

# Химия и технология топлив и масел

## 4(602)'2017

Научно-технический журнал  
Издается с 1956 года  
Выходит один раз в два месяца

Свидетельство о регистрации  
№ 01441.  
Выдано 4 августа 1992 г.  
Министерством печати  
и информации  
Российской Федерации

Издатель —  
Международный центр науки и технологий  
«ТУМА ГРУПП»

Издается в США фирмой  
«Springer Science + Business Media, Inc.»

Английская версия включена в ведущие  
мировые реферативные базы данных

Главный редактор  
**А. И. Владимиров** – к.т.н., проф.

Зам. главного редактора  
**Б. П. Туманян** – д.т.н., проф.

Редакционная коллегия  
**С. Н. Волгин** – д.т.н., проф.  
**И. Б. Грудников** – д.т.н., проф.  
**Ю. Л. Ищук** – д.т.н., проф. (Украина)  
**И. П. Карлин** – д.х.н., проф.  
**В. Л. Лашхи** – д.т.н., проф.  
**А. Лукса** – д.т.н., проф. (Польша)  
**А. М. Мазгаров** – д.т.н., проф.  
**В. А. Рябов** – Генеральный  
директор Ассоциации  
нефтепереработчиков России  
**Е. П. Серегин** – д.т.н., проф.

Издается в Российском  
государственном университете  
нефти и газа им. И. М. Губкина

Включен в перечень изданий  
Высшей аттестационной комиссии  
Министерства образования  
и науки РФ

## Содержание

### ТЕХНОЛОГИИ

*Р. З. Сафиева, А. В. Ставицкая, Э. О. Сафиева, Т. Н. Александрова.* 3  
Новые приемы снижения содержания серы в нефтяном коксе

*И. С. Хомяков, А. М. Горшков, Т. А. Герасина.* 8  
Процесс получения высокооктановых компонентов  
моторных топлив из прямогонных бензинов  
на модифицированных цеолитных катализаторах

### КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ

*И. М. Зайдуллин, Г. Р. Валиева, А. Х. Алиев,  
А. И. Лахова, А. В. Вахин, С. М. Петров.* 12  
Влияние структуры дисперсной системы тяжелой нефти  
на ее реологические свойства в условиях паротеплового воздействия

### КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ

*Е. С. Бурдакова, В. В. Петров.* 18  
Исследование процессов закоксовывания и регенерации алюмо-  
никельмолибденового катализатора гидроочистки, сульфидированного  
трет-бутилполисульфидом и диметилдисульфидом

### НЕФТЕХИМИЯ

*Р. Н. Загидуллин, В. А. Идрисова, С. Н. Загидуллин.* 23  
Разработка технологии получения новых беззолных  
полимерных присадок — имидопроизводных янтарной кислоты

### ХИММОТОЛОГИЯ

*М. А. Мамедьяров, Ф. Х. Алиева,  
С. Ф. Ахмедбекова, Н. А. Джавадова.* 26  
Влияние структурной специфичности синтетических масел  
на базе эфиров вицинальных дикарбоновых кислот  
на их термоокислительную стабильность

### ИССЛЕДОВАНИЯ

*С. М. Петров, Г. П. Каюкова, А. И. Лахова, И. М. Зайдуллин,  
Д. А. Ибрагимова, Н. Ю. Башкирцева.* 31  
Низкотемпературное окисление тяжелой нефти  
в карбонатной среде с ацетилацетонатом кобальта (III)

*А. В. Вахин, Я. В. Онищенко, Н. А. Назимов, Р. У. Кадыров.* 38  
Трансформация состава подвижных углеводородов  
доманиковых отложений Волго-Уральской нефтегазоносной провинции  
при термическом воздействии

*Ми Цяньбо, Ли Ченун, И Сяньги, Чжоу Цзунь.* 44  
Исследование новейших вязкоупругие самоотклоняющихся  
кислотных систем на поверхностно-активных веществ  
в кислотной обработке карбонатов

### ЭКОЛОГИЯ

*З. Т. Дмитриева.* 50  
О регенерации использованных нефтепродуктов

### МЕТОДЫ АНАЛИЗА

*Л. В. Железный, Г. С. Поп, А. А. Мележик,  
И. А. Венгер, А. А. Папейкин.* 53  
Метод оценки адгезионных свойств смазок

# Chemistry and Technology of Fuels and Oils

## 4(602)'2017

Head Editor

**A. I. Vladimirov** – Cand. Eng. Sci., prof.

Associate Editor

**B. P. Tumanyan** – Dr. Eng. Sci., prof.

Editorial Board

**S. N. Volgin** – Dr. Eng. Sci., prof.

**I. B. Grudnikov** – Dr. Eng. Sci., prof.

**Yu. L. Ishchuk** – Dr. Eng. Sci., prof.  
(Ukraine)

**I. P. Karlin** – Dr. Chem. Sci., prof.

**V. L. Lashkhi** – Dr. Eng. Sci., prof.

**A. Luksa** – Dr. Eng. Sci., prof. (Poland)

**A. M. Mazgarov** – Dr. Eng. Sci., prof.

**V. A. Ryabov** – Director General of the Oil Refiners and Petrochemists Association

**E. P. Seregin** – Dr. Eng. Sci., prof.

Publisher— ICST «TUMA Group» LLC

Редактор

**В. С. Дмитриева**

Ответственный секретарь

**О. В. Любименко**

Графика и верстка

**В. В. Земсков**

Подготовка материалов

**С. О. Бороздин**

Адрес редакции:

119991, ГСП-1, Москва, В-296,  
Ленинский просп., 65. РГУ нефти и газа  
им. И. М. Губкина, редакция «ХТТМ»

Телефон/факс: (499) 507-80-45

e-mail: [htm@list.ru](mailto:htm@list.ru)

Материалы авторов не возвращаются.

Редакция не несет ответственности  
за достоверность информации  
в материалах, в том числе  
рекламных, предоставленных  
авторами для публикации.

Формат 60 × 84 1/8.

Печать офсетная.

Усл. печ. л. 7.

Тираж 1000 экз.

Отпечатано ООО «Стринг»

E-mail: [String\\_25@mail.ru](mailto:String_25@mail.ru)

## Contents

### TECHNOLOGIES

*R. Z. Safieva, A. V. Stavitskaya, E. O. Safieva, and T. N. Aleksandrova.* 3  
New Methods of Reducing Sulfur Content in Petroleum Coke

*I. S. Khomyakov, A. M. Gorshkov, and T. A. Gerasina.* 8  
Process of Producing High-Octane Motor Fuel Components  
from Straight-Run Gasolines on Modified Zeolite Catalysts

### COLLOID CHEMISTRY

*I. M. Zaidullin, G. R. Valieva, A. Kh. Aliev,* 12  
*A. I. Lakhova, A. V. Vakhin, and S. M. Petrov.*  
Influence of the Structure of Heavy Oil Disperse System  
on Its Rheological Properties under Steam-Heat Impact Conditions

### KINETICS AND CATALYSIS

*E. S. Burdakova and V. V. Petrov.* 18  
Study of Processes of Coking and Regeneration  
of Al-Ni-Mo Hydrofining Catalyst Sulfidized  
by Tert-Butyl Polysulfide and Dimethyl Disulfide

### PETROLEUM CHEMISTRY

*R. N. Zagidullin, V. A. Idrisova, and S. N. Zagidullin.* 23  
Development of a Technology for Producing New Ashless Polymer Additives  
Like Imido Derivatives of Succinic Acid

### CHEMMOTOLOGY

*M. A. Mammadyarov, F. Kh. Aliyeva,* 26  
*S. F. Akhmedbekova, and N. A. Javadova.*  
Influence of Structural Specificity of Synthetic Oils Based  
on Vicinal Dicarboxylic Acid Esters on Their Thermooxidative Stability

### RESEARCH

*S. M. Petrov, G. P. Kayukova, A. I. Lakhova, I. M. Zaidullin,* 31  
*D. A. Ibragimova, and N. Yu. Bashkirtseva.*  
Low-Temperature Oxidation of Heavy Oil in Carbonate Medium Using Cobalt (III)  
Acetylacetonate as Catalyst

*A. V. Vakin, Ya. V. Onishchenko, N. A. Nazimov, and R. U. Kadyrov.* 38  
Transformation of Composition of Mobile Hydrocarbons  
of Domanik Deposits of Volga-Ural Oil- and Gas-Bearing Province  
under Thermal Action

*Mi Qiangbo, Li Chengyong, Yi Xiangyi, and Zhou Jun.* 44  
Research on a Novel Viscoelastic Surfactant-Based Self-Diverting  
Acid System in Carbonate Acidizing

### ECOLOGY

*Z. T. Dmitrieva.* 50  
Regeneration of Used Petroleum Products

### METHODS OF ANALYSIS

*L. V. Zhelezhnyi, G. S. Pop, A. A. Melezhik,* 53  
*I. A. Venger, and A. A. Papeikin.*  
A Method for Appraising Adhesive Properties Of Lubricants

**Р. З. Сафиева<sup>1,3</sup>, А. В. Ставицкая<sup>1</sup>, Э. О. Сафиева<sup>2</sup>, Т. Н. Александрова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина,

<sup>2</sup>Институт биохимической физики РАН имени Н.М.Эмануэля, Москва,

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский горный университет,

E-mail: safieva@mail.ru

### **Новые приемы снижения содержания серы в нефтяном коксе**

*Работа посвящена поиску новых эффективных методов снижения содержания серы в сыром нефтяном коксе. Показано, что под действием реакционноспособной промежуточной частицы дихлоркарбена (или хлоркарбена), получаемой в условиях межфазного катализа из хлороформа (или хлористого метилена) и гидроокиси натрия, происходит разрушение C–S-связей ряда индивидуальных серосодержащих соединений с образованием продуктов реакций, идентифицированных классическими методами. Проведена серия опытов с использованием сырого нефтяного кокса, характеризующегося высоким содержанием серы (4,3%), в условиях межфазного катализа и показано, что при оптимизации условий (интенсификация массообмена с применением катализатора межфазного переноса и/или ультразвука) возможно снижение содержания серы в исходном коксе до 2%.*

**Ключевые слова:** нефтяной кокс, межфазный перенос, дихлоркарбен, ультразвук, снижение содержания серы.

*The objective of this work was to find new efficient methods of reducing sulfur content in crude petroleum coke. It is demonstrated that action of reactive intermediate particles of dichlorocarbene or chlorocarbene produced from chloroform or methylene chloride under interphase catalysis conditions and sodium peroxide causes breakdown of the C–S bonds of some individual sulfur compounds with formation of reaction products identifiable by classical methods. Further, a series of experiments were conducted using crude petroleum coke having high sulfur content (4.3%) under interphase catalysis conditions and it was found that under optimized conditions (intensification of mass transfer using interphase transfer catalysis and/or ultrasound) the sulfur content in the original coke can be reduced to 2% level, which comprises more than 50% of the initial content.*

**Key words:** petroleum coke, dichlorocarbene, chlorocarbene, methylene chloride, interphase transfer, interphase catalysis, ultrasound, reducing sulfur content.

**И. С. Хомяков, А. М. Горшков, Т. А. Герасина**

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

E-mail: Khomyakov\_i.s@mail.ru

### **Процесс получения высокооктановых компонентов моторных топлив из прямогонных бензинов на модифицированных цеолитных катализаторах**

*Исследовано влияние добавок микро- и наноразмерных порошков диоксида церия на кислотные и каталитические свойства высококремнеземного цеолита типа MFI в процессе получения высокооктановых компонентов моторных топлив из прямогонных бензинов газового конденсата. Введение модифицирующих добавок в исходный цеолит позволяет увеличить его каталитическую активность и концентрацию кислотных центров. Введение 1% мас. промотирующей добавки наноразмерного порошка диоксида церия в*

цеолит позволяет увеличить выход аренов в жидком катализате на 4–7% мас., а ОЧ получаемого жидкого катализата — на 2–3 пункта по ИМ. Показано, что цеолит, модифицированный микроразмерным порошком  $\text{CeO}_2$ , обладает похожими каталитическими и кислотными свойствами по сравнению с цеолитом, модифицированным наноразмерным порошком диоксида церия.

**Ключевые слова:** прямогонный бензин, газовый конденсат, высокооктановые компоненты, цеолит MFI, ароматические углеводороды.

*The effect of micro- and nano-sized  $\text{CeO}_2$  powder additives on acidic and catalytic properties of MFI (modernite-framework-inverted) type of high-silicon zeolite in the process of production of high-octane motor fuel components from straight-run gasolines of gas condensate is studied. Addition of modifying agents to the original zeolite promotes its catalytic activity and concentration of acid centers. Addition of 1 wt. % of promoting additives of nano-sized  $\text{CeO}_2$  powder to zeolite enhances yield of arenes in the liquid catalyzate by 4-7 wt. % and octane number (ON) of the obtained catalyzate by 2-3 points in terms of RON. It is shown that zeolite modified by micro-sized  $\text{CeO}_2$  powder possesses similar catalytic and acidic properties as does zeolite modified by nano-sized  $\text{CeO}_2$  powder.*

**Key words:** straight-run gasoline, gas condensate, high-octane components, zeolite, MFI, aromatic hydrocarbons.

**И. М. Зайдуллин<sup>1</sup>, Г. Р. Валиева<sup>1</sup>, А. Х. Алиев<sup>1</sup>, А. И. Лахова<sup>1</sup>, А. В. Вахин<sup>2</sup>, С. М. Петров<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет,

<sup>2</sup>Казанский (приволжский) федеральный университет,

E-mail: Lfm59@mail.ru

### **Влияние структуры дисперсной системы тяжелой нефти на ее реологические свойства в условиях паротеплового воздействия**

*Установлены особенности строения и состава углеводородных дисперсных систем в различных типах тяжелых нефтей после паротеплового воздействия, в том числе с использованием легкокипящих углеводородов. Разработаны методологические подходы для определения стабильности тяжелых углеводородных ресурсов в зависимости от состава и строения их дисперсных систем. На основе теоретических представлений о нефтяных дисперсных системах количественно охарактеризован их состав. Отличительной особенностью нефтей, обладающих низкой вязкостью, является более высокая степень сродства компонентов сольватной оболочки и дисперсионной среды. В результате дисперсионная среда в большей степени участвует в структурировании нефтяной дисперсной системы, что приводит к уменьшению степени дисперсности системы и снижению ее вязкости.*

**Ключевые слова:** нефтяная дисперсная система, тяжелая нефть, акватермолиз, групповой состав нефти, ИК-спектроскопия, энергия активации вязкого течения.

*The distinctive features of the structure and composition of hydrocarbon disperse systems in various types of heavy oils after steam and heat treatment, including use of low-boiling hydrocarbons, are determined. Methodological approaches are developed to determine the stability of heavy hydrocarbon resources as a function of composition and structure of the hydrocarbon disperse systems. Based on theoretical concepts of oil disperse systems, the composition of the latter is characterized quantitatively. A notable feature of low-viscosity oils is greater affinity of the*

*components of the solvate shell and the dispersion medium. As a result, the dispersion medium participates in cross-linking of the oil disperse system significantly, which leads to a decrease in dispersity of the system and in its viscosity.*

**Key words:** *oil disperse system, heavy oil, aquathermolysis, oil group composition, IR spectroscopy, viscous flow activation energy.*

***Е. С. Бурдакова, В. В. Петров***

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет,

E-mail: aiyankat@gmail.com

**Исследование процессов закоксовывания и регенерации алюмо-никельмолибденового катализатора гидроочистки, сульфидированного трет-бутилполисульфидом и диметилдисульфидом**

*Рассмотрены результаты исследования процессов закоксовывания и регенерации катализатора гидроочистки, активированного разными сульфидирующими агентами. Описаны методики активации катализатора в каталитической установке высокого давления трет-бутилполисульфидом и диметилдисульфидом. Произведены расчеты энергии активации реакции регенерации катализатора воздухом при различных скоростях нагрева на основе данных дифференциальной сканирующей калориметрии методом Киссинджера — Акахиры — Сэнэйс (KAS)*

**Ключевые слова:** катализатор гидроочистки, обессеривание, сульфидирование, сульфидирующей агент, трет-бутилполисульфид, диметилдисульфид, закоксовывание, каталитическая установка.

*The results of study of processes of coking and regeneration of hydrofining catalyst activated by various sulfidizing agents are analyzed. The procedures for activating catalyst in a high-pressure catalysis unit by tert-butyl polysulfide and dimethyl disulfide are described. The activation energy of the reaction of catalyst regeneration by oxygen is calculated for different heating rates, based on differential scanning calorimetric data.*

**Key words:** *hydrofining catalyst, desulfurization, sulfidizing, sulfidizing agent, tert-butyl polysulfide, dimethyl disulfide, coking, catalysis unit.*

***Р. Н. Загидуллин, В. А. Идрисова, С. Н. Загидуллин***

Институт прикладных исследований (г. Стерлитамак),

Уфимский государственный нефтяной технический университет,

E-mail: rais\_ipi@mail.ru

**Разработка технологии получения новых беззольных полимерных присадок — имидопроизводных янтарной кислоты**

*Разработана технология получения сукцинимидных присадок, обладающих моюще-диспергирующими и антикоррозионными свойствами, применяемых в составе смазочных масел для уменьшения образования углеродистых отложений на деталях двигателей внутреннего сгорания. Синтезированы новые алкиленамидосукцинимиды на основе N,N1-бис(β-этиламино)пиперазина и отхода производства*

терефталевой кислоты. Испытания показали, что новые присадки соответствуют техническим требованиям к сукцинимидным присадкам.

**Ключевые слова:** имид янтарной кислоты, алкиленсукцинимиды, полиальфаолефины, полимерная присадка, масла, терефталевые кислоты, полиамины.

*A technology has been developed to produce succinimide additives possessing deterging-dispersing and anticorrosion properties, which are usable in lubricating oils for reducing carbonaceous deposit formation on internal combustion engine parts. New alkylene imido succinimides based on  $N,N^1$ -bis(b-aminoethyl)piperazine and terephthalic acid production waste are synthesized. Tests showed that the new additives meet the technical specifications for succinimide additives.*

**Key words:** succinimide, alkylene succinimides, polyalphaolefines, polymer additive, oils, terephthalic acids, polyamines.

**М. А. Мамедьяров, Ф. Х. Алиева, С. Ф. Ахмедбекова, Н. А. Джавадова**

Институт нефтехимических процессов им. Ю. Г. Мамедалиева НАН Азербайджана,

E-mail: fatma-alieva@rambler.ru

**Влияние структурной специфичности синтетических масел на базе эфиров вицинальных дикарбоновых кислот на их термоокислительную стабильность**

*Синтезированы сложные эфиры вицинальных дикарбоновых кислот и показано, что специфичность их структуры играет важную роль. Изучена термоокислительная стабильность сложных эфиров вицинальных дикарбоновых кислот. Методом ИК-спектроскопии выявлено, что окисление протекает по связи C–H третичного атома углерода. Установлено, что связь C=C алкенов не участвует в процессе окисления.*

**Ключевые слова:** вицинальные эфиры, антиокислительные свойства, третичный атом, термоокислительная стабильность, ИК-спектроскопия.

*Esters of vicinal dicarboxylic acids are synthesized and the specificity of their structure is studied. The thermooxidative stability of the vicinal dicarboxylic acid esters is estimated. It is established by IR spectroscopy that the oxidation proceeds along the C–H bond of a tertiary carbon atom, and C=C bond of alkenes does not participate in the oxidation process.*

**Key words:** vicinal esters, antioxidative properties, tertiary atom, thermooxidative stability.

**С. М. Петров<sup>1,2</sup>, Г. П. Каюкова<sup>1,3</sup>, А. И. Лахова<sup>2</sup>, И. М. Зайдуллин<sup>2</sup>, Д. А. Ибрагимова<sup>1,2</sup>, Н. Ю. Баширцева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Казанский (приволжский) федеральный университет,

<sup>2</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет,

<sup>3</sup>Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова РАН,

E-mail: psergeim@rambler.ru

## **Низкотемпературное окисление тяжелой нефти в карбонатной среде**

### **с ацетилацетонатом кобальта (III)**

*Представлены результаты лабораторных экспериментов по моделированию процессов окисления тяжелой нефти в воздушно-кислородной среде с использованием в качестве катализатора ацетилацетоната кобальта при температурах и давлениях, характерных для тепловых методов добычи. Установлено, что в воздушно-кислородной среде при температуре выше 250°C в присутствии катализатора протекают процессы деструкции высокомолекулярных компонентов тяжелой нефти с образованием легкокипящих углеводородных фракций и кислородсодержащих соединений, что приводит к снижению плотности и вязкости преобразованной нефти. Кроме того, в продуктах опытов увеличено содержание асфальтенов и наблюдается наличие тонкодисперсных углистых веществ, что свидетельствует о протекании не только процессов крекинга, но и уплотнения. Результаты проведенных исследований выявили основные направления протекания реакций и превращений углеводородных компонентов тяжелой нефти в исследуемых системах, которые обуславливают возможность использования ацетилацетоната кобальта в качестве катализатора в технологиях внутрипластового низкотемпературного окисления тяжелой нефти в карбонатных коллекторах.*

**Ключевые слова:** термодеструкция, тяжелая нефть, ацетилацетонат кобальта, низкотемпературное окисление, крекинг, карбонатный коллектор.

*The results of laboratory experiments on modeling of heavy oil oxidation processes in air-oxygen environment using cobalt (III) acetylacetonate as catalyst at temperatures and pressures typical for thermal production methods are presented. It is established that, in air-oxygen environment at temperatures above 250°C in the presence of the catalyst, processes of degradation of high-molecular components of the heavy oil occur with formation of low-boiling hydrocarbon fractions and oxygen-bearing compounds, which reduces the density and viscosity of the transformed oil. Also, the products obtained in the experiments show increased asphaltene content and presence of finely disperse carbonaceous substances, which indicates occurrence not only of cracking, but also of condensation processes. The experimental data indicate the main directions of reactions and transformations of heavy oil hydrocarbon components in the studied systems, which provides the possibility of use of cobalt acetylacetonate as a catalyst in technologies of in-situ low-temperature oxidation of heavy oil in carbonate reservoirs.*

**Key words:** thermal degradation, heavy oil, cobalt acetylacetonate, low-temperature oxidation, cracking, carbonate reservoir.

**А. В. Вахин<sup>1</sup>, Я. В. Онищенко<sup>1</sup>, Н. А. Назимов<sup>2</sup>, Р. У. Кадыров<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет,

<sup>2</sup>ПАО «Татнефть»,

E-mail: vahin-a\_v@mail.ru

## **Трансформация состава подвижных углеводородов доманиковых отложений Волго-Уральской нефтегазоносной провинции при термическом воздействии**

*Установлены закономерности преобразования состава подвижных углеводородов образца породы доманиковых отложений Волго-уральской НГП. Проведен анализ ИК-спектров экстрактов, выделенных из*

породы после термического воздействия при различной температуре, а также смол и асфальтенов. Ароматичность асфальтенов экстремально возрастает с максимумом при температуре 250°C за счет протекания реакций деструкции алифатических заместителей и конденсации ароматических колец в условиях рекомбинации радикалов, что коррелирует с результатами группового анализа, по данным которого при этой температуре наблюдается и наибольшее содержание асфальтенов. Трансформация состава подвижных углеводородов связана с процессами перестройки состава и структуры нерастворимого органического вещества — керогена. Степень зрелости органического вещества доманиковых отложений, характеризующегося невысокой зрелостью, закономерно увеличивается с повышением температуры и достигает максимума при 350°C.

**Ключевые слова:** доманиковые продуктивные отложения, органическое вещество, кероген, битумоид, термическое воздействие, групповой анализ.

*The mechanisms of transformation of the composition of mobile hydrocarbons of the rock sample from the Domanik deposits of the Volga-Ural oil- and gas-bearing province (OGP) are established. An analysis has been made of the IR spectra of extracts obtained from the rock after thermal action at different temperatures as well as of resins and asphaltenes. The aromaticity of the asphaltenes increases extremally with a maximum at 250°C due to reactions of degradation of the aliphatic substituents and condensation of the aromatic rings under conditions of recombination of radicals, which correlates with the group analysis results, according to the data of which at this temperature maximum asphaltene content is observed. Transformation of the composition of mobile hydrocarbons is associated with processes of transformation of the composition and structure of the insoluble organic matter kerogen. The degree of maturity of the organic matter of the Domanik deposits, characterized by low maturity, increases steadily with rise of temperature and reaches the maximum at 350°C.*

**Key words:** Domanik producing deposits, organic matter, kerogen, bitumoid, thermal action, group analysis.

**Ми Цяньбо<sup>1</sup>, Ли Ченун<sup>1</sup>, И Сяньги<sup>1</sup>, Чжоу Цзунь<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>School of Energy Resource, Chengdu University of Technology, Chengdu, China

<sup>2</sup>Sinopec Research Institute of Petroleum Engineering, Beijing, China

E-mail: lichengyong1981@163.com

### **Исследование новейших вязкоупругие самоотклоняющихся кислотных систем на поверхностно-активных веществ в кислотной обработке карбонатов**

Для более активного ингибирования реакции и улучшения существующих вязкоупругих самоотклоняющихся кислотных систем (VDA) в данной работе была исследована новая VDA-система с внедрением дополнительного ПАВ — додецилбензолсульфоната натрия (сульфонол). Новая система загустевает при значении pH около 0,6 и достигает вязкости порядка 500 мПа·с. Без добавления сульфонола система загущалась при pH = 2,2, достигая итоговой вязкости в 403 мПа·с. Исследование кинетики реакции известняка с соляной кислотой показывают, что скорость реакции уменьшается. Тест текучести для сдвоенной керновой модели пласта показал, что при использовании VDA-растворов образовывались разветвленные протоки в обеих из них, в отличие от образования одного крупного канала при использовании 20% мас. раствора HCl в высокопроницаемом керне. Следовательно, при добавлении сульфонола требовался

меньший объем VDA-раствора для образования протоков. Исследование показывает, что новая VDA-система значительно снижает скорость реакции, улучшает распространение кислотного агента и имеет значительный потенциал практического использования.

**Ключевые слова:** кислотная обработка, вязкоупругие ПАВ, самоотклоняющиеся кислотные агенты, модель заводнения двухкernовых пластов.

*To enhance reaction retardation and improve conventional viscoelastic self-diverting acid (VDA) systems, a novel VDA system with addition of a cosurfactant, namely, sodium dodecyl benzene sulfonate (SDBS), is studied. The new system viscosifies at about 0.6 pH and attains a viscosity of about 500 mPa·sec. Without addition of SDBS the system viscosifies at 2.2 pH and reaches the final viscosity of 403 mPa·sec. Study of the kinetics of limestone-acid reaction showed that the reaction rate fell from  $1.37 \cdot 10^{-4}$  mol/(cm<sup>2</sup>·sec) for 20 wt. % of HCl solution to  $13.2 \cdot 10^{-6}$  and  $6.5 \cdot 10^{-6}$  mol/(cm<sup>2</sup>·sec) for VDA solution without and with addition of SDBS, respectively. The reaction rate constants (k) for negative sample control, VDA system I, and VDA system II were  $1.0740 \cdot 10^{-1}$  (mol/cm<sup>3</sup>)<sup>(-0.3092)</sup> (cm/sec),  $5.5221 \cdot 10^{-4}$  (mol/cm<sup>3</sup>)<sup>0.2822</sup>·(cm/sec), and  $6.3154 \cdot 10^{-5}$  (mol/cm<sup>3</sup>)<sup>0.5554</sup> (cm/sec), respectively. The dual-core flow test showed that wormholes were produced in both cores for VDA systems rather than a large single channel in high-permeability core when 20 wt. % of HCl solution is used. Thus, a smaller volume of SDBS is needed for formation of flows when VDA solution is added. The study revealed that the new VDA system retards reaction considerably, improves acid diversion, and has a tremendous potential for filed applications.*

**Key words:** acidizing, VDA system, viscoelastic surfactant, self-diverting acid, cosurfactant, SDBS, dual-core flooding.

### **З. Т. Дмитриева**

Институт химии нефти Сибирского отделения РАН (г. Томск),

E-mail: ztd@ipc.tsc.ru

### **О регенерации использованных нефтепродуктов**

*Обобщены известные технические решения регенерации отработанных топлив и масел. Исследован новый экстрагент на основе ортофосфорной кислоты и предложенный способ экстракционной очистки (рафинирования) отработанных промышленных масел и дизельного топлива. Предложены технологическая схема и лабораторно-опытный регламент процесса рафинирования (осветления) отработанных нефтепродуктов (отходов) в качестве углеводородного сырья.*

**Ключевые слова:** экстрагент, ортофосфорная кислота, отработанные промышленные масла, дизельное топливо, диспергирование, степень очистки масляных остатков.

*The known technical solutions for regeneration of used fuels and oils are generalized. A new extractant based on orthophosphoric acid is studied and a method for extractive cleaning (refining) of waste industrial oils and diesel fuel is proposed. A technological scheme and a laboratory experimental procedure of refining (clarifying) waste petroleum products as a hydrocarbon stock are proposed.*

**Key words:** extractant, orthophosphoric acid, waste industrial oils, diesel fuel, dispersion, degree of oil residue cleaning.

*Л. В. Железный<sup>1</sup>, Г. С. Поп<sup>1</sup>, А. А. Мележик<sup>2</sup>, И. А. Венгер<sup>1</sup>, А. А. Папайкин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт биоорганической химии и нефтехимии Академии наук Украины (Киев, Украина),

<sup>2</sup>Научно-производственное предприятие «ДИН ЛТД» (Киев, Украина),

E-mail: leonid\_zhelezny@mail.ru

#### **Метод оценки адгезионных свойств смазок**

*Представлен новый метод количественной оценки адгезионных свойств смазок и их дисперсионных сред, основанный на определении сил сцепления между смазкой и металлической поверхностью, а также между элементами структурного каркаса смазки при разрушающем действии центробежной силы. Представлены результаты исследования влияния типа базового масла и природы загустителя на адгезионные свойства смазок.*

**Ключевые слова:** смазка, адгезия, когезия, базовое масло, загуститель.

*A new method of quantitative appraisal of adhesive properties of lubricants and their dispersion media, which is based on determination of the forces of adherence between the lubricant and the metallic surface as well as between the elements of the structural framework of the lubricant under destructive impact of centrifugal force, is described. The results of investigation on the influence of the base oil type and the nature of the thickener on the adhesive properties of the lubricants are reported.*

**Key words:** lubricant, adhesion, cohesion, base oil, thickener.