались в 1960-1970-х гг. В качестве гетерогенных катализаторов алкилирования изобутана алкенами предлагаются цеолиты (процессы AlkyClean, ExSact, Eurofuel, АлкиРАН-ГПН), ионнообменные смолы, гетерополикислоты, анион-модифицированные оксиды металлов. Модифицируя сильнокислотный носитель палладием, можно получить катализатор, обеспечивающий совместное превращение изобутана и этилена с получением продуктов идентичных тем, что образуются при алкилировании изобутана бутенами. Объясняется это наличием стадии димеризации этилена на катионах палладия с последующим вовлечением образовавшихся бутенов в процесс алкилирования. Бифункциональный палладийсодержащий катализатор с «желтковой» локализацией палладия в грануле может быть использован для гидродимеризации изобутилена с получением высокочистого изооктана.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект АААА-А21-121011890074-4).

КЛЮЧЕВЫЕ ДОКЛАДЫ

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ И ПРОДУКЦИИ НЕФТЕХИМИИ

Кадиев Х.М.

PROSPECTS FOR THE PROCESSING OF HEAVY OIL RESIDUES TO OBTAIN MOTOR FUELS AND PETROCHEMICAL PRODUCTS

Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, Москва

E-mail: kadiev@ips.ac.ru

Рациональное использование невозобновляемого углеводородного сырья - задача национального значения для любого государства, в котором нефть является главной составляющей экономики. Для удовлетворения перспективного спроса на нефтепродукты и сырье для нефтехимии в развитии нефтеперерабатывающей отрасли необходимо предусматривать повышение эффективности использования нефтяного сырья и в первую очередь повышение глубины переработки нефти. При этом следует учитывать снижение запасов и объемов добычи маловязких, так называемых «легких» нефтей во многих нефтедобывающих регионах мира, в том числе и в РФ, а это диктует необходимость вовлечения в переработку нетрадиционных и сравнительно новых для нефтепереработки источников углеводородного сырья, в первую очередь - тяжелых нефтей и природных битумов. Это обуславливает необходимость создания и внедрения новых способов переработки тяжелого сырья для удовлетворения растущего спроса на энергоресурсы [1].

В докладе представлены этапы развития процессов глубокой переработки тяжелого нефтяного сырья. Первый этап углубления переработки нефти, завершившийся в конце XX века промышленным внедрением технологий каталитического и гидрокрекинга вакуумного дистиллята, создал колоссальный ресурс в виде вакуумного остатка нефти для дополнительного производства светлых нефтепродуктов и положил начало 2-го этапа углубления переработки нефти. На современном этапе определяющее значение для развития нефтеперерабатывающей промышленности РФ имеет переработка тяжелых остатков с целью повышения глубины переработки нефти с получением дополнительных ресурсов сырья для моторных топлив и нефтехимии.

Реальным решением проблемы может быть вовлечение в переработку тяжелых нефтяных остатков, характеризующихся повышенным содержанием металлов (ванадия, никеля, железа и др.), серы, азота и асфальтенов, что затрудняет использование для их переработки традиционных технологий или их применение становится экономически неоправданным. Характерные свойства существующих процессов гидрооблагораживания нефтяных остатков - необходимость создания в системе

высокого давления, низкий срок службы катализатора, высокие капитальные затраты. Эти технологии имеют существенный недостаток, заключающийся в дезактивации катализатора в результате отложения на них кокса и отравлении содержащимися в нефтяных остатках металлами [2]. Реакция протекает на внешней поверхности гранул катализатора и связана с резким ростом требуемого парциального давления водорода (до 20-23 МПа) при утяжелении сырья. Чем тяжелее сырье и дороже исходный катализатор, тем менее эффективным представляется его использование. В дополнение к расходам на регенерацию при неоднократной рециркуляции частицы катализатора измельчаются и подвергают эрозии поверхности оборудования.

В настоящее время в России, как и во всем мире, отсутствуют достаточно эффективные технологии, обеспечивающие глубокую комплексную переработку тяжелого сырья. Суть практически всех технологий переработки остаточного сырья заключается в получении карбонизированных остатков, в котором концентрируются все металлоорганические соединения нефти, последующая утилизация которых является весьма сложной задачей. Для многих нефтеперерабатывающих заводов традиционный подход заключается в использовании технологий замедленного коксования. При внедрении термических процессов в схему НПЗ встает вопрос об облагораживании и квалифицированном использовании как карбонизированного остатка, так и дистиллятных продуктов этих процессов в связи с особенностями их физико-химических свойств – высокими концентрациями серу-, азотсодержащих соединений, непредельных углеводородов, в т.ч. и диеновых.

Широко применяемые на российских НПЗ комплексов переработки остаточного сырья для производства масел, парафинов, битума, кокса и котельного топлива по своим масштабам не обеспечивает требуемый уровень глубины переработки нефти. Успешное решение проблемы углубления переработки нефти и вовлечение в переработку тяжелых нефтей может быть обеспечено разработкой и внедрением комбинированных схем на базе принципиально новых простых технологий переработки тяжелого нефтяного сырья, после которых можно было бы применить обычные освоенные в промышленности высокоэффективные процессы нефтехимии и нефтепереработки.

Наиболее продвинутые на рынке промышленные гидрогенизационные процессы переработки тяжелого нефтяного сырья H-Oil и LC-finishing обеспечивают ограниченную конверсию сырья на уровне 75-80%, обусловленное присутствием в реакционной зоне неустойчивых высокомолекулярных фрагментов деструкции смол и асфальтенов, ограничивающих применение традиционных катализаторов и технологий.

Для дальнейшего углубления переработки тяжелого сырья разрабатываются новые суспензионные технологии с применением наноразмерных и ультрадисперсных катализаторов. Традиционный подход к созданию катализаторов, базирующийся на стабилизации активных наноразмерных каталитических частиц на поверхности твердого носителя, для тяжелого сырья малоэффективен. В настоящее время получило бурное развитие использование наноразмерных эффектов для создания новых высокоэффективных катализаторов, что делает актуальным поиск эффективных каталитических систем для переработки углеродсодержащего сырья [3-6]. Это обусловило возросшее во всем мире внимание к совершенствованию имеющихся технологий и к разработке новых способов переработки тяжелых нефтяных остатков, получивших общее название процессов гидроконверсии, при осуществлении которых протекает комплекс термокatalитических реакций с участием водорода.

Разработка новых процессов и катализаторов началась с кардинального решения проблемы катализатора, заключающегося в принципиально новом подходе к формированию наноразмерных частиц катализатора без традиционного твердого носителя. Решение проблемы связано с переформулировкой задачи: подводить не молекулы соединений нефти к активным центрам катализатора, а малые частицы катализатора (наноразмерные) – к протяженным молекулам нефтяных остатков [7-9].

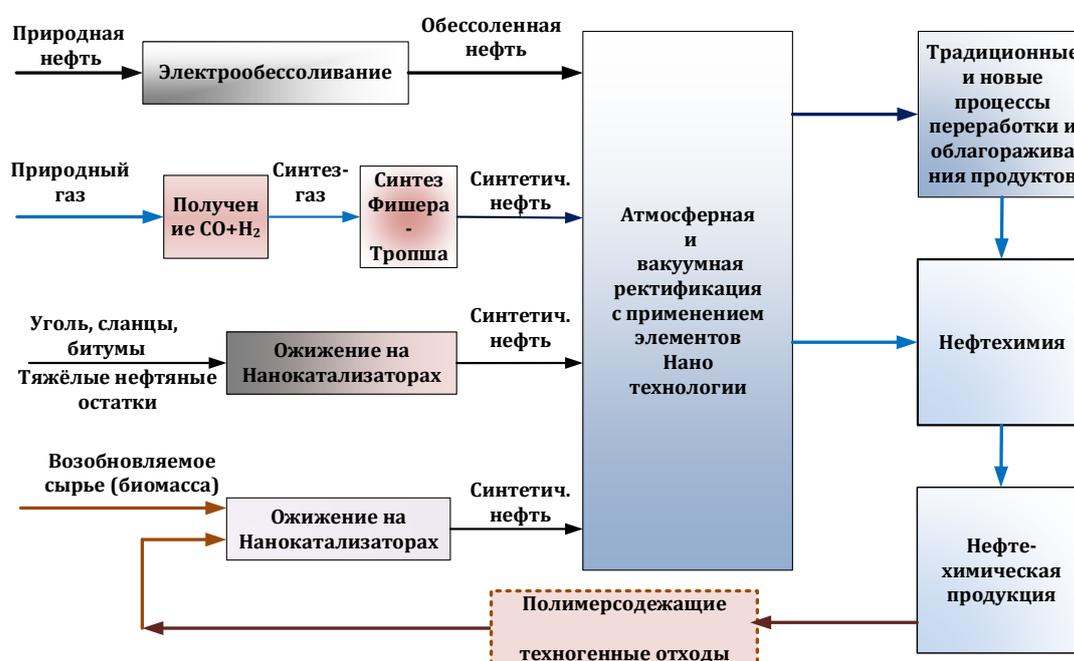
Оригинальные результаты исследований, полученные в ИНХС РАН и ГрозНИИ по конверсии тяжелого сырья с применением стабилизированных в углеводородной (реакционной) среде наноразмерных частиц катализатора, полученных из обратных эмульсий наноразмерных частиц катализатора без твердого носителя, не имеют аналогов в мировой промышленной практике и фактически являются научной основой создания новой технологии глубокой переработки тяжелых нефтяных остатков и высоковязких тяжелых нефтей, позволяющей достигнуть конверсию тяжелого сырья более 90 мас. %.

Использование наноразмерных каталитических систем при конверсии тяжелого органического сырья коренным образом изменяет ход и результаты химических реакций. Высокая поверхностная энергия, стерическая доступность поверхности для молекул больших размеров, высокая концентрация дефектов кристаллической решетки способствует резкому росту каталитической активности наноразмерных катализаторов по сравнению с активностью традиционных наноструктурированных катализаторов на носителях с развитой системой микро- и макропор.

В докладе отмечается, что технология потенциально может быть использована при модернизации существующих НПЗ для обеспечения глубины переработки (ресурсы

гудрона около 35-40 млн т/год) и в ближайшей и долгосрочной перспективе для переработки высоковязких тяжелых нефтей России (ресурсы около 150 млрд.барр.). Ресурсы нефтяного сырья являются невосполнимым достоянием и в долгосрочном стратегическом плане следует ограничить их простое сжигание с целью сохранить как сырьё для производства широкого ассортимента химической продукции. С учетом перспектив развития водородных технологий и снижения воздействия на экологию путем декарбонизации энергетики новая технология будет нацелена на переработку тяжелого углеродсодержащего сырья, в т.ч. с возобновляемого и вторичного, включая полимерные отходы. Схема НПЗ будущего представлена на рис. 1.

Рис. 1. Блок-схема НПЗ будущего.



В настоящее время на площадке АО ТАНЕКО (ПАО Татнефть) завершается строительство первой опытно-промышленной установки гидроконверсии (рис. 2). Проекту «Гидроконверсия тяжелого нефтяного сырья с целью получения высококачественных топлив, масел и сырья для нефтехимических процессов» придан статус национального проекта.



Рис. 2. Опытно-промышленная установка гидроконверсии ПАО Татнефть.

Процесс осуществляется в среде водорода при давлении в зоне реакции 7.0-10.0 МПа, расход водорода составляет 1.5-3.5 мас.% на сырье. Объемная скорость подачи сырья 0.5-1 час⁻¹. Конверсия составляет не менее 92-95%.

Новая инновационная технология глубокой, комплексной и безотходной конверсии тяжелых нефтяных остатков и разработанная для этого процесса технология приготовления и применения наноразмерных гетерогенных катализаторов позволит достичь лидирующего положения по сравнению с зарубежными фирмами. Реализация отечественного процесса Russian Slurry Hydroconversion (RSH) будет способствовать развитию тяжелого машиностроения РФ, поскольку практически все оборудование для процесса (реакторы, теплообменники высокого и низкого давления, компрессоры) изготавливается на машиностроительных заводах России.

Таким образом, создание и промышленная реализация в России новой прорывной технологии позволяет решить сразу несколько глобальных проблемы: повысить глубину переработки «светлых» нефтей до 95-98% и осуществить плавный переход на переработку «сверхтяжелых» нефтей, а также вовлечение в переработку вторичного углеродсодержащего сырья.

Литература

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года: w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.

2. Bartholdy J., and Cooper B. Metal and coke deactivation of resid hydroprocessing catalysts. Preprints. Division of Petroleum Chemistry. American Chemical Society. 1993. Vol. 38. P. 386–390. <https://doi.org/10.1002/9781118769638.ch3>.
3. Speight J.G. New approaches to hydroprocessing. Catalysis Today. 2004. Vol. 98. № 1-2. P. 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2004.07.053>
4. Scheffer B., Van Koten M.A., Robschlagier K.V., De Boks F. The shell residue hydroconversion process: development and achievements. Catalysis Today. 1998. Vol. 43. № 3-4. P. 217-224. [https://doi.org/10.1016/S0920-5861\(98\)00150-3](https://doi.org/10.1016/S0920-5861(98)00150-3)
5. Хаджиев С.Н., Кадиев Х.М., Кадиева М.Х. Синтез и свойства наноразмерных систем в качестве катализаторов гидроконверсии тяжелого нефтяного сырья. Нефтехимия. 2014. Том 54. № 5. С. 327–351. <https://doi.org/10.7868/S0028242114050062>
6. Panariti N., Del Bianco A., Del Piero G., Marchionna M. “Petroleum residue upgrading with dispersed catalysts Part 1. Catalysts activity and selectivity,” Appl. Catal. A: Gen. 2000. Vol. 204. P. 203–213. [https://doi.org/10.1016/S0926-860X\(00\)00531-7](https://doi.org/10.1016/S0926-860X(00)00531-7)
7. Хаджиев С.Н., Кадиев Х.М. Будущее глубокой переработки нефти: сделано в России. The Chemical Journal. Сентябрь. 2009. С. 34-37.
8. Kadieva M.K., Maximov A.L., Kadiev K.M. *Ex-situ* synthesis and study of nanosized Mo-containing catalyst for petroleum residue hydro-conversion. Catalysts. 2019. Vol. 9. № 8. P. 649. <https://doi.org/10.3390/catal9080649>
- 9 Kadiev Kh.M., Khadzhiev S.N., Kadieva M.Kh. Synthesis and use of polyfunctional catalyst nanoparticles for hydroconversion of natural bitumen. Petroleum Chem. 2013. Vol. 53. № 5. P. 298-308. <https://doi.org/10.1134/S0965544113050034>

НОВЫЕ НЕКАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ

Арутюнов В.С.^{1,2}

NEW NON-CATALYTIC PROCESSES FOR PROCESSING HYDROCARBON GASES

¹ *Федеральный исследовательский центр химической физики
им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, Москва*

² *Институт проблем химической физики Российской академии наук,
Черноголовка*

E-mail: v_arutyunov@mail.ru

Огромные ресурсы и новые технологии добычи делают углеводородные газы наиболее перспективным и привлекательным сырьем не только для энергетики, но и для производства нефтехимических продуктов. Реальная структура мировых углеводородных ресурсов ставит перед газохимией задачу получения на базе основного компонента природного газа – метана – широкого спектра органических продуктов, традиционно получаемых переработкой нефти. Для практической реализации этой задачи необходимо создание эффективных крупнотоннажных и малотоннажных технологий глубокой химической переработки углеводородных газов.

Принципиальной проблемой газохимии, отличающей ее от нефтехимии, является высокая термодинамическая стабильность метана, наиболее стабильного в нормальных условиях углеводорода. Поэтому непосредственно из метана можно получать лишь небольшой набор продуктов. Помимо относительно малотоннажных продуктов его галоидирования и сульфидирования, это продукты его пиролиза (технический углерод, водород, ацетилен), частичного окисления (простейшие оксигенаты метанол и формальдегид) и окислительной конденсации (этан, этилен). Однако выход оксигенатов и продуктов окислительной конденсации пока слишком мал, чтобы сделать эти процессы экономически привлекательными. Поэтому важнейшим первичным продуктом химической конверсии метана остается синтез-газ, в который метан может быть превращен почти со 100%-ой селективностью, но при температурах, близких к 1000°C. Уже освоенные крупнотоннажные промышленные процессы получения из синтез-газа метанола и синтетических углеводородов (процесс Фишера-Тропша) открывают путь получения из природного газа практически всех продуктов, традиционно получаемых из нефти. Однако высокие температуры и большие энергозатраты делают рентабельную и эффективную конверсию метана в синтез-газ сложной технологической задачей. На эту стадию приходится до 60–70% всех затрат на получение целевых продуктов, а современные крупнотоннажные процессы на основе

предварительной конверсии метана в синтез-газ являются сложными энерго- и капиталоемкими технологиями. Сложность и высокая энергоемкость современных газохимических процессов является основным фактором, сдерживающим развитие газохимии.

Существующие газохимические процессы можно разделить на прямые процессы получения химических продуктов непосредственно из метана: термический или окислительный пиролиз в ацетилен, окислительная конденсация метана (ОКМ) в этилен, парциальное окисление метана в метанол (ПОММ), и на многостадийные процессы на основе предварительного превращения природного газа в синтез-газ. В области прямых процессов основные усилия направлены на повышение выхода целевых продуктов, а в области процессов на основе синтез-газ – на снижение капитальных и энергетических затрат на его получение.

Большие затраты энергии на реализацию газохимических процессов делают особенно привлекательными автотермические технологии, так как глубокое окисление самого метана – наиболее доступный и дешевый источник энергии для его химической конверсии. Сочетание сильно экзотермического процесса полного окисления части исходного газового сырья с эндотермическими процессами трансформации метана в термодинамически менее стабильные продукты непосредственно в одном реакционном объеме позволяет избежать необходимости использования дорогостоящего и малоэффективного для газовых сред теплообменного оборудования, а также неизбежных при этом теплопотерь.

В сообщении рассмотрены существующие процессы переработки углеводородных газов и основные направления работ по созданию новых процессов. Представлен ряд разрабатываемых в ИПХФ РАН и ФИЦ ХФ РАН новых некаталитических методов конверсии углеводородных газов различного состава и происхождения. Представлены новые процессы конверсии углеводородных газов в синтез-газ и водород, а также процессы их непосредственного превращения в химические продукты, отличающиеся от традиционных каталитических методов их переработки. Рассмотрены перспективы практического применения новых технологий для малотоннажного производства химических продуктов и энергоносителей.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук, тема ИПХФ РАН 0089-2019-0018 (AAAA-A19-119022690098-3, тема ФИЦ ХФ РАН № 47.16 (AAAA-A20-120020590084-9)

**КАТАЛИЗАТОРЫ ОКИСЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЦЕРИЯ,
ПОЛУЧЕННЫЕ ТЕМПЛАТНЫМИ МЕТОДАМИ**

Локтева Е.С., Каплин И.Ю.

**OXIDATION CATALYSTS BASED ON CERIA PRODUCED BY
TEMPLATE METHODS**

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва

E-mail: e.lokteva@rambler.ru

Пористые материалы на основе оксида церия широко применяют в качестве носителей и катализаторов в окислительных процессах нефтехимии и экологического катализа, среди которых наиболее важными являются окисление летучих органических соединений, частиц сажи, других экотоксикантов, риформинг углеводородов, реакция водяного газа, фотокаталитические превращения и др. Это происходит благодаря уникальным свойствам индивидуального оксида церия и смешанных оксидов на его основе: высокой величине удельной поверхности, улучшенной способности к массопереносу и диффузии реагентов, доступности активных центров, значительной кислородной емкости и высокому содержанию активного кислорода на поверхности, характерному для оксидов металлов с переменной валентностью [1].

Возможность получения разнообразных оксидных систем с развитой текстурой, включая иерархические структуры, обусловлена развитием темплатных методов синтеза. В данном докладе представлен обзор недавних достижений в разработке стратегий синтеза индивидуальных и смешанных оксидных катализаторов на основе оксида церия с использованием различных видов темплатов (органических и биологических, твердых и мягких) и комбинации нескольких видов темплатов. Так, носители и катализаторы такого типа применяли в катализе нефтехимических и иных реакций. В докладе проведено сравнение систем на основе смешанных оксидов церия и циркония или олова, не модифицированных и модифицированных медью или марганцем, в окислении СО [2-4], индивидуально или в присутствии избытка водорода, а также в неокислительном дегидрировании пропана. Показаны возможности использования физико-химических методов (рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, температурно-программированное восстановление водородом, рентгенофазовый анализ, спектроскопия комбинационного рассеяния, сканирующая электронная спектроскопия с энергодисперсионным анализом) для выявления структуры, содержания активного кислорода и окислительного состояния элементов на поверхности, кислородной емкости и других характеристик, которые определяют каталитические свойства данных систем.

Природа темплата оказывает существенное воздействие на каталитические свойства. Так, показано, что применение биологических темплатов (древесные опилки) может быть перспективным при создании каталитических систем и носителей данного типа, поскольку оно обеспечивает особую морфологию катализатора и присутствие промотирующих зольных примесей. Проведено сравнение биотемплатов, ионных ПАВ (СТАВ) и неионных темплатов (Плюроник) при приготовлении церийсодержащих оксидов.

Работа выполнена при поддержке Программы развития МГУ имени М.В.Ломоносова и гранта РФФИ № 20-33-90065.

Литература

1. Kaplin I.Yu., Lokteva E.S., Golubina E.V., Lunin V.V. *Molecules*. 2020. Vol. 25 (18). P. 4242.
2. Kaplin I.Yu., Lokteva E.S., Bataeva S.V. et al. *Pure and Applied Chemistry*. 2021. Vol. 93. P. 447.
3. Kaplin I.Yu., Lokteva E.S., Tikhonov A.V. et al. *Topics in Catalysis*. 2020. Vol. 63. P. 86.
4. Kaplin I.Yu., Lokteva E.S., Golubina E.V. et al. *Applied Surface Science*. 2019. Vol. 485. P. 432.

**КАТАЛИТИЧЕСКИЙ КРЕКИНГ ДЛЯ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ:
ОТХОДЫ ПОЛИМЕРОВ КАК НОВЫЙ ИСТОЧНИК ТОПЛИВ И ПРОДУКТОВ
НЕФТЕХИМИИ**

Дементьев К.И.

**CATALYTIC CRACKING FOR THE CIRCULAR ECONOMY: POLYMER
WASTES AS A NEW SOURCE OF FUELS AND PETROCHEMICAL PRODUCTS**

Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, Москва

E-mail: kdementev@ips.ac.ru

Одним из направлений Стратегии научно-технологического развития РФ по переходу к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике является создание технологий замкнутого углеродного цикла, подразумевающего нулевой баланс потребляемого и выделяемого в атмосферу углерода. Переход к экономике такого рода – «циркулярной» экономике – возможен за счет постепенного отказа от ископаемых источников энергии одновременно с вовлечением в переработку возобновляемого сырья и техногенных углеродсодержащих отходов.

Крупнейшей составляющей отходов являются отработанные изделия из полимеров. Их потребление неуклонно растет: мировое производство полимеров достигло порядка 348 млн т в 2017 году [1]. Значительная часть произведённого в мире пластика используется в качестве упаковочных материалов. При таком ежегодном объёме производства и потребления пластиков, в современном мире уже накоплены сотни миллионов тонн отходов синтетических полимеров, и это количество увеличивается возрастающими темпами. Глубокая химическая переработка таких отходов стала одним из глобальных вызовов мировой химической науке и промышленности. Это обязательный элемент «экологического оздоровления и очищения» планеты, на фоне которого существующий антропогенный парниковый эффект может показаться небольшой проблемой. Вместе с тем, очевидно, что такая переработка может стать основой высокоприбыльной индустрии, если используемые для этого методы и процессы будут не только эффективными, но и экологически чистыми, удовлетворяя строгим требованиям «зелёной химии».

Задача переработки полимеров в высококачественные моторные топлива с научной точки зрения практически решена: имеются многообещающие разработки по вовлечению полимерных отходов в процессы каталитического крекинга и гидроконверсии [2]. Исчерпывающее превращение полимерных отходов и легкость интеграции в существующие производства обеспечивают привлекательную экономику переработки полимеров, однако, до сих пор еще имеется ряд технических проблем,

связанных с необходимостью разделения смесей полимерных отходов и очистки их от примесей.

Получение из отходов полимеров исходных мономеров – этилена, пропилена, бутиленов – является предметом интенсивных научно-исследовательских работ. Существующие подходы прямой термокаталитической конверсии полимерных отходов обладают рядом существенных недостатков: пиролиз характеризуется высокими операционными и капитальными затратами, а газификация требует организации многоступенчатой и дорогой технологической цепочки переработки синтез-газа в олефины.

Более перспективным подходом является мягкий термолиз полимеров в синтетическую нефть с последующим глубоким каталитическим крекингом или пиролизом термолизата. На сегодняшний день мягкий термолиз – одна из немногих технологий переработки отходов полимеров, дошедшая до стадии укрупненных демонстрационных установок из-за простоты аппаратного оформления и невысоких операционных затрат. Разработки по описанной двухступенчатой технологии «пластик-олефины» существует у ряда компаний (INEOS, Synova, Сибур и др.), однако, препятствием к их реализации является практически полное отсутствие знаний в области крекинга/пиролиза термолизатов полимеров. Тем не менее, предварительные исследования на схожих субстратах [3] дают уверенность в перспективности изложенного подхода и возможности его опытной реализации «в железе» до 2025 года.

Литература

1. Plastics – the Facts 2018. PlasticsEurope, 2018. URL: https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf.
2. Gringolts M.L., Dement'ev K.I., Kadiev Kh.M., Maksimov A.L., Finkel'shtein E.Sh. // Petroleum Chemistry. 2020. V.60. I.7. P. 751.
3. Dement'ev K.I., Sagaradze A.I.D., Kuznetsov P.S., Palankoev T.A., Maximov A.L. // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2020. V.59. I.36. P. 15875

НОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Куликова М.В.

NEW DEEP PROCESSING CARBON-CONTAINING RAW MATERIALS

Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, Москва

E-mail: m_kulikova@ips.ac.ru

В настоящее время человечество активно пересматривает энергетику в экологическом ключе. Предложений Еврокомиссии по трансграничному углеродному регулированию (CBAM — Carbon Border Adjustment Mechanism) рынок ждал давно. Столь масштабные изменения неизбежно затронут не только российскую, но и мировую экономику [1]. В России в настоящее время ведётся энергичная работа по формированию современного законодательства, обеспечивающего контроль за эмиссией углерода и стимулирующего её сокращение. Правительством РФ поставлена задача существенно ограничить к 2050 году накопленный объём чистой эмиссии углерода в нашей стране [2].

Такая стратегия предусматривает однозначную трансформацию современной нефтехимии, как с точки зрения повышения эффективности технологий, так и с точки зрения принципов «зеленой» химии и сохранения окружающей среды. Создание новых процессов, модернизация уже существующих, использование современных принципов каталитического дизайна позволит интегрировать российскую нефтехимию в новую мировую энергетику.

В ИНХС РАН создан ряд процессов, позволяющих осуществлять глубокую переработку углеродсодержащего сырья с использованием принципов «зеленой» химии, в том числе позволяющих нивелировать «углеродный след». Сформулированы и экспериментально подтверждены общие подходы к созданию *in situ* ультрадисперсных каталитических систем, установлены особенности протекания в их присутствии следующих процессов: конверсии синтез-газа, пиролиза метана с целью получения водорода, что свидетельствует о формировании нового направления в гетерогенном катализе - катализ в дисперсных средах.

Начаты исследования по переработке растительной биомассы методом гидротермальной карбонизации в биоуголь – полупродукт для CO₂-нейтрального производства синтетических углеводородов и компонентов катализаторов. Кроме того, как известно, что биоуголь рассматривается в Евросоюзе как энергетически богатое экологически чистое твердое топливо [3]. Показана возможность получения экологически чистых CO₂-нейтральных топливных компонентов методом гидрогенизационного ожижения биоугля.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания ИИХС РАН.

Литература

1. <https://www.forbes.ru/biznes/435609-evropeyskoe-napryazhenie-kak-uglerodnyy-nalog-otrazitsya-na-rossiyskom-eksporte>
2. <http://www.kremlin.ru/events/president/news/65425/videos>.
3. <http://www.infobio.ru/events/5033.html>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПА «CHEMICAL LOOPING» В ПРОЦЕССАХ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА И ДЕГИДРИРОВАНИЯ ЭТАНА

Герзелиев И.М.¹, Максимов А.Л.¹, Файрузов Д.Х.²

THE USE OF THE "CHEMICAL LOOPING" PRINCIPLE IN THE PROCESSES OF SYNTHESIS GAS PRODUCTION AND ETHANE DEHYDROGENATION

¹Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, Москва

E-mail: gerzeliev@ips.ac.ru

²ООО "Газпром переработка Благовещенск", Свободный

В последние годы широкое распространение получило направление, связанное с использованием оксида металла в качестве переносчика кислорода (принцип «chemical looping» – «химический цикл») [1, 2]. Применение «химического цикла» возможно в различных процессах, в частности, окислительной димеризации метана [3]. В работе [4] окислительное дегидрирование этана в этилен проводилось с использованием катализаторов на основе молибдена и ванадия, нанесенных на оксид алюминия в диапазоне температур 500–650°C. При увеличении конверсии этана (> 30%) селективность по этилену значительно (до 60%) падала. В работе [5] получены сравнительно высокие значения конверсии этана и селективности по этилену (51% и 88%, соответственно). Однако применяемые каталитические системы на основе марганца, нанесенного на двуокись кремния, требуют проведения дегидрирования этана при высоких температурах (> 850°C).

В докладе приводятся результаты исследований, выполненные в ИНХС РАН, с применением «химического цикла» для окислительной конверсии природного газа в синтез-газ и дегидрирования этана в этилен.

Технологический принцип, предложенный в ИНХС РАН, заключается в проведении процесса в двух отдельных аппаратах — реакторе и регенераторе, между которыми непрерывно циркулирует микросферический катализатор, содержащий активный решёточный кислород (рис. 1). Катализатор переносит кислород от регенератора к реактору и способствует превращению метана в синтез-газ или этана в этилен. Непосредственный контакт сырья и газообразного окислителя отсутствует. Окислителем в этом процессе выступает решеточный кислород, содержащийся в составе катализатора. Катализатор в реакторе взаимодействует с сырьем в течение необходимого времени.

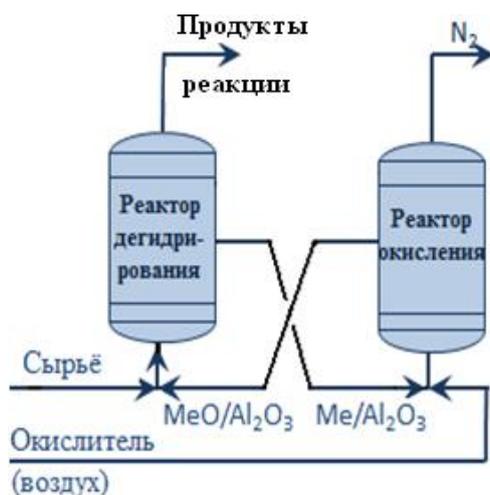


Рис. 1. Принципиальная схема раздельной подачи сырья и окислителя [5]

Нами на специально сконструированной пилотной установке с загрузкой 2 л катализатора, обеспечивающей проведение реакции окислительной конверсии природного газа в синтез-газ и дегидрирования этана в этилен по изложенному выше принципу проведен широкий цикл исследований и определены основные параметры проведения процессов.

Окислительная конверсия низших парафинов в синтез газ

Оксидно-металлическая система, приготовленная с использованием оксидов никеля и кобальта Ni-Co/Al₂O₃ (катализатор приготовлен методом пропитки оксида алюминия растворами нитратов кобальта и никеля с последующей сушкой и прокаливанием), испытана в реакторах, которые обеспечивали различное время пребывания катализатора в зоне реакции (от 0.3 до 3 с). При варьировании скорости подачи метана выявлены основные закономерности конверсии метана и селективности образования продуктов. Наилучшие результаты были получены при мольном соотношении [O]/CH₄ = 1.0-1.3 и времени контакта 3 с (конверсия метана превышала 90% при содержании водорода и монооксида углерода в продуктах реакции 62-63% и 30-31%, соответственно). По данным ТПВ и ТПО восстановление оксиданта-катализатора водородом начинается при 350-400°C и заканчивается при 750-850°C (рис. 2); окисление восстановленного образца протекает в интервале 300-700°C. Изученные методом РФА образцы, восстановленные различными восстанавливающими агентами (H₂, CO, CH₄), также показали обратимость окислительно-восстановительных переходов разработанного оксиданта-катализатора.

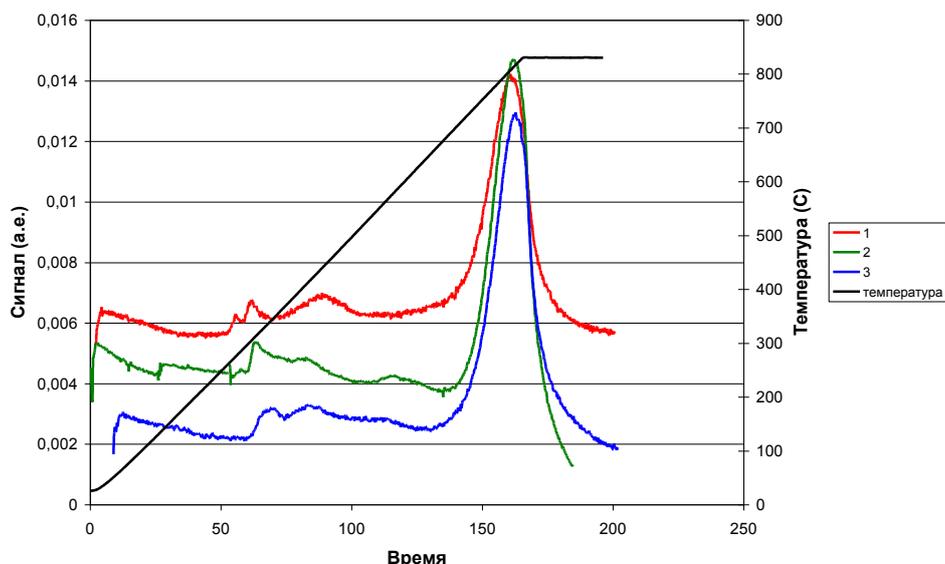


Рис. 2. Спектры ТПВ Ni-Co/Al₂O₃ катализатора. 1 - свежий образец, 2,3 – после последующего окисления.

Отличительной особенностью разрабатываемого метода является возможность эффективного вовлечения низших алканов (этан, пропан, бутан) и CO₂ в состав перерабатываемого сырья, поэтому отпадает необходимость в форконтантной переработке природного и попутного газа.

На основе представленных положений разработана принципиальная технологическая схема. Реакция частичного окисления попутного газа осуществляется в лифт реакторе в потоке восходящего катализатора при температурах от 800°C до 900°C и временах контакта от 0.1 до 10 с. Во втором аппарате происходит контакт воздуха с катализатором, в результате которого происходит его регенерация, (восполняясь решеточным кислородом) в псевдооживленном слое катализатора при температурах от 500°C до 650°C. Дополнительно образуется технический азот, что существенно снижает себестоимость целевой продукции. Генерируется пар высокого и среднего давления, что также положительно сказывается на экономике процесса. Проведена технико-экономическая оценка предлагаемого метода в сравнении с существующими производствами. Предварительные результаты показывают, что предлагаемая технология окислительной конверсии метана на катализаторе, содержащем активный решеточный кислород, может достичь достаточно неплохих экономических результатов. Низкая капиталоемкость, невысокое энергопотребление, высокая степень взрывобезопасности показывают перспективность данной разработки.

Дегидрирование этана в этилен

Применительно к реакции дегидрирования этана, процесс протекает следующим образом: сначала оксид металла взаимодействует с углеводородом, в результате чего протекает реакция дегидрирования и восстанавливается оксид металла; затем восстановленный оксид металла окисляется молекулярным кислородом и переходит в полностью окисленную форму. Технологическое решение этой задачи достигается за счет реализации процесса с проведением реакции окислительного дегидрирования этана и регенерации контакта в двух отдельных аппаратах с отдельной подачей сырья и окислителя. Раздельная подача сырья и окислителя обеспечивает высокую энергоэффективность - практически отсутствуют затраты на подогрев сырья и воздуха (автотермический процесс); передача тепла осуществляется циркулирующим микросферическим катализатором-оксидантом-теплоносителем; тепловой баланс в системе обеспечивается энергией, выделяющейся при протекании экзотермических реакций - окислительного дегидрирования этана в реакторе и окисления кислородом металлов. Проведен значительный объем работ на лабораторной и пилотной установках по подбору химического состава и способа приготовления активного, селективного микросферического катализатора окислительного дегидрирования этана в этилен. Выявлено, что наилучшие показатели в дегидрировании этана продемонстрировали образцы, с использованием в качестве основы микросферического оксида алюминия производства АО «СКТБ «Катализатор», г. Новосибирск, содержащие молибден и ванадий, модифицированные фтором состава $10\% (V_2O_5 + MoO_3)/\gamma-Al_2O_3$ ($Mo/V = 4, F/Al = 20$) приготовленные гидротермальным способом. При испытаниях на лабораторной импульсной установке для образца $10\% (V_2O_5 + MoO_3)/\gamma-Al_2O_3$ ($Mo/V = 4, F/Al = 20$), при соотношении масс кат/сырье = 300 при $565^\circ C$ конверсия этана составила 30.9%, селективность по этилену – 87.3%; при $575^\circ C$ конверсия этана составила 36.2%, селективность по этилену – 84.5%. По результатам лабораторных и пилотных синтезов разработана пропись и наработана на катализаторной фабрике ЗАО «Нижегородские сорбенты», г. Нижний Новгород опытно-промышленная партия катализатора дегидрирования в количестве 200 л. Проведены исследования катализатора на пилотной установке дегидрирования этана этилен с отдельной подачей сырья и окислителя с загрузкой 2 л катализатора, определены основные параметры проведения процесса. Достигнуты следующие показатели процесса дегидрирования этана в этилен: степень конверсии 35-50 мас.%; селективность 86–89%; активность (съем этилена) 0.97–1.5 кг в час /кг катализатора. Высокая селективность процесса по этилену, обуславливает низкий

расход этана на тонну целевой продукции (1.15-1.25 т/т этилена). Процесс непрерывный в сравнении с термическим пиролизом в печах, который требует частой остановки для профилактического ремонта; практически отсутствуют выбросы в атмосферу газов сжигания топлива. Техничко-технологическая оценка показала, что предлагаемое решение по капиталоемкости существенно ниже существующих технических решений. Основная доля в структуре расходных показателей процесса окислительного дегидрирования этана приходится на сырье – этановую фракцию, которая составляет около 68%. В процессе окислительного дегидрирования этана осуществляется выработка насыщенного пара с давлением 4 МПа в количестве 3.57 т/т этилена, а также производится дополнительный продукт – технический азот в количестве (500 – 600 н.м³ на 1000 н.м³ этилена). На основании технико-экономического расчета, а также с учётом финансово-экономической модели рассчитаны показатели эффективности дегидрирования этана с блоком разделения с выделением этилена полимеризационной чистоты с: NPV = 1 568 750 тыс. руб., IRR = 24.3%, PI = 1.7, срок окупаемости = 8.4 лет, дисконтированный срок окупаемости = 9.9 лет. Разработаны исходные данные на проектирование демонстрационной установки ОДЭ.

Полученный комплекс данных подтверждает заложенный в новые технологии окислительной конверсии низших парафинов в синтез газ и окислительного дегидрирования этана в этилен принцип «chemical looping» – «химический цикл» с отдельной подачей сырья и окислителя и служит основой для перехода к разработке крупномасштабной установки с целью отработки инженерных принципов промышленной технологии.

Список литературы:

1. Yerrayya A., Suresh P.V. Journal of Industrial Pollution Control. 2016. Vol. 32. N 1. P. 390.
2. Герзелиев И.М., Усачев Н.Я., Попов А.Ю., Хаджиев С.Н. Нефтехимия. 2011. Том 51. № 6. С. 420.
3. Fleischer V., Littlewood P., Parishan S., Schomäcker R. Chemical Engineering Journal. 2016. Vol. 306. P. 646.
4. Bakare I.A., Mohamed S.A., Al-Ghamdi S., Razzak S.A., Hossain M.M., de Lasa H.I. Chemical Engineering Journal. 2015. Vol. 278. P. 207.
5. Neal L. M., Yusuf S., Sofranko J. A., Li F. Energy Technology. 2016. V. 4. N 10. P. 1200.

ВОЗОБНОВЛЯЕМОЕ СЫРЬЕ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И МОНОМЕРОВ. КАТАЛИЗ В ЗЕЛЕННОЙ ХИМИИ

Цодиков М.В., Чистяков А.В., Федотов А.С., Константинов Г.И., Гехман А.Е.
RENEWABLE RAW MATERIALS AS AN ADDITIONAL SOURCE OF ENERGY CARRIERS AND MONOMERS. CATALYSIS IN GREEN CHEMISTRY

ФГБУН Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН

E-mail: tsodikov@ips.ac.ru

В докладе представлены результаты, полученные в последние годы в лаборатории Каталитических нанотехнологий ИНХС РАН. Работы по гетерогенно - каталитическому направлению были проведены по следующим основным направлениям:

- гомологенизация этанола в 1-бутанол и более высокомолекулярные линейные первичные спирты; высокоселективная деоксигенация растительных масел и липидов, выделенных из микроводорослей;

- паровой и углекислотный риформинг метана и продуктов ферментации биомассы в синтез-газ и ультра чистый водород на гибридном мембранно-каталитическом конвертере;

- превращение устойчивых органических субстратов нефтяного и природного происхождения таких как лигнин, мазут и гудрон в плазменно-каталитическом режиме, стимулированным микроволновым излучением.

В сверхкритическом состоянии этанол превращается в 1-бутанол в присутствии катализаторов на основе $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, модифицированных нанесенными наноразмерными моно- и биметаллическими кластерами металлов IB, IIB, VIIIВ групп Периодической системы элементов. При селективности близкой к 100% выход 1-бутанола достигает 60% [1-3]. В развитии реакции самоконденсации этанола были разработаны подходы к высокоселективной кросс-конденсации различных алифатических оксигенатов, таких как, например, этанол с изопропанолом в пентанол-2 и практически важной реакции ванилина с изопропанолом/ацетоном в зингерон/дегидрозингерон, являющихся важными компонентами ряда медицинских препаратов.

Найдено, что в присутствии $[\text{Pt-5Sn}]/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ каталитической системы протекает высокоселективная восстановительная деоксигенация липидов, выделенных из масел растительного происхождения и микроводорослей. При практически исчерпывающей конверсии исходного сырья селективность в образовании органических фрагментов липидов превышает 96% [4,5].

Показано, что при использовании пористого конвертера с размером пор 1-3 мм, поверхность внутренних каналов которого модифицирована наноразмерными [Ni-Co]-содержащими каталитическими компонентами, удельная производительность в получении синтез-газа состава $H_2/CO \sim 1$ практически на порядок превышает производительность традиционного реактора с загруженным слоем гранулированного катализатора [6-8]. Режим принудительной диффузии паров субстратов через пространственно-ограниченный объем каталитических каналов способствует интенсификации протекания эндотермических реакций как результат повышения интенсивности контакта молекул сырья с поверхностью каталитически активных компонентов. Использование гибридного реактора, состоящего из пористого конвертера с вставленной Pd-Ru мембранной, позволяет в ходе риформинга выделять высокоочищенный водород, обеспечивая повышение конверсии органического сырья.

Разработаны оригинальные подходы к плазменно-каталитическому режиму конверсии высокоустойчивого остаточного сырья растительного и нефтяного происхождения, такие как лигнин, мазут и гудрон. Время превращения органических субстратов составляет 20-25 мин. Найдены и разработаны каталитические системы, обладающие повышенной способностью к поглощению микроволнового излучения. Показано, что нанесение на поверхность лигнина 0.5 мас.% железосодержащих кластеров приводит к существенному увеличению поглощения микроволнового излучения с быстрым возникновением пробойных эффектов и генерированием плазмы [9,10]. Изучение структуры железосодержащего компонента методами ПЭМ, рентгеновской дифракции и мессбауэровской спектроскопии показало, что железо формируется на поверхности в виде частиц оксида Fe_2O_3 с размером 5-6 нм и химически связано с поверхностным кислородом лигнина. При увеличении количества наносимого железа наблюдается фазовое расслоение и снижение способности к поглощению МВИ.

Обнаружено, что лигнин, содержащий 0.5 мас.% наноразмерных частиц Fe_xO_y , в процессе углекислотного риформинга превращается в синтез-газ состава $H_2/CO \sim 1$ с селективностью до 94%, а в среде водорода в жидкие фенолы, выход которых достигает 50% при суммарной конверсии 65% [11,12]. Разработан способ направленного формирования однородно-пористого адсорбента из углеродного остатка плазменно-каталитической деструкции лигнина, обладающего повышенной хемосорбционной способностью по отношению к производным фенола [13,14].

Степень превращения гудрона и мазута в широкий ряд углеводородов в плазменно-каталитическом режиме в присутствии углеродсодержащей каталитической

системы, обладающей повышенной способностью к поглощению микроволнового излучения, достигает 85 и 92%.

В процессе превращения смеси железосодержащего лигнина с гудроном и мазутом, взятых в равных объемах, конверсия достигает 75% с получением широкого ряда углеводов и фенолов, выкипающих до 350°C. В этих процессах железосодержащий лигнин обладает способностью к генерированию плазмы и одновременно является сырьевым объектом для получения углеводородных компонентов.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (Соглашение № 14 613.21.0073) и РНФ (Соглашение № 17-13-01270-П; 21-13-00457).

Литература

1. Tsodikov M.V., Kugel V.Ya., Slivinskii E.V., Zaikin V.G., Mordovin V.P., Colon G., Hidalgo M.C., Navio J.A. *Langmuir*. 1999. Vol. 15. №19. P. 6601-6604.
2. Tsodikov M.V., Yandieva F.A., Kugel V.Ya., Chistyakov A.V., Gekhman A.E., Moiseev I.I. Reductive dehydration of ethanol: a new route towards alkanes. *Catalysis Letters*. 2008. Vol. 121. N 3-4. P. 199- 208.
3. Nikolaev S.A, Chistyakov A.V., Chudakova M.V., Kriventsov V.V., Yakimchuk E.P., Tsodikov M.V. *Journal of Catalysis*. 2013. Vol. 297. P. 296-305.
4. Tsodikov M., Chistyakov A., Netrusov A. Catalytic valorization of biomass into fuels components and chemicals. Lap Lambert Academic Publishing RU (ISBN: 978-3-330-02357-4). 2017. 161 p.
5. Цодиков М.В., Чистяков А.В., Николаев С.А., Кривенцов В.В., Гехман А.Е., Моисеев И.И.. Перспективные каталитические реакции превращения биооксигенатов в компоненты топлив и мономеры. *Химия биомассы: биотоплива и биопластики»* (под ред. С.Д.Варфоломеева) “Научный мир”. М. 2017. 790 с.
6. Fedotov A.S., Antonov D.O., Bukhtenko O.V., Uvarov V.I., Kriventsov V.V., Tsodikov M.V. The role of aluminum in the formation of Ni-Al-Co-containing porous ceramic converters with high activity in dry and steam reforming of methane and ethanol. *Hydrogen Energy*. 2017. Vol. 30. P. 24131-24141.
7. Fedotov A.S., Antonov D.O., Uvarov V.I., Tsodikov M.V. Original hybrid membrane-catalytic reactor for the Co-Production of syngas and ultrapure hydrogen in the processes of dry and steam reforming of methane, ethanol and DME. *J. Hydrogen Energy*. 2018. [Vol. 43](#). № 14. P. 7046-7054.

8. Fedotov A.S., Konstantinov G.I., Uvarov V.I., Tsodikov M.V., Paul S., Heyte S., Simon P., Dumeignil F. The production of 1,3-butadiene from bio-1-butanol over Re-W/ α -Al₂O₃ porous ceramic converter. *Catalysis communication*. 2019. Vol. 128. P. 1-6.
9. Tsodikov M.V., Ellert O.G., Nikolaev S.A., Arapova O.V., Konstantinov G.I., Bukhtenko O.V., Vasilkov A.Yu. The role of nanosized nickel particles in microwave-assisted dry reforming of lignin. *Chemical Engineering Journal*. 2017. Vol. 309. P. 628-637.
10. Tsodikov M.V., Ellert O.G., Nikolaev S.A., Arapova O.V., Bukhtenko O.V., Maksimov Yu.V., Kirdyankin D.I., Vasil'kov A.Yu. Fe-containing nanoparticles used as effective catalysts of lignin reforming to syngas and hydrogen assisted by microwave irradiation. *Journal of Nanoparticle Research*. 2018. Vol. 20. №3. P. 86-101.
11. Tsodikov M.V., Arapova O.V., Chistyakov A.V., Konstantinov G.I. Dry reforming of kraft lignin under MWI action. *Chemical Engineering Transactions*. 2017. Vol. 57. P. 223-228.
12. Tsodikov M.V., Ellert O.G., Arapova O.V., Nikolaev S.A., Chistyakov A.V., Maksimov Yu.V. Benefit of Fe-containing catalytic systems for dry reforming of lignin to syngas under microwave radiation. *Chemical Engineering Transactions*. 2018. Vol. 65. P. 367-372.
13. Tsodikov M.V., Nikolaev S.A., Chistyakov A.V., Bukhtenko O.V., Fomkin A.A. Microwave-stimulated formation of porous adsorbents from carbon-containing processing residues of wood-based lignin. *Microporous and Mesoporous Materials*. 2020. Vol. 298.
14. Бондаренко Г.Н., Колбешин А.С., Либерман Е.Ю., Чистяков А.В., Пасевин В.И., Цодиков М.В. Особенности хемосорбции м-крезола на пористом железосодержащем сорбенте, полученном из углеродного остатка переработки лигнина. *Нефтехимия*. 2021. Том 61. №1. С. 92-98

КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ

Яковлев В.А.

CATALYTIC TECHNOLOGIES FOR PROCESSING PLANT BIOMASS

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: yakovlev@catalysis.ru

Современные тенденции развития ТЭК и химической промышленности подвергаются воздействию новых вызовов, к которым относятся требования увеличения доли возобновляемого сырья в общей сырьевой базы, выполнение принципов «зеленой химии», а также планы по введению импортной пошлины на углерод (Border Carbon Adjustment, BCA) – налога, направленного на защиту европейских производителей от более дешевого импорта из стран с менее строгой климатической политикой. Все эти тренды заставляют мировых производителей топлив и другой химической продукции искать и применять в своем производстве новые технологические подходы, которые бы с одной стороны сохранили свою конкурентоспособность, а с другой стороны позволили соответствовать современным тенденциям. В связи с этим разработка технологий переработки растительной биомассы не только в энергоносители, но и в продукты с высокой добавленной стоимостью приобретает дополнительную актуальность.

При этом технологический уровень переработки биомассы значительно ниже, чем в нефтепереработке и традиционной химической промышленности, ориентированной на ископаемое сырье. Это в свою очередь приводит к более высокой себестоимости биопродуктов. Высокая технологичность нефтепереработки и других химических процессов в том числе связана с применением каталитических процессов. Очевидно, что разработка технологий переработки возобновляемого сырья должна по возможности нацелена на мягкую интеграцию в существующую инфраструктуру химической и нефтеперерабатывающей промышленности.

Роль катализа в переработке биосырья представляется ключевой. Специфика перерабатываемого растительного сырья (как правило, сложная смесь соединений, высокое содержание кислорода, воды, низкая термическая стабильность, наличие различных функциональных групп в соединениях) накладывает определенные требования к катализаторам и условиям процесса в целом.

В связи с этим разработка катализаторов селективного гидрирования, окисления, а также для процессов этерификации, гидролиза и дегидратации продуктов первичной переработки является актуальной и представлена в данной работе. Под первичной переработкой следует понимать процессы быстрого пиролиза, экстракции,

отпарки, гидролиза, в результате которых растительная биомасса переходит в жидкое, растворенное состояние и может подвергаться дальнейшей каталитической переработке.

В работе сделан акцент на каталитическую переработку фурфурола – продукта гидролиза гемицеллюлоз, растительных липидов – триглицеридов жирных кислот, свободных жирных кислот, жидких продуктов быстрого пиролиза растительной лигноцеллюлозы, иловых осадков коммунальных очистных сооружений. В основе указанной переработки биосырья лежат процессы селективного гидрирования, гидрогенолиза, гидроизомеризации и крекинга. Отдельно необходимо рассмотреть каталитические процессы окислительной карбонизации биомассы и глубокого окисления отходов жизнедеятельности человека на примере иловых осадков очистных сооружений. Применение каталитических технологий позволяет решить с одной стороны проблему «углеродного следа», а с другой стороны, экологические проблемы с отходами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 17-73-30032, РФФИ проект № 14-13-12345.

ВНУТРИПЛАСТОВОЕ ДЕСТРУКТИВНОЕ ГИДРИРОВАНИЕ СМОЛИСТО-АСФАЛЬТЕНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ В ПРИСУТСТВИИ СОЕДИНЕНИЙ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Вахин А.В., Ситнов С.А., Мухаматдинов И.И., Нургалиев Д.К.
IN-SITU DESTRUCTIVE HYDROGENATION OF RESINS AND ASPHALTENES IN THE PRESENCE OF TRANSITION METAL COMPOUNDS DURING HYDROTHERMAL UPGRADING OF HEAVY OIL

Казанский федеральный университет, Казань

E-mail: yahin-a_v@mail.ru

Актуальной задачей является освоение месторождений высоковязкой нефти, низкая подвижность которой обусловлена значительным содержанием высококонденсированных соединений - асфальтенов и смол. Перспективно применение катализаторов, интенсифицирующих протекание реакций гидрирования, гидрогенолиза, гидролиза и крекинга смол и асфальтенов непосредственно в пористой среде породы-коллектора. Частичная конверсия наиболее высокомолекулярных компонентов тяжелой нефти в пласте обеспечивает снижение негативного воздействия на окружающую среду. В наибольшей степени проработанности является способ доставки каталитической системы в пласт путем закачки нефтерастворимых прекурсоров на основе переходных металлов (железо, медь, кобальт, никель и др.), из которых *in situ* формируется активная форма катализатора [1-2]. Природа металла обуславливает различную направленность и интенсивность каталитических превращений высокомолекулярных компонентов нефти [3-5]. Учитывая различную стоимость и доступность каталитически активных металлов необходимо создание композиционных каталитических систем и создание принципов их формулирования применительно к конкретному месторождению, характеризующемуся определенным составом нефти и параметрами породы-коллектора.

Показано, что при паротепловом воздействии на коллектор высоковязкой нефти соединения переходных металлов интенсифицируют в основном процессы деструкции наименее устойчивых связей углерод-гетероатом, а также связей углерод-углерод с открытием нафталинового кольца. Также происходит отрыв периферийных фрагментов от смол и асфальтенов с образованием алифатических и ароматических углеводородов, гетероатомных соединений, бензольных смол, что приводит к изменениям элементного, группового и фракционного составов нефти. Экспериментальное изучение влияния гидротермальных процессов на асфальтены нефтей разных типов подтвердило факт их деструкции с отрывом алкильных заместителей, что позволило рассматривать эти высокомолекулярные соединения в качестве потенциального источника легких

углеводородов. В результате химической конверсии смол и асфальтенов и внутрипластовой генерации легких углеводородов вязкость нефти необратимо снижается, что повышает коэффициент нефтеотдачи. На рис. 1 приведен механизм формирования активной формы катализатора.

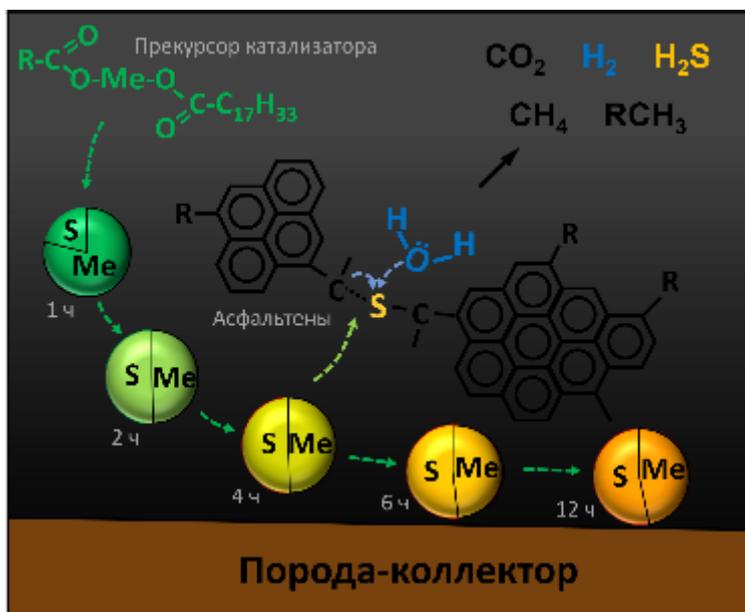


Рис. 1. Механизм формирования активной формы катализатора

Функционирование катализатора начинается после разложения нефтерастворимого прекурсора с образованием активной формы, состоящей из различных сульфидов соответствующих переходных металлов. Согласно СЭМ катализатор представляет собой нанодисперсные частицы размером $\approx 80-100$ нм. Существенного влияния продолжительности эксперимента на дисперсность частиц не зафиксировано.

Состав газовой фазы скачкообразно изменяется при температуре более $250^{\circ}C$. Образуются углеводородные газы метанового ряда. Это свидетельствует о процессах конверсии высокомолекулярных углеводородов нефти.

В составе ароматической фракции экстракта наблюдаются выраженные изменения при температуре $300^{\circ}C$. Паротепловое воздействие обеспечивает увеличение количества моноароматических соединений. Это продукты деструкции смол и асфальтенов по наименее устойчивым связям углерод-гетероатом в мостиковых структурах.

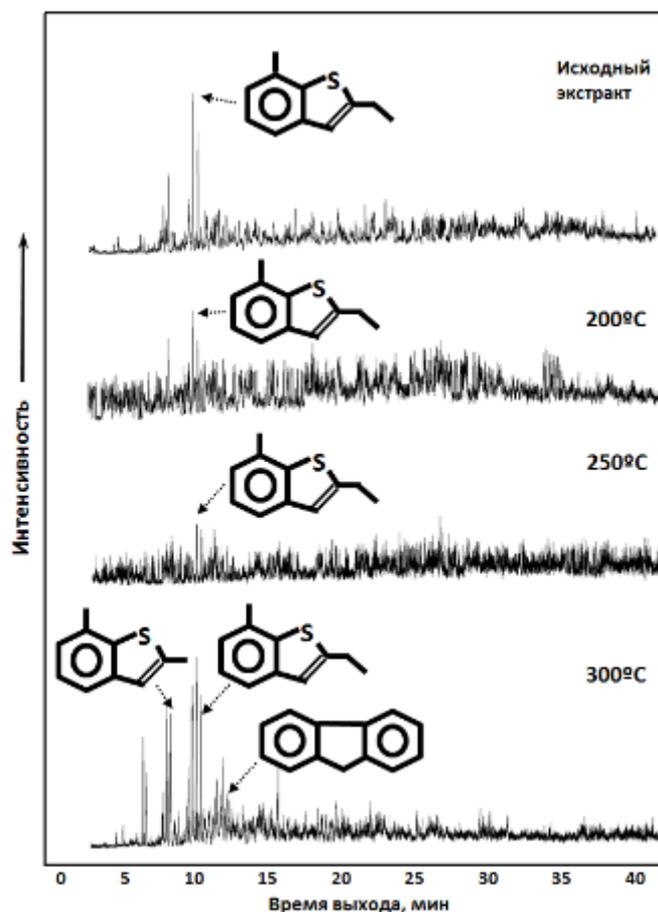


Рис. 2. Состав ароматической фракции нефти после термокаталитического воздействия в присутствии катализатора акватермолиза

Молекулярно-массовое распределение нефти после паротеплового воздействия без и с добавками катализатора. Из данных SARA-анализа следовало, что общее содержание асфальтенов при выбранных условиях экспериментов практически не снижается, в отличие от смол. Однако, как видно из рисунка паротепловое воздействие совместно с катализаторами акватермолиза приводит к значительному снижению их молекулярной массы. На данных графиках асфальтенам нефти соответствует участок около 1000m/z.

Только результатом каталитической интенсификации процесса разрыва связей углерод-гетероатом в молекулах смол и асфальтенов является новообразование ди- и три-ароматических соединений. Они индивидуальны для каждого месторождения, в зависимости от генезиса органического вещества.

Сопоставление состава фракции ароматических углеводородов нефти до закачки катализатора и после докажет каталитическую роль закачанного катализатора в облагораживании нефти. При использовании катализатора уменьшается не только доля

смола, но и повышается степень конверсии асфальтенов. Катализатор существенно проявляет свою активность при 300°C. Доля асфальтенов снижается за счет отрыва алифатических и ароматических фрагментов и снижения их молекулярной масс в результате разрыва связей углерод-гетероатом.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения № 075-15-2020-931 о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты».

Литература

1. Maity S.K., Ancheyta J., Marroquin G. Catalytic Aquathermolysis Used for Viscosity Reduction of Heavy Crude Oils: A Review. *Energy Fuels*. 2010. Vol. 24. P. 2809–2816.
2. Корнеев Д.С., Меленевский В.Н., Певнева Г.С., Головкин А.К. Групповой состав углеводородов и гетероатомных соединений в продуктах ступенчатого термолиза асфальтенов нефти Усинского месторождения. *Нефтехимия*. 2018. Том 58. № 2. С. 130-136.
3. Тополюк Ю.А., Максимов А.Л., Колягин Ю.Г. Каталитическая активность полученных *in situ* MoW₂Ni-сульфидов в реакциях гидрирования ароматических углеводородов // *Журнал физической химии*. 2017. Том 91. № 2. С. 205-212.
4. Mukhamatdinov I.I., Salih I.S.S., Rakhmatullin I.Z., Sitnov S.A., Laikov A.V., Klochkov V.V., Vakhin A.V. Influence of Co-based catalyst on subfractional composition of heavy oil asphaltenes during aquathermolysis. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2020. Vol. 186. 106721.
5. Vakhin A.V., Aliev F.A., Mukhamatdinov I.I., Sitnov S.A., Kudryashov S.I., Afanasiev I.S., Petrashov O.V., Nurgaliev D.K. Extra-heavy oil aquathermolysis using nickel-based catalyst: some aspects of in-situ transformation of catalyst precursor. *Catalysts*. 2021. Vol. 11. I.2. №189. P. 1-22.

SAPO-11 проявлял наибольшую селективность изомеризации (>90% при 320°C) и обеспечивал глубину изомеризации более 50% при крекинге менее 10%. Катализатор, содержащий цеолит Y (5%), проявляя меньшую интегральную активность, при 320°C катализатор обеспечил глубину изомеризации порядка 40%, при этом крекинг не превышал 20%. Различия в каталитических свойствах катализаторов напрямую связаны с их физико-химическими свойствами. Образцы NiMo/Al₂O₃+SAPO-11 (40%) и NiMo/Al₂O₃-Y (5%) характеризуются умеренной кислотностью - суммарное содержание кислотных центров по ТПД аммиака составляет 843 и 668 мкмоль/г, соответственно, благодаря чему проявляют большую изомеризующую активность по сравнению с крекирующей.

Таблица 4. Константы скоростей и энергии активации реакций изомеризации и крекинга н-гексадекана при различных температурах процесса в присутствии катализаторов на носителях, модифицированных цеолитом Y и SAPO-11

Катализатор	$k \times 10^5, \text{мол} \times \text{г}^{-1} \times \text{ч}^{-1}$					
	320 °C		340 °C		360 °C	
	iso	cr	iso	cr	iso	cr
NiMo/Al ₂ O ₃	0.4	-	0.8	-	1.3	-
NiMo/Al ₂ O ₃ +SAPO-11 (40%)	19.2	5.0	41.5	9.2	68.9	16.0
NiMo/Al ₂ O ₃ -Y (40%)	1.2	3.3	2.4	6.0	4.3	10.1
NiMo/Al ₂ O ₃ -Y (20%)	8.8	3.8	17.0	7.0	29.0	12.3
NiMo/Al ₂ O ₃ -Y (5%)	7.1	8.0	14.1	16.0	24.0	27.0

Каталитические свойства напрямую зависят от используемой цеолитной добавки. Цеолиты Beta и ZSM-5 приводят к преимущественному образованию продуктов крекинга это может быть связано с особенностями их кристаллической структуры и высокой кислотностью. Цеолит Y показал себя как потенциально более доступный аналог SAPO-11, особенно для случаев, когда необходим дополнительный легкий гидрокрекинг. И, что самое важное, катализатор на основе Y показал наибольшую удельную активность на количество цеолитной добавки, что может быть связано с большим размером микропор и умеренной кислотностью.

Работа выполнена за счет средств Российского Научного Фонда (Соглашение № 19-79-10016).

Литература

1. Pimerzin A. A. et al. Catalysis Today. 2019. Vol. 329. P. 71.

СПОНСОР КОНФЕРЕНЦИИ



LECO Corporation более 85 лет производит надежное оборудование для решения различных аналитических задач: от рутинных промышленных элементных анализаторов до сложнейших научно-исследовательских хромато-масс-спектрометрических комплексов с времяпролетными масс-анализаторами высокого разрешения. Представительства компании во всем мире, в том числе и в России, обеспечивают не только поставку приборов и всех необходимых расходных материалов, но также полную методическую и техническую поддержку, гарантийное и сервисное обслуживание. Оборудование LECO имеет международный сертификат качества ISO-9001, а также внесено в Государственный реестр средств измерений РФ. В этом году компания представила новое поколение оборудования, в котором сочетается многолетний опыт создания надежных высокотехнологичных решений и инновационные подходы для достижения новых абсолютно уникальных характеристик. Узнать об этом подробнее можно на сайте ru.leco.com.

LECO Corporation предлагает широкий спектр аналитического оборудования, включая элементные анализаторы для органических и неорганических материалов, калориметры, спектрометры тлеющего разряда, термогравиметрические анализаторы, металлографические комплексы и испытательное оборудование. Будучи признанным мировым лидером в анализе угля, кокса и нефтепродуктов LECO предлагает аналогичные готовые решения для контроля качества биомассы и альтернативных видов топлива. В линейке оборудования представлены анализаторы для определения CHNOS в органических и неорганических образцах методами сжигания и плавления, приборы для определения золы/влаги/летучих компонентов, теплотворной способности и многие другие. К примеру, ряд нефтеперерабатывающих заводов России используют в своих лабораториях приборы LECO для анализа катализаторов крекинга, поскольку стандартный метод UOP 703-09 "Определения содержания углерода в катализаторах с помощью индукционной печи и инфракрасного детектора" напрямую предписывает именно использование элементных анализаторов LECO.

Компания LECO известна в мире также своими инновациями в области хромато-масс-спектрометрии. Стратегия в развитии ГХ/МС-приборов позволила таким образом усовершенствовать метод, что это открыло пользователям абсолютно новые возможности. Хромато-масс-спектрометры LECO серии Pegasus – это пример сочетания уникальных технологий: двумерной газовой хроматографии с высокоскоростным

времяпролетным масс-спектрометрическим детектированием высокого и субноминального разрешения.

Такие хромато-масс-спектрометры используются во всем мире для глубокого изучения каталитических процессов в переработке нефти и возобновляемого сырья, оптимизации технологических стадий и отслеживания изменения химического состава от сырья до готовой товарной продукции, установления взаимосвязи эксплуатационных характеристик и химического состава получаемых нефтепродуктов, распознавания использованных процессов промышленной переработки по химическому составу образцов продукции, определения регионов добычи сырой нефти по биомаркерам и диагностическим индексам, установления источников аварийных разливов в случае их обнаружения, исследования также и нетрадиционных запасов углеводородов, определения происхождения, степени зрелости распределенного органического вещества и нефтеносности горных пород, получения обобщенных данных по структурно-групповому составу и детализированной информации по содержанию целевых компонентов, таких как серо-, азот-, хлор- или кислородсодержащие вещества, а также для решения многих других задач.

Использование хромато-масс-спектрометров, в которых установлен планарный многоотражательный времяпролетный масс-анализатор, позволяющий регистрировать с большой скоростью масс-спектры высокого разрешения, позволяет с большой степенью достоверности проводить идентификацию веществ, как по точным массам молекулярных и фрагментных ионов, так и по неискаженным интенсивностям пиков изотопных кластеров. Встроенные в программное обеспечение инструменты для классификации компонентов по точным массам или другим особенностям масс-спектров, построения диаграмм по дефектам масс, эквивалентам двойных связей и соотношению элементов дают пользователю важную дополнительную информацию. В случае масс-анализаторов субноминального разрешения важным преимуществом является открытый дизайн ионного источника, который предотвращает его от загрязнения даже при работе со сложными многокомпонентными образцами. Высокая скорость регистрации масс-спектров данных типов анализаторов дает возможность технически реализовать принцип полной двумерной газовой хроматографии.

Полученные результаты демонстрируют, что благодаря сочетанию двумерной хроматографии и времяпролетному масс-спектрометрическому детектированию высокого и субноминального разрешения в приборах LECO, а также благодаря применению специализированного программного обеспечения LECO ChromaTOF для визуализации больших объемов данных и ускорения обработки полученных результатов, пользователи получают уникальные преимущества при анализе сложных многокомпонентных объектов, какими являются нефть и продукты ее переработки.

Представительство LECO Corporation в России и странах СНГ

115280 Москва, 1-й Автозаводский проезд, д. 4, корпус 1

<https://ru.leco.com> E-mail: ms_ru@leco.com

Тел.: +7(495) 710-38-18 / 24 / 25