

# Химия и технология топлив и масел

## 5(603)'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.  
**И. П. Карлин** – д.х.н., проф.  
**В. Л. Лашхи** – д.т.н., проф.  
**А. Лукас** – 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

### АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ.

#### Альтернативное топливо

- Я. А. Масютин, Ю. Ф. Гущина, Л. А. Иванова, Ю. В. Семенова, В. А. Винокуров.* 3  
Окислительная и радиационная предобработка лигноцеллюлозного сырья для получения биотоплив

#### ТЕХНОЛОГИИ

- А. Н. Грачев, М. А. Варфоломеев, Д. А. Емельянов, С. А. Забелкин, М. Ф. Гильфанов, Р. А. Нурияхметов.* 6  
Совместная термическая переработка тяжелой нефти и жидких продуктов быстрого пиролиза древесины для получения топлив и химических продуктов

#### ХИММОТОЛОГИЯ

- В. В. Остриков, В. И. Вигдорович, С. Н. Сазонов, Д. Н. Афоничев, К. А. Манаенков.* 11  
Исследование состава и свойств обкаточного масла, получаемого на основе отработанного моторного масла

#### ИССЛЕДОВАНИЯ

- Ал. А. Пимерзин, А. А. Роганов, П. А. Никульшин, А. А. Пимерзин.* 17  
Регенерация сульфидных CoMo катализаторов глубокой гидроочистки с использованием органических реагентов

- А. В. Вахин, С. А. Ситнов, И. И. Мухаматдинов, Я. В. Онищенко, Д. А. Феоктистов.* 24

Акватермолиз высоковязкой нефти в присутствии нефтерастворимого катализатора на основе железа

- Ю. А. Хамзин, Р. Р. Шириязданов, Э. Г. Теляшев, А. Р. Давлетшин.* 29  
Факторы определяющие стабильность катализаторов алкилирования на основе цеолитов Y

- И. И. Мухаматдинов, А. Ф. Кемалов, П. С. Фахретдинов.* 33  
Исследование реологических свойств дорожных битумов, модифицированных адгезионной присадкой

- Е. И. Алаторцев, А. А. Ботин, А. Р. Вартапетян, С. А. Леонтьева, В. А. Митягин, Е. В. Подлеснова.* 39  
Исследование химических процессов применения поглотителей сероводорода в нефти

#### МЕТОДЫ АНАЛИЗА

- Е. И. Алаторцев, С. А. Леонтьева, В. А. Митягин.* 43  
Новые подходы к исследованию термодинамических параметров нефтяных дисперсных систем

#### ОБЗОРЫ

- А. М. Данилов.* 46  
Работы в области присадок к топливам в 2011–2015 гг.

#### ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

- М. С. Котелев, З. В. Бобылева, И. А. Тиунов, Д. А. Шарипова, А. А. Новиков.* 57  
Исследование влияния условий переосаждения целлюлозы на ее адсорбционные свойства

- Сюэ Хэн, Чжао Лицян, Лю Пинли, Цуй Минюэ.* 60  
Моделирование и анализ распространения каналов в карбонатах с использованием моделей с различным числом измерений

- Ван Фэй, Су Цзину, Ван Чжитао.* 67  
Прогнозирование усадки здания в результате землетрясений с использованием регрессии на основе гауссова процесса

- Дэ Син Пэн.* 74  
Влияние неэтилированных бензино-биотопливных смесей на выбросы выхлопных газов

- Чень Чжаохой, Ли Инчуань, Се Итин, Ван Сюдун.* 78  
Миграция частиц в пласте, механизм закупоривания пор в неконсолидированном песчанике и управление выносом песка

- Ву Чженькунь, Хуан Цуе, Уань Кайцин, Ван Цянь.* 84  
Экспериментальное определение характеристик горения промышленно используемых биодизелей и 0-дизеля

- Линь Вэньцзе, Фан Ансюнь, Ли Сяолу, Чжоу Анцян.* 91  
Приготовление катализаторов Ni-Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> методом вакуумной пропитки и их применение в гидродесульфировании дибензотиофена

- Чжао Цяньчжун, Тянь Ацин, Чжао Аншэн, Лян Вэйго.* 96  
Экспериментальное изучение кинетики диссоциации газогидратов при температуре выше 0°C

- Чжан Тяньцзинь, Кун Сянцзи, Фэн Цянь, Сунь Тэнфэй.* 100  
Обоснование выбора диаметров НКТ и обсадных колонн на нефтяном месторождении

- Чжао Лицян, Пэй Усинь, Ду Гуанан, Вэнь Чжехао.* 105  
Новая технология гидравлического разрыва пласта самоотклоняющейся жидкостью, основанная на инверсивном фазовом превращении

# Chemistry and Technology of Fuels and Oils

## 5<sub>(603)</sub>'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.

**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,**

**А. Д. Остудин**

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

### CURRENT PROBLEMS

#### Alternative Fuels

Ya. A. Masyutin, Yu. F. Gushchina, L. A. Ivanova,  
Yu. V. Semenova, and V. A. Vinokurov. 3

Oxidative and Radiative Treatment of Lignocellulosic Materials for Producing Biofuels

#### TECHNOLOGIES

A. N. Grachev, M. A. Varfolomeev, D. A. Emel'yanov, 6

S. A. Zabelkin, M. F. Gil'fanov, and R. A. Nuriyakhmetov.

Joint Thermal Treatment of Heavy Oil and Liquid Products  
of Fast Wood Pyrolysis for Producing Fuels and Chemical Products

#### CHEMMOTOLOGY

V. V. Ostrikov, V. I. Vigdorovich, S. N. Sazonov, 11

D. N. Afonichev, and K. A. Manaenkov.

Study of the Composition and Properties of Rolling Oil Produced from Used Motor Oil

#### RESEARCH

Al. A. Pimerzin, A. A. Roganov, P. A. Nikul'shin, and A. A. Pimerzin. 17

Regeneration of CoMo Sulfide Exhaustive Hydrofining Catalysts  
Using Organic Reagents

A. V. Vakhin, S. A. Sitnov, I. I. Mukhamatdinov, 24

Ya. V. Onishchenko, and D. A. Feoktistov.

Aquathermolysis of High-Viscosity Oil in Presence  
of an Oil-Soluble Iron-Based Catalyst

Yu. A. Khamzin, R. R. Shiriyazdanov, E. G. Telyashev, and A. R. Davletshin. 29

Factors Determining Stability of Alkylation Catalysts Based on Y Zeolites

I. I. Mukhamatdinov, A. F. Kemalov, and P. S. Fakhretdinov. 33

Study of Rheological Properties of Road Asphalts Modified by an Adhesive Additive

E. I. Alatortsev, A. A. Votin, A. R. Vartapetyan, S. A. Leont'eva, 39

V. A. Mityagin, and E. V. Podlesnova.

Study of Chemical Processes of Use of Absorbers of Hydrogen Sulfide in Oil

#### METHODS OF ANALYSIS

E. I. Alatortsev, S. A. Leont'eva, and V. A. Mityagin. 46

New Approaches to Study of Thermodynamic Parameters of Oil Disperse Systems

#### REVIEWS

A. M. Danilov. 53

Research on Fuel Additives During 2011–2015

#### INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF OIL AND GAS

M. S. Kotelev, Z. V. Bobyleva, I. A. Tiunov, D. A. Sharipova, A. A. Novikov. 57

Impact of Cellulose Regeneration Conditions on Its Adsorptive Properties

Xue Heng, Zhao Liqiang, Liu Pingli, and Cui Mingyue. 60

Simulation and Analysis of Wormhole Propagation in Carbonates

Using Different Dimensions Continuum Model

Wang Fei, Su Jingyu, and Wang Zhitao. 67

Prediction of Building Settlements due to Earthquake-Induced Sand Liquefaction

Using Gaussian Process Regression Methodology

De-Xing Peng. 74

Effect of Unleaded Gasoline-Biofuel Blends on Exhaust Emissions

Chen Zhaohui, Li Yingchuan, Xie Yiting, and Wang Xudong. 78

Particle Migration and Plugging Mechanisms in Unconsolidated Sandstone

Reservoir and Their Relation with Sanding Management

Wu Zhenkun, Huan Que, Yuan Kaijing, Wang Jian, and Wang Jian. 84

Experimental Study of Combustion Characteristics

of a Commercial Biodiesel and 0# Diesel

Lin Wenjie, Fang Yanxiong, Li Xiaolu, Zhou Yanqiang. 91

Preparation of Ni-Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts by Vacuum Impregnation Method

and Their Use for Hydrodesulfurization of Dibenzothiophene

Zhao Jianzhong, Tian Yaqin, Zhao Yangsheng, and Liang Weiguo. 96

Experimental Study of Kinetics of Gas Hydrate Dissociation

at Constant Temperature above 0°

Zhang Tian-jin, Kong Xiangji, Qian Feng, and Sun Tengfei. 100

Research on Casing and Tubing Size in Foreign Oilfield

Zhao Liqiang, Pei Yuxin, Du Guangyan, and Wen Zhehao. 105

A Novel Self-Diverting Fracturing Technology Based

on Inverse Phase Transformation

**Я. А. Масютин, Ю. Ф. Гущина, Л. А. Иванова, Ю. В. Семенова, В. А. Винокуров**

РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина,

E-mail: novikov.a@gubkin.ru

### **Окислительная и радиационная предобработка лигноцеллюлозного сырья для получения биотоплив**

*Проведены исследования окисляемости лигноцеллюлозного сырья, подвергнутого гамма-облучению, а также основных компонентов лигноцеллюлозного сырья (целлюлоза, лигнин, ксилан). Повышение поглощенной дозы гамма-облучения с 200 до 300 кГр и увеличение дисперсности сырья до 0,8–1,2 мм приводят к увеличению окисляемости пшеничной соломы пероксидом водорода. Гемицеллюлозы практически полностью разрушаются при каталитической пероксидной обработке (потеря массы около 95%), в то время как лигнин в тех же условиях подвергается деструкции в меньшей степени (потеря массы около 27%). Предобработка сырья позволяет повысить содержание целлюлозы в лигноцеллюлозном сырье, что может быть использовано для получения биотоплив – этанола или 2,5-диметилфурана.*

**Ключевые слова:** лигноцеллюлоза, целлюлоза, лигнин, ксилан, биотопливо, гамма-излучение, пероксидная обработка.

Ya. A. Masyutin, Yu. F. Gushchina, L. A. Ivanova, Yu. V. Semenova, and V. A. Vinokurov.

### **Oxidative and Radiative Treatment of Lignocellulosic Materials for Producing Biofuels**

*The oxidizability of lignocellulosic materials exposed to gamma radiation as well as of the main components of lignocellulosic materials (cellulose, lignin, xylan, etc.) is investigated. The oxidation of wheat straw with hydrogen peroxide increases with increase in absorbed gamma-ray dose from 200 to 300 kGy and in fineness of the material to 0.8-1.2 mm. Hemicelluloses are degraded almost completely on catalytic peroxide treatment (~95% loss of mass), whereas lignin submits to degradation to a much lesser extent (~27% loss of mass) under the same conditions. Pretreatment of the material raises the content in the lignocellulosic material of cellulose, which can be used for producing biofuels (ethanol or 2,5-dimethylfuran).*

**Key words:** lignocellulose, cellulose, lignin, xylan, biofuel, gamma radiation, peroxide treatment.

**А. Н. Грачев<sup>1,2</sup>, М. А. Варфоломеев<sup>1</sup>, Д. А. Емельянов<sup>1</sup>, С. А. Забелкин<sup>1,2</sup>,**

**М. Ф. Гильфанов<sup>2</sup>, Р. А. Нурияхметов<sup>2</sup>**

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

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

E-mail: mikhail.varfolomeev@kpfu.ru

### **Совместная термическая переработка тяжелой нефти и жидких продуктов быстрого пиролиза древесины для получения топлив и химических продуктов**

*В статье представлены результаты исследований совместной термической переработки тяжелой нефти и жидких продуктов быстрого пиролиза древесины. Методом термического анализа установлено, что добавление жидких продуктов пиролиза до 20% не повышает выход кокса. Жидкие продукты пиролиза древесины разлагаются значительно раньше тяжёлой нефти, однако при их смешивании процесс разложения смесей существенно не отличается от разложения чистой нефти.*

**Ключевые слова:** тяжелая нефть, крекинг, биомасса, быстрый пиролиз, пиролизная жидкость.

A. N. Grachev, M. A. Varfolomeev, D. A. Emel'yanov, S. A. Zabelkin, M. F. Gil'fanov, and R. A. Nuriyakhmetov.

### **Joint Thermal Treatment of Heavy Oil and Liquid Products of Fast Wood Pyrolysis for Producing Fuels and Chemical Products**

*The results of investigations of joint thermal treatment of heavy oil and liquid products of fast wood pyrolysis are reported. It is shown by thermal analysis that addition of liquid pyrolysis products of up to 20% does not increase coke yield. Liquid wood pyrolysis products decompose much earlier than heavy oil, but after their blending the process of decomposition of the blends does not differ from the decomposition of the pure oil.*

**Key words:** heavy oil, cracking, biomass, fast pyrolysis, pyrolysis liquid.

**В. В. Остриков<sup>1</sup>, В. И. Вигдорович<sup>1</sup>, С. Н. Сазонов<sup>1</sup>, Д. Н. Афоничев<sup>2</sup>, К. А. Манаенков<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов,

<sup>2</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,

<sup>3</sup>Мичуринский государственный аграрный университет

E-mail: viitinlab8@bk.ru

### **Исследование состава и свойств обкаточного масла, получаемого на основе отработанного моторного масла**

*Исследована эффективность использования отработанного моторного масла в качестве основы обкаточного масла. Предложен способ и рассмотрены результаты очистки масла от смол и продуктов старения. Определён состав добавок, выполняющих функции притирочного материала, и компонентов, повышающих смазывающие, противоизносные и защитные свойства обкаточного масла. В качестве материала, обеспечивающего мягкую шлифовку деталей, рекомендованы игловидные продукты перекристаллизации карбамида, а в качестве поверхностно-активных веществ — олеиновая кислота. Установлено, что дополнительное внесение графенов в обкаточное масло позволяет повысить эффективность приработки деталей двигателя.*

**Ключевые слова:** отработанное моторное масло, обкаточное масло, поверхностно-активные вещества, карбамид, графены, молибденсодержащие присадки, противоизносные свойства.

V. V. Ostrikov, V. I. Vigdorovich, S. N. Sazonov, D. N. Afonichev, and K. A. Manaenkov.

### **Study of the Composition and Properties of Rolling Oil Produced from Used Motor Oil**

*The effectiveness of use of used motor oil as the base for producing rolling oil is studied. A method is proposed for removing resins and aging products from the oil and the results obtained are analyzed. The composition of the additives that act as a tritulating material and of the components that enhance the lubricating, wear-resistance, and protection properties of the rolling oil is determined. Acicular products of urea recrystallization are recommended as the material for fine polishing of parts and oleic acid, as the surfactants. It is shown that additional incorporation of graphenes in the rolling oil promotes running-in of engine parts.*

**Key words:** *used motor oil, rolling oil, surfactant, urea, graphenes, molybdenum-bearing additives, wear-resistance properties, protection properties.*

*Ал. А. Пимерзин<sup>1</sup>, А. А. Роганов<sup>1</sup>, П. А. Никульшин<sup>1,2</sup>, А. А. Пимерзин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Самарский государственный технический университет,

<sup>2</sup>АО «ВНИИ НП»,

nikulshinpa@vniinp.ru

***Регенерация сульфидных CoMo катализаторов глубокой гидроочистки с использованием органических реагентов***

*Отработанный промышленный кобальт-молибденовый катализатор после эксплуатации в течение 2 лет в процессе гидроочистки дизельных фракций был окислительно регенерирован и реактивирован с применением органических кислот (лимонной и тиогликолевой), этиленгликоля и совместного раствора. В работе показано, что основными причинами потери активности исследованного катализатора в ходе его эксплуатации являются отложение кокса на поверхности катализатора и изменение свойств нанесенной активной фазы, которые усиливаются в процессе окислительной регенерации. Обработка окислительно регенерированного катализатора раствором исследованных реагентов позволяет полностью восстановить активность в реакции гидрообессеривания дибензотиофена, а в случае использования совместного раствора лимонной кислоты и этиленгликоля найденная константа скорости реакции гидрообессеривания превышает значение, полученное на свежем катализаторе.*

**Ключевые слова:** кобальт-молибденовый катализатор, гидроочистка, регенерация, реактивация, органические кислоты, этиленгликоль, гидрообессеривание, дибензотиофен.

Al. A. Pimerzin, A. A. Roganov, P. A. Nikul'shin, and A. A. Pimerzin.

**Regeneration of CoMo Sulfide Exhaustive Hydrofining Catalysts Using Organic Reagents**

*Commercial cobalt-molybdenum catalyst after use for two years for diesel fraction hydrofining was oxidatively regenerated and activated with organic acids (citric and thioglycolic), ethylene glycol, and combined solution. It is shown that the main reasons for the loss of activity of the studied catalyst during its use are coke deposition on the catalyst surface and change in the properties of the applied active phase, which intensify in the oxidative regeneration process. Treatment of the oxidatively regenerated catalyst with solution of the studied reagents can fully restore the activity in the reaction of hydrodesulfurization of dibenzothiophene, and in the case where combined citric acid and ethylene glycol solution is used, the observed hydrodesulfurization reaction rate constant exceeds the value obtained on fresh catalyst.*

**Key words:** *cobalt-molybdenum catalyst, hydrofining, regeneration, reactivation, organic acids, ethylene glycol, hydrodesulfurization, dibenzothiophene.*

**А. В. Вахин, С. А. Ситнов, И. И. Мухаматдинов, Я. В. Онищенко, Д. А. Феоктистов**

Казанский (приволжский) федеральный университет,

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

**Акватермолиз высоковязкой нефти в присутствии нефтерастворимого катализатора на основе железа**

*Проведены экспериментальные исследования синтезированного нефтерастворимого катализатора на основе железа. Проведено физическое моделирование процесса каталитического преобразования высоковязкой нефти при температуре 200°C. Исследован состав, физико-химические и реологические характеристики продуктов термокаталитического воздействия. По данным ИК-спектроскопии установлены изменения в составе отдельных фракций. Показано, что использование синтезированного катализатора в комплексе с донором водорода позволяет существенно снизить долю высокомолекулярных компонентов, что обеспечивает снижение вязкости и, следовательно, повышение степени нефтеизвлечения.*

**Ключевые слова:** высоковязкая нефть, прекурсор катализатора, акватермолиз, повышение энергоэффективности, тепловые методы добычи.

A. V. Vakhin, S. A. Sitnov, I. I. Mukhamatdinov, Ya. V. Onishchenko, and D. A. Feoktistov.

**Aquathermolysis of High-Viscosity Oil in Presence of an Oil-Soluble Iron-Based Catalyst**

*Experimental studies were carried out on a synthesized oil-soluble iron-based catalyst. A physical model of the process of catalytic transformation of high-viscosity oil at 200°C was developed. The composition and physicochemical and rheological properties of the thermocatalysis products were studied. The changes in the composition of individual fractions were determined from the IR spectroscopic data. It is shown that use of the synthesized catalyst in combination with a hydrogen donor substantially reduces the proportion of high-molecular components, which lower viscosity and raises oil extraction.*

**Key words:** high-viscosity oil, catalyst precursor, aquathermolysis, enhancement of energy efficiency, thermal extraction methods.

**Ю. А. Хамзин, Р. Р. Шириязданов, Э. Г. Теляшев, А. Р. Давлетшин**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

E-mail: petroleum9bk.ru

**Факторы определяющие стабильность катализаторов алкилирования на основе цеолитов Y**

*В работе представлены результаты влияния физико-химических свойств синтезированных катализаторов алкилирования на основе цеолитов Y на показатели активности данных образцов в процессе алкилирования изобутана бутан-бутиленовой фракцией.*

**Ключевые слова:** алкилирование, цеолиты, переходные металлы, алкилат.

Yu. A. Khamzin, R. R. Shiryazdanov, E. G. Telyashev, and A. R. Davletshin.

**Factors Determining Stability of Alkylation Catalysts Based on Y Zeolites**

*The results of study of the influence of physicochemical properties of synthesized alkylation catalysts based on Y zeolites on the activity index of these specimens in the process of alkylation of isobutane of the butane-butylene fraction are reported.*

**Key words:** *alkylation, zeolites, transition metals, alkylate.*

**И. И. Мухаматдинов, А. Ф. Кемалов, П. С. Фахретдинов**

Казанский (Приволжский) федеральный университет,

E-mail: mc-gross@mail.ru

**Исследование реологических свойств дорожных битумов, модифицированных адгезионной присадкой**

*В работе установлены особенности реологического поведения исходного битума дорожного назначения БНД 60/90 и битумов, модифицированных адгезионной присадкой. Установлено повышение эффективной энергии активации вязкого течения у модифицированных битумов, наблюдается экстремум при содержании присадки 0,8% мас. Выявлено, что присадка оказывает структурирующее влияние, связанное с образованием более однородной пространственной дисперсной структуры. При этом структурирующий эффект проявляется при определенной концентрации присадки (0,8% мас.), при которой битумная система достигает наиболее активного состояния. Установлено, что пептизация асфальтовых агрегатов молекулами присадки при высокой скорости деформации эффективно препятствует рекомбинации структурных элементов нефтяной дисперсной системы.*

**Ключевые слова:** *нефтяная дисперсная система, битум дорожного назначения, адгезионная присадка, реология, энергия активации вязкого течения, тиксотропия.*

I. I. Mukhamatdinov, A. F. Kemalov, and P. S. Fakhretdinov.

**Study of Rheological Properties of Road Asphalts Modified by an Adhesive Additive**

*The characteristics of the rheological behavior of the original road asphalts BND 60/90 and asphalts modified by an adhesive additive are determined. It is shown that the activation energy of viscous flow of asphalts increases on modification and that an extremum is observed at additive content of 0.8 wt. %. The additive exerts a cross-linking effect resulting from formation of a more uniform spatial disperse structure. In this case, the cross-linking effect manifests itself at a fixed additive concentration (0.8 wt. %) at which the asphalt system attains the most active state. It is demonstrated that peptization of asphalt aggregates by additive molecules at a high deformation rate effectively prevents recombination of the structural elements of the oil disperse system.*

**Key words:** *oil disperse system, road asphalt, adhesive additive, rheology, viscous flow activation energy, thixotropy.*

**Е. И. Алаторцев, А. А. Ботин, А. Р. Вартапетян, С. А. Леонтьева, В. А. Митягин, Е. В. Подлеснова**

АО «ВНИИ НП»,

E-mail: info@vniinp.ru

**Исследование химических процессов применения поглотителей сероводорода в нефти**

*Приведены результаты исследований по определению состава поглотителей сероводорода методом хромато-масс-спектрометрии, протекающих в них химических процессов в зависимости от применяемых*

компонентов и их концентрации, химические процессы образования отложений сераорганических соединений, образующихся при взаимодействии поглотителей с сероводородом в нефти, и их состава.

**Ключевые слова:** нефтепереработка, поглотители сероводорода, формальдегид, отложения.

E. I. Alatorsev, A. A. Votin, A. R. Vartapetyan, S. A. Leont'eva, V. A. Mityagin, and E. V. Podlesnova.

### **Study of Chemical Processes of Use of Absorbers of Hydrogen Sulfide in Oil**

*The results of determination of the composition of hydrogen sulfide absorbers by chromatography-mass spectrometry, the chemical processes occurring in them as a function of the components used and their concentration, the chemical processes of formation of precipitates of organosulfur compounds formed upon reaction between the absorbers and the hydrogen sulfide in the oil, and their composition are presented.*

**Key words:** oil processing, hydrogen sulfide absorbers, formaldehyde, precipitates.

**Е. И. Алаторцев, С. А. Леонтьева, В. А. Митягин**

АО «ВНИИ НП»,

E-mail: alatorsevei@vniinp.ru

### **Новые подходы к исследованию термодинамических параметров нефтяных дисперсных систем**

*Нефть и тяжелые нефтепродукты представляют собой нефтяные дисперсные системы, свойства которых во многом зависят от их термодинамического состояния. Для определения термодинамических параметров и агрегативной устойчивости нефтяных дисперсных систем предлагается использовать метод обращенной газовой хроматографии, который позволяет рассчитать по значению объема удерживания свободную поверхностную энергию, энтропию и энтальпию нефтяных дисперсных систем.*

**Ключевые слова:** нефтепродукты, методы испытаний, нефтяные дисперсные системы, коллоидные системы, углеводороды.

E. I. Alatorsev, S. A. Leont'eva, and V. A. Mityagin.

### **New Approaches to Study of Thermodynamic Parameters of Oil Disperse Systems**

*Crude oil and heavy petroleum products are oil disperse systems whose properties depend largely on their thermodynamic state. To determine the thermodynamic parameters and aggregative stability of oil disperse systems, it is proposed to use the inverse gas chromatographic method, which allows calculation of the free surface energy, entropy, and enthalpy of the oil disperse systems from the retention volume.*

**Key words:** petroleum products, test methods, oil disperse systems, colloid systems, hydrocarbons.

**А. М. Данилов**

АО «ВНИИ НП»

dafi\_pris@mail.ru

### **Работы в области присадок к топливам в 2011–2015 гг.**

*На основе анализа литературных и патентных источников, а также статистических данных рассмотрена ситуация, складывающаяся в области производства присадок к топливам в 2011–2015 гг. Выявлены основные*

тенденции в разработке присадок, охарактеризованы их основные типы. Отмечено, что в мире интерес разработчиков сместился в сторону добавок биокомпонентов (оксигенатов и биодизеля) и присадок к ним. В России, где до последнего времени преобладали импортные присадки, начался активный процесс импортозамещения. Дан анализ потребности российских НПЗ в присадках для выработки топлив современного качества и охарактеризованы отечественные разработки. Приводятся технические решения, альтернативные применению присадок.

**Ключевые слова:** присадки к топливам, противоизносные присадки, промоторы воспламенения, депрессорно-диспергирующие присадки, поглотители сероводорода, антистатические присадки.

A. M. Danilov.

### **Research on Fuel Additives During 2011–2015**

*The situation evolved in the domain of fuel additives production during 2011-2015 is reviewed through analysis of literature and patent sources and statistical data. The main trends in development of additives are determined and the main types of additives are characterized. It is noted that the interest of developers worldwide was focused on additives of biocomponents (oxygenates and biodiesel). In Russia, where imported additives were prevalent until recently, active process of import substitution has begun. The additive demand of Russian refineries for production of fuels of modern quality is analyzed and the domestic developments are characterized. Technical solutions that are alternative to use of additives are proposed.*

**Key words:** fuel additives, wear-resistance additives, ignition promoters, depressing-dispersing additives, hydrogen sulfide absorbers, antistatic additives.

**М. С. Котелев, З. В. Бобылева, И. А. Тиунов, Д. А. Шарипова, А. А. Новиков**

РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

E-mail: tiunov.i@gubkin.ru

### **Исследование влияния условий переосаждения целлюлозы на ее адсорбционные свойства**

*Изучен процесс переосаждения целлюлозы из водно-щелочных растворов. Исследовано влияние на удельную площадь поверхности целлюлозы следующих факторов: температуры переосаждения, концентрации осадителя, концентрации целлюлозы в исходном щелочном растворе, скорости переосаждения и присутствия полиэтиленгликоля. По результатам регрессионного анализа определена степень влияния различных факторов на удельную площадь поверхности целлюлозы. Методом рентгенографического анализа получены данные о соотношениях кристаллической и аморфной фаз в образцах целлюлозы до и после переосаждения из водно-щелочных растворов в присутствии ПЭГ и без него.*

**Ключевые слова:** возобновляемое сырье, растворители целлюлозы, степень кристалличности, регрессионный анализ.

M. S. Kotelev, Z. V. Bobyleva, I. A. Tiunov, D. A. Sharipova, A. A. Novikov.

### **Impact of Cellulose Regeneration Conditions on Its Adsorptive Properties**

*Cellulose precipitation from alkaline solutions was studied. Influence of the following factors on cellulose specific surface area was investigated: temperature, precipitator concentration, cellulose concentration in a stock alkaline*

solution, rate of precipitation, and presence of polyethylene glycol. After considering the results of regression analysis, the effects of different parameters on cellulose specific surface area were determined. The relation between crystalline and amorphous phases in cellulose after precipitation was determined by means of XRD analysis.

**Key words:** renewable feedstock, solvent for cellulose, crystallinity degree, regression analysis.

Сюэ Хэн<sup>1-3</sup>, Чжао Лицян<sup>1</sup>, Лю Пинли<sup>1</sup>, Цуй Минюэ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Oil & Gas Reservoir Geology and Exploitation Engineering (Southwest Petroleum University), Chengdu, China,

<sup>2</sup>China Zhenhua Oil Co., Ltd, Beijing, China,

<sup>3</sup>Chengdu Northern Petroleum Exploration and Development Technology Co. Ltd., Chengdu, China,

<sup>4</sup>Langfang Branch of Research Institute of Petroleum Exploration & Development, CNPC, Hebei, China

### **Моделирование и анализ распространения каналов в карбонатах с использованием моделей с различным числом измерений**

*В статье для изучения влияния числа измерений на моделирование распространения канала была предложена 3D модель кислотной обработки. С помощью 3D моделирования изучен динамический процесс распространения канала. Канал прошел через четыре этапа, прежде чем относительное давление нагнетания упало до 1%: этап конкуренции, этап доминирующего канала, этап прорыва канала и этап расширения канала. Этап прорыва наблюдался, когда относительное давление нагнетания снижалось до 3% вместо 1%, о котором говорилось в предыдущих исследованиях. 3D и 2D моделирования проводились при различных скоростях нагнетания. В обеих моделях наблюдались оптимальные скорости нагнетания и объем прорыва. При этом полученные значения при 2D моделировании выше, чем при 3D. Данный эффект был ожидаем, поскольку предыдущие исследования доказали, что оптимальная скорость и объем прорыва при 1D моделировании, ниже чем при 2D. Исследования при КТ-сканировании образцов известняка после кислотной обработки показывают, что соответствующий оптимальный объем прорыва при доминирующем канале меньше, чем 3,1 порового объема (п.о.). Полученные данные сопоставимы с результатами 3D моделирования (2,7 п.о.), и значительно отличаются от итогов 2D моделирования (10 п.о.). Указывается, что следует выбирать модель с более большим количеством измерений для имитации распространения каналов или оптимизации кислотной обработки, что поможет повысить точность и эффективность обработки карбонатного пласта кислотой.*

**Ключевые слова:** канал, кислотная обработка, карбонатный коллектор, 3D моделирование, численная модель.

Xue Heng, Zhao Liqiang, Liu Pingli, and Cui Mingyue.

### **Simulation and Analysis of Wormhole Propagation in Carbonates Using Different Dimensions Continuum Model**

*A 3D continuum simulation model of carbonate matrix acidizing was introduced to study the effect of different dimensions on the dynamic wormhole propagation process. The results obtained showed that the wormhole propagation process passes through four stages, namely, competition stage, dominant channel stage, wormhole breakthrough stage, and wormhole extension stage, when the injection pressure ratio drops to 1%. In previous*

researches, wormhole breakthrough stage was reported to occur when the injection pressure ratio declines to 3% instead of 1%. Wormhole simulation using 3D and 2D models at different injection rates indicated that the injection rate and breakthrough volume are optimal in both dimensions, the values of both parameters being higher in 2D than in 3D simulation. This trend was expected since previous studies also showed that the optimal rate and breakthrough volume are lower in 1D than in 2D simulation. CT scanning of limestone cores after acidizing showed that the corresponding optimal breakthrough volume for dominant wormhole is less than 3.1 pour volume (PV). The obtained data fairly matched the 3D simulation data (2.7 PV) and differed widely from 2D simulation data (10 PV). Based on this research, a higher-dimension model should be chosen for simulating wormhole propagation and optimizing matrix acidizing, which can help improve the accuracy and efficiency of carbonate reservoir acidizing simulation.

**Key words:** wormhole, matrix acidizing, 3D simulation, numerical model.

**Ван Фэй, Су Цзину, Ван Чжитао**

Institute of Earthquake Resistance and Disaster Reduction, Beijing University of Technology, Beijing, China,  
E-mail: telasi@163.com

### **Прогнозирование усадки здания в результате землетрясений с использованием регрессии на основе гауссова процесса**

Осадка фундамента, вызванная разжижением песчаного грунта, является вопросом, который необходимо учесть во время постройки сооружения. Исходя из комплексного нелинейного отношения ширины усадки здания во время сильного землетрясения, были выбраны семь измеренных показателей разжижения грунтов при землетрясении как ключевые индикаторы для прогнозирования усадки здания: интенсивность землетрясения, отношение длины к высоте, среднее контактное давление, отношение ширины к глубине, относительная плотность, толщина нежидкого слоя и глубина слоя гравия. Кроме того, как ядро вероятностного машинного обучения и мощный инструмент для решения нелинейных задач, регрессия на основе Гауссова процесса (модель GPR) может соответствовать требованиям ко времени исполнения и высокой точности прогнозирования усадки здания вследствие существенных недостатков теоретического анализа и числовых вычислений. Были подобраны 41 группа типичных случаев в качестве тренировочных примеров, а затем 20 групп были определены в качестве тестовых примеров, которые имеют входное тестовое значение и получают на выходе точность прогноза от модели GPR. Во-вторых, метод PLS (метод частных наименьших квадратов), метод MLR (метод множественной линейной регрессии) и метод LSSVM (метод наименьших квадратов опорных векторов) были выбраны для проверки действительности и достоверности модели GPR. В итоге результаты моделирования показали, что модель GPR позволяет улучшить точность прогнозирования на примере представленных задач и имеет большую ценность в применении на практике.

**Ключевые слова:** сейсмический сдвиг, регрессия на основе гауссова процесса, машинное обучение, интенсивное разжижение песчаного грунта

Wang Fei, Su Jingyu, and Wang Zhitao.

## **Prediction of Building Settlements due to Earthquake-Induced Sand Liquefaction Using Gaussian Process Regression Methodology**

*Foundation settlement caused by sand liquefaction is a crucial subject when constructing a structure. In accordance with the complex nonlinear relationship of building settlement breadth under strong earthquake, seven measured parameters of earthquake-induced soil liquefaction were selected as the key impacting indicators for predicting building settlement, which are: earthquake intensity (EI), length-height ratio (L/H), average contact pressure  $p$ , breadth-depth ratio (B/D), relative density (RD), thickness of non-liquefied layer, and depth of gravel layer. Furthermore, as a probabilistic kernel learning machine and powerful tool for solving highly nonlinear problems, Gaussian process regression (GPR) model can meet the requirements of speediness and precision of predicting building settlements, whereas theoretical analysis and numerical calculation suffer from intrinsic defects. First, 41 groups of typical cases were selected as the training sample and 20 groups of typical cases were designated as the test sample, which are the input for improving prediction accuracy from GPR model. Second, partial least-squares (PLS) method, multiple linear regression (MLR) method, and least-squares supporting vector (LSSV) method were chosen to test the validity and reliability of the GPR model. Finally, the simulation results show that the GPR model can improve the prediction precision and has a great practical application value.*

**Key words:** wormhole, matrix acidizing, 3D simulation, numerical model.

*Дэ Син Пэн*

Department of Vehicle Engineering, Army Academy, Taiwan

## **Влияние неэтилированных бензино-биотопливных смесей на выбросы выхлопных газов**

*В настоящее время биодизели и этанол биомассы воспринимаются как наиболее применимые и необходимые виды топлива, получаемые из биомассы. Более того, метанол и бутанол также являются альтернативами, привлекающими внимание. Поскольку эти виды топлива являются возобновляемыми кислородсодержащими биоресурсами, их можно применять для снижения количества выбросов выхлопных газов из бензиновых двигателей. Для сравнения показателей работы двигателя и уровень выбросов выхлопных газов при сгорании топлива из биомассы и чистого нефтяного топлива (чистый неэтилированный бензин, E0) были использованы три биотопливные добавки, а именно 10% метанола (M10), 10% этанола (E10) и 10% бутанола (B10). При использовании топлива на основе биомассы, температура горения в двигателе снизилась на 4,32%; эмиссия кислорода увеличилась на 6,67%, выброс оксидов азота уменьшился на 13,46%; эмиссия оксида углерода была уменьшена на 44%, а выброс углеводородов — на 29%. Поэтому смешивание биодобавок с бензином может снизить выбросы выхлопных газов из двигателя, включая оксиды углерода и азота, углеводороды и др., поскольку биотопливо содержит большое количество кислорода, что облегчает полное сгорание.*

**Ключевые слова:** биотопливо, бензиновый двигатель, испытание двигателя.

De-Xing Peng.

Effect of Unleaded Gasoline-Biofuel Blends on Exhaust Emissions

Currently, biodiesels and biomass ethanol are considered as the most applicable and essential biomass fuels. Furthermore, methanol and butanol are also attracting attention as alternatives. Since these fuels are renewable oxygenated bioresources, they can be used to reduce exhaust emissions from gasoline engines. We adopted three biofuel additives, namely, 10% methanol (M10), 10% ethanol (E10), 10% butanol (B10), to compare the engine performance properties and exhaust gas emission level upon combustion of the mixed biomass fuels and pure petroleum fuel (clean unleaded gasoline E0). When biomass fuels were used, engine combustion temperature dropped by 4.32%, O<sub>2</sub> content increased by 6.67%, nitrogen oxide (NO<sub>x</sub>) emission decreased by 13.46%, CO emission decreased by 44%, and hydrocarbon (HC) emission fell by 29%. Therefore, mixed biofuel additives to gasoline can reduce exhaust emissions, including CO, HC, and NO<sub>x</sub> emission, from an engine substantially because biofuels contain higher oxygen content that facilitates complete combustion.

**Key words:** biofuels, gasoline engine, emissions, engine testing.

**Чень Чжаохуй<sup>1</sup>, Ли Инчуань<sup>1</sup>, Се Итин<sup>1</sup>, Ван Сюдун<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>State Key Lab of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Southwest Petroleum University, Chengdu, China

<sup>2</sup>Research Institute of China National Offshore Oil Corp., Beijing, China

### **Миграция частиц в пласте, механизм закупоривания пор в неконсолидированном песчанике и управление выносом песка**

Частицы породы могут легко переходить в подвижное состояние и мигрировать в слабосцементированном песчанике с тяжелой-нефтью из-за того, что она имеет более высокую плотность и вязкость. Отложения твердых частиц загрязняют и закупоривают поровые каналы, что приводит к повышению фильтрационных сопротивлений пласта и снижению дебита скважины. В данной работе, процесс миграции частиц и блокировки пор был исследован с помощью изучения под микроскопом модели несцементированного песчаника. Был исследован механизм перемещения мелкодисперсных частиц и их влияние на проницаемость порового пространства с помощью отслеживания динамической проницаемости в образце слабосцементированного песчаника, содержащего смесь частиц различного размера. Доказано, что изменение проницаемости при миграции частиц зависит от размера и типа подвижных частиц и каналов, концентрации мигрирующих частиц, общего их количества, перепада давления или скорости фильтрации флюида, снижение максимальной проницаемости и время закупоривания определяется минимальным размером закупоривающих частиц. В качестве примера применения на месторождении, рассмотрена стратегия добычи нефти с контролем пескопроявления.

**Ключевые слова:** несцементированный песчаник, миграция частиц, лабораторные исследования, добыча с контролем пескопроявления.

Chen Zhaohui, Li Yingchuan, Xie Yiting, and Wang Xudong.

### **Particle Migration and Plugging Mechanisms in Unconsolidated Sandstone**

#### **Reservoir and Their Relation with Sanding Management**

Rock particles can easily pass to a suspended state and migrate in unconsolidated sandstone in a heavy-oil reservoir because of their higher density and viscosity. The solid particles deposit, bridge, and clog the pores and pore throats,

*and, as a result, the filtration resistance in the reservoir is redistributed, affecting the output from the well significantly. In the study reported here, the process of sand particle migration and pore clogging was observed through microscopic visualization of an unconsolidated sand pack model. Furthermore, the mechanism of migration of fine particles and its effects on the percolation capacity of a porous medium was investigated by monitoring the dynamic permeability along the weakly consolidated sand pack tube containing mixtures of different particles. It was shown that since the change in permeability with particle migration was affected by the size and type of mobile particles and throats, the concentration of suspended particles, the total amount of particles, and the pressure drawdown or fluid flowing velocity, the reduction in maximum permeability and the clogging transition time are determined by the minimum size of the bridging particles. As a field application example, the strategy of oil production with sanding in unconsolidated sandstone reservoir is discussed at the end of this paper.*

**Key words:** *unconsolidated sandstone reservoir, particle migration, laboratory investigations, production with sanding.*

**Ву Чжэнькунь, Хуан Цзе, Уань Кайцин, Ван Цянь**

Государственная центральная лаборатория пожарного дела, Китайский технологический университет,  
г. Хэфэй, провинция Аньхой, КНР,

Аньхойское центральное пожарное управление, КНР,

Синтайское пожарное отделение, г. Синтай, КНР,

E-mail: wangj@ustc.edu.cn

**Экспериментальное определение характеристик горения промышленно используемых биодизелей и 0-дизеля**

*В данном исследовании экспериментально изучены характеристики горения промышленно очищенного биодизеля и 0-дизеля. Сгорание этих двух типов горючих жидкостей проводилось в калориметре для измерения их скорости тепловыделения. Результаты показали, что данное свойство, являющееся одним из самых значимых при изучении горения, значительно варьируется, в зависимости от образцов и размеров камеры сгорания. Также определены и проанализированы с целью оценки характеристик горения другие ключевые свойства топлив, такие как температура вспышки, суммарное тепловыделение и скорость потери массы, отражающие пожароопасность. Результаты предоставляют собой экспериментальный базис для развития противопожарной защиты в ходе использования, хранения и распределения биодизеля. По сравнению с 0-дизелем, температура вспышки биодизеля выше, тогда как скорость тепловыделения, экспериментальная теплотворная способность, средняя температура горения и излучение биодизеля ниже.*

**Ключевые слова:** биодизель, дизель, свойства горения, конический калориметр, скорость тепловыделения.

Wu Zhenkun, Huan Que, Yuan Kaijing, Wang Jian, and Wang Jian.

**Experimental Study of Combustion Characteristics of a Commercial Biodiesel and 0# Diesel**

*This paper reports the results of an experimental study of the combustion characteristics of a commercial refined biodiesel and the 0# diesel as well as of some properties of the diesels determined by a cone calorimeter and other instruments. Combustion tests of these two kinds of flammable liquids are conducted in a calorimeter to measure their heat release rates. The experimental results show that the heat release rate, one of the most significant*

parameters in combustion science, varies widely, depending on the sample type and size of circular burners. Other key parameters, such as flash point, total heat release, and mass loss rate, which are indicative of fire hazards, are also determined and analyzed to evaluate the combustion characteristics. The experimental results show that the total heat release, mass loss, average centerline temperature, and radiation of biodiesel have a positive correlation with the size of circular burners. The results provide the experimental basis for development of fire protection measures during use, storage, and distribution of biodiesel. In comparison with 0# diesel, biodiesel has a higher flash point, whereas its average heat release rate, experimental combustion heat value, average temperature, and radiation are lower.

**Key words:** biodiesel, 0# diesel, combustion property, cone calorimeter, heat release rate.

*Линь Вэньцзе, Фан Ансюнь, Ли Сяолу, Чжоу Анцянь*

School of Chemical Engineering and Light Industry, Guangdong University of Technology, China

E-mail: fangyx@gdut.edu.cn

### **Приготовление катализаторов Ni–Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> методом вакуумной пропитки и их применение в гидродесульфировании дибензотиофена**

*Биметаллические катализаторы Ni–Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> были приготовлены методами насыщающей пропитки раствором и предварительным восстановлением водородом.  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> служил матрицей, Ni — активным компонентом, а Mo — промотором. Носитель и катализатор были изучены методами рентгенодифракции, восстановлением водородом с программируемой температурой и сканирующим электронным микроскопом. Каталитические свойства в реакции с дибензотиофеном исследовались в реакторе высокого давления, а дегидросульфуряющая активность сопоставлялась с катализаторами FHUDS-5 и FHUDS-6. Ni–Mo обладают великолепными показателями дисперсии на носителе. Наибольшая синергия между Ni и Mo достигалась при молярном соотношении 2:1. Конверсия дибензотиофена на Ni–Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализаторе достигала 100% при температуре 300°C, давлении 4 МПа и времени реакции 150 мин. Система Ni–Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> была значительно более активна нежели два других вида промышленных катализаторов для гидродесульфирования дибензотиофена.*

**Ключевые слова:** дибензотиофен, катализатор Ni–Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, вакуумная пропитка, гидродесульфирование.

Lin Wenjie, Fang Yanxiong, Li Xiaolu, Zhou Yanqiang.

### **Preparation of Ni–Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts by Vacuum Impregnation Method and Their Use for Hydrodesulfurization of Dibenzothiophene**

*A dual metal Ni–Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst was prepared by means of saturated impregnation and H<sub>2</sub> reduction pretreatment with  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as support, Ni as active component, and Mo as promoter. The support and catalysts were characterized through X-ray diffraction, hydrogen temperature programmed reduction, and scanning electron microscopy. The catalytic properties of the reaction of dibenzothiophene (DBT) were investigated in a high-pressure reactor, and hydrodesulfurization (HDS) activity was compared with advanced desulfurization catalysts FHUDS -5 and FHUDS -6. The Ni–Mo catalyst had excellent dispersion characteristics on the support. The best synergic effect between Ni and Mo was achieved at Ni/Mo molar ratio of 2:1. The DBT conversion on Ni–Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst*

reached 100% under a reaction temperature of 300°C, pressure of 4 MPa, and reaction time of 150 min. The Ni–Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst system was significantly more active than the above-noted two commercial FHUDS catalysts for HDS of DBT.

**Key words:** dibenzothiophene, Ni–Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst, vacuum impregnation, hydrodesulfurization.

**Чжао Цяньчжун<sup>1</sup>, Тянь Ацинь<sup>2</sup>, Чжао Аниэн<sup>1</sup>, Лян Вэйго<sup>3</sup>**

Институт горного дела, Тайваньский технологический университет,

Колледж материаловедения и инженерии, Тайваньский технологический университет,

Колледж горной инженерии, Тайваньский технологический университет

### **Экспериментальное изучение кинетики диссоциации газогидратов при температуре выше 0°C**

*С недавних пор технологии с использованием газовых гидратов привлекают все больше внимания как новый способ хранения и транспортировки газа. В силу их экономической рентабельности и безопасности они могут стать наиболее оптимальным способом хранения газа по сравнению с традиционными методами СПГ. Главной целью данного исследования являлось экспериментальное рассмотрение с помощью кинетической модели свойств диссоциации гидратов при разных температурах в диапазоне от 5 до 15°C и атмосферном давлении. Полученные результаты имеют важное значение для технологии хранения газа в гидратной форме и ее применения в промышленности.*

**Ключевые слова:** гидраты, диссоциация, кинетика, хранение газа.

Zhao Jianzhong, Tian Yaqin, Zhao Yangsheng, and Liang Weiguo.

### **Experimental Study of Kinetics of Gas Hydrate Dissociation at Constant Temperature above 0°**

*Recently, the technology of gas storage in the form of hydrates has been drawing increasing attention as a new means of gas storage and transportation. Because of its economic and safety advantages, it may become the most optimal gas storage means in the future compared to the LNG technology. The main purpose of this work was to investigate experimentally the mechanism of hydrate dissociation at different temperatures. The hydrate dissociation was measured at atmospheric pressure within the 5-15°C temperature range and analyzed using a kinetic model. The obtained results have great significance for the technology of gas storage and will promote its application in the industry.*

**Key words:** hydrates, dissociation, kinetics, gas storage.

**Чжан Тяньцзинь<sup>1</sup>, Кун Сянцзи<sup>2</sup>, Фэн Цянь<sup>2</sup>, Сунь Тэнфэй<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>College of Petrol and Environmental Engineering, Yanan University, China,

<sup>2</sup>CNODC, Beijing, China,

<sup>3</sup>CNOOC research institute, Beijing, China

**Обоснование выбора диаметров НКТ и обсадных колонн на нефтяном месторождении**

*В статье сформулирована методика определения соответствия между диаметрами обсадных колонн (ОК) и насосно-компрессорных труб (НКТ) и в соответствии с требованиями по заканчиванию скважин на одном из зарубежных нефтяных месторождений. Вместе со статистическим анализом конструкции скважин на кусту и анализом проблем текущей конструкции скважин, представлены подходящие конструкции скважин для исследуемого месторождения. Результаты работы имеют большое значение для пустынных месторождений при использовании соответствия диаметров НКТ и ОК и проектировании конструкции скважины.*

**Ключевые слова:** насосно-компрессорные трубы, обсадная колонна, выбор размера.

Zhang Tian-jin, Kong Xiangji, Qian Feng, and Sun Tengfei.

### **Research on Casing and Tubing Size in Foreign Oilfield**

*In this work, a procedure has been developed to determine the matching between production and completion engineering, casing and tubing sizes, and the related completion engineering requirements of a foreign oilfield. Statistical analysis of the wellbore structure of well cluster and analysis of the problems of the current wellbore structure enabled us to recommend appropriate wellbore structure systems for the oilfield. The study has a very important guiding significance for desert oilfields similar to the oilfield in choosing casing and tubing sizes and developing wellbore structure.*

**Key words:** casing, tubing, size selection.

**Чжао Лицян<sup>1</sup>, Пэй Усинь<sup>1</sup>, Ду Гуанан<sup>1,2</sup>, Вэнь Чжэхао<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Southwest Petroleum University, Chengdu, China,

<sup>2</sup>Oil & Gas Field Applied Chemistry Key Laboratory of Sichuan Province, Southwest Petroleum University, Chengdu, China,

<sup>3</sup>Sulige Gas Field Research Center, Petrochina Changqing Oilfield Company, Xian, China,

E-mail: pyx121@126.com

### **Новая технология гидравлического разрыва пласта самоотклоняющейся жидкостью, основанная на инверсивном фазовом превращении**

*В статье предложена новая технология проведения гидравлического разрыва пласта (ГРП) с самоотклоняющейся жидкостью, которая может повысить эффективность ГРП созданием более разветвленной сети трещин. Эта технология, которая основана на новом самоотклоняющемся флюиде ГРП, который может формировать и расширять трещины для образования равномерной сети трещин, имеет достаточно прочности для эффективного закупоривания трещин, и который затем выносится из трещин и образует разветвленную сеть высокопроницаемых трещин. Эта технология позволяет значительно увеличить объем пласта, затронутого ГРП. Самоотклоняющаяся жидкость характеризуется хорошей прокачиваемостью и закупоривающей способностью, высокой эффективностью отклонения потока, способностью полностью выноситься из пласта обратным потоком, низкой степенью повреждения пласта. Представлен механизм образования и разрушения геля, описаны свойства временного закупоривания,*

*отклонения потока и потери флюида. Результаты экспериментов подтверждают преимущества технологии ГРП с самоотклоняющейся жидкостью.*

**Ключевые слова:** гидравлический разрыв пласта, отклоняющийся гидравлический разрыв пласта, гидравлический разрыв пласта с временным закупориванием, нетрадиционная залежь углеводородов, объем пласта, затронутого гидравлическим разрывом.

Zhao Liqiang, Pei Yuxin, Du Guangyan, and Wen Zhehao.

### **A Novel Self-Diverting Fracturing Technology Based on Inverse Phase Transformation**

*In this study, we propose a self-diverting fracturing technology, which can provide an effective method of forming a stimulated reservoir volume. This technology, which is based on a novel self-diverting fracturing fluid, can break and extend fractures to design shapes, has enough strength for plugging fractures effectively, is capable of self-plugging in fractures, and can form multiple effective fractures in field operation. This technology has the advantages of markedly enlarging stimulated reservoir volume, good injecting and plugging ability, effective diverting and complete self-plugging ability, low reservoir damage and is simple and practical. We describe in detail gelling and gel-breaking macro-phenomena, temporary plugging, diversion, and fluid loss property. All test results show that self-diverting fluid fracturing technology has several advantages.*

**Key words:** *hydraulic fracturing, self-diverting fracturing, temporary plugging, fracturing, unconventional reservoirs, stimulated reservoir volume.*