

# Химия и технология топлив и масел

## 3(607)'2018

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. 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

### АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

- А. Ю. Крылова, Е. Г. Горлов, А. В. Шумовский,  
Ю. П. Ясьян, М. Ю. Нисковская.* 3  
Получение химических продуктов  
каталитическим превращением биомассы

### ТЕХНОЛОГИИ

- А. Г. Рзаев, Г. И. Келбалиев, Г. Р. Мустафаева, С. Р. Расулов.* 7  
Моделирование процессов образования и разрушения эмульсии  
при термохимической подготовке нефти

- А. Г. Сафиулина, Р. Р. Заббаров, С. И. Хуснутдинов,  
А. А. Алексеева, И. Ш. Хуснутдинов, С. М. Петров.* 15  
Термомеханическое обезвоживание высокоустойчивых  
дисперсных систем жидких продуктов пиролиза

- А. А. Алексеева, С. И. Хуснутдинов, С. М. Петров,  
И. Ш. Хуснутдинов, А. Г. Сафиулина, Н. Ю. Башкирцева.* 19  
Свойства и направления реализации дистиллятных фракций  
высокоустойчивых дисперсных систем жидких продуктов пиролиза

- Ю. А. Хамзин, Р. Р. Ширязданов, А. Р. Давлетшин,  
А. Б. Мурзабекова, Н. В. Якупов, А. Э. Шадрин.* 23  
Применение окислительной регенерации  
цеолитсодержащих катализаторов  
в процессе твердофазного алкилирования  
изобутана олефинами

### ИССЛЕДОВАНИЯ

- Л. Р. Гайнуллина, В. П. Тутубалина.* 27  
Адсорбционное разделение и исследование узких масляных фракций  
300–400°C западно-сургутской нефти

- Ф. В. Юсубов, Ч. Ш. Ибрагимов.* 31  
Адсорбционное разделение газовых смесей  
в неподвижном слое адсорбента

- Е. М. Захарян, Н. Н. Петрухина, А. И. Дмитриев,  
А. И. Нехаев, Б. П. Туманян, А. Л. Максимов.* 35  
Синтез нефтеполимерных смол термической полимеризацией  
непредельных соединений пиролизных фракций

- Р. И. Кадыров, М. С. Глухов, Е. О. Стаценко, Б. М. Галиуллин.* 40  
Трансформация структуры пустотного-порового пространства  
известкового коллектора в процессе соляно-кислотной обработки

- Ван Сюдун, Чень Чжаохой, Лян Дань, Чень Гуаньчжун.* 48  
Исследование закономерности распределения  
коэффициента проницаемости в призабойной зоне скважины  
при холодной добыче тяжелой нефти с песком

### МЕТОДЫ АНАЛИЗА

- А. П. Мамедов, Ч. К. Расулов, Ч. К. Салманова,  
С. Ф. Ахмедбекова, Р. З. Багирзаде, У. Дж. Йолчуева.* 53  
Хемилюминесценция фотоокисленных и ингибированных углеводов  
тяжелого остатка балаханской нефти

# Chemistry and Technology of Fuels and Oils

## 3<sup>(607)</sup>'2018

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 в ООО ИПФ «СТРИНГ»  
424006, Республика Марий Эл,  
г. Йошкар-Ола, ул. Строителей, 95

## Contents

### CURRENT PROBLEMS

- A. Yu. Krylova, E.G. Gorlov, A.V. Shumovsky,  
Yu. P. Yas'yan, and M. Yu. Niskovskaya. 3  
Production of Chemical Products by Catalytic Conversion of Biomass

### TECHNOLOGIES

- A. G. Rzaev, G. I. Kelbaliev, G. R. Mustafaeva, and S. R. Rasulov. 7  
Simulation of Emulsion Formation and Destruction  
during Thermochemical Oil Preparation

- A. G. Safiulina, R. R. Zabbarov, S. I. Khusnutdinov,  
A. A. Alekseeva, I. Sh. Khusnutdinov, S.M. Petrov. 15  
Thermomechanical Dehydration of Highly-Stable Dispersed Systems  
of Liquid Pyrolysis Products

- A. A. Alekseeva, S. I. Khusnutdinov, S. M. Petrov,  
I. Sh. Khusnutdinov, A. G. Safiulina, N. Yu. Bashkirtseva. 19  
Properties and Selling Destinations of Highly-Stable Dispersed Systems  
of Liquid Pyrolysis Products

- Yu. A. Khamzin, R. R. Shiryazdanov, A. R. Davletshin,  
A. B. Murzabekova, N. V. Yakupov, and A. E. Shadrina. 23  
Application of Oxidative Regeneration of Zeolite-Containing Catalysts  
to Solid-Acid Alkylation of Isobutane by Olefins

### RESEARCH

- L. R. Gainullina and V. P. Tutubalina. 27  
Adsorptive Separation and Study of Narrow Oil Fractions (Bp 300–400°C)  
of West Surgut Oil

- F. V. Yusubov and Ch. Sh. Ibragimov. 31  
Separation of Gas Mixtures in a Fixed-Bed Adsorbent

- E. M. Zakharyan, N. N. Petrukhina, A. I. Dmitriev,  
A. I. Nekhaev, B. P. Tumanyan, A. L. Maximov, 35  
Thermal Polymerization of Steam Cracking Liquid Fractions  
for Hydrocarbon Resins Production

- R. I. Kadyrov, M. S. Glukhov, E. O. Statsenko, and B. M. Galiullin, 40  
Structural Transformation of the Void-Pore Space  
of a Lime Reservoir During HCl Treatment

- Xudong Wang, Zhaohui Chen, Dan Liang, Guanzhong Chen. 48  
Study of the Permeability Distribution Law Near the Wellbore  
in Cold Heavy-Oil Production with Sand

### METHODS OF ANALYSIS

- A. P. Mamedov, Ch. K. Rasulov, Ch. K. Salmanova,  
S. F. Ahmadbayova, R. Z. Bagirzade, and U. J. Yolchuyeva. 53  
Chemiluminescence of Photo-Oxidized and Inhibited Hydrocarbons  
of Balakhan Heavy-Oil Residue

*А. Ю. Крылова<sup>1</sup>, Е. Г. Горлов<sup>1</sup>, А. В. Шумовский<sup>1</sup>, Ю. П. Ясьян<sup>2</sup>, М. Ю. Нисковская<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ООО «ИГИ-НТЦ»,

<sup>2</sup>Кубанский государственный технологический университет,

E-mail: nismar@mail.ru

### **Получение химических продуктов каталитическим превращением биомассы**

*Исследовано влияние состава генераторного газа на выход и состав продуктов его превращения в присутствии кобальтовых и железных катализаторов. Приводятся данные о зависимости характера получаемых органических соединений от состава приготовленных катализаторов и условий проведения синтеза. Экспериментально установлено, что генераторные газы, полученные при газификации воздухом растительной биомассы, могут быть использованы для получения парафинов, олефинов и одноатомных спиртов без осуществления кондиционирования, то есть без выделения из них синтез-газа стехиометрического состава.*

**Ключевые слова:** биомасса, газификация, генераторный газ, синтез-газ, катализаторы, парафины, олефины, спирты.

A. Yu. Krylova,<sup>1</sup> E.G. Gorlov,<sup>1</sup> A.V. Shumovsky,<sup>1</sup> Yu. P. Yas'yan,<sup>2</sup> and M. Yu. Niskovskaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Fossil Fuels, Scientific and Technological Center LLC;

<sup>2</sup>Kuban State Technological University

### **CHEMILUMINESCENCE OF PHOTO-OXIDIZED AND INHIBITED HYDROCARBONS OF BALAKHAN HEAVY-OIL RESIDUE**

*The influence of the generating-gas composition on the yield and composition of its transformation products in the presence of cobalt and iron catalysts is investigated. Data for the dependence of the obtained organic compounds on the composition of the prepared catalysts and synthetic conditions are provided. Experiments found that generating-gases obtained from aerobic gasification of plant biomass can be used to produce paraffins, olefins, and monatomic alcohols without conditioning, i.e., without separating stoichiometric syngas from them.*

**Keywords:** biomass, gasification, generating gas, syngas, catalysts, paraffins, olefins, alcohols.

*А. Г. Рзаев<sup>1</sup>, Г. И. Келбалиев<sup>2</sup>, Г. Р. Мустафаева<sup>3</sup>, С. Р. Расулов<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Институт систем управления Национальной АН Азербайджана,

<sup>2</sup>Институт катализа и неорганической химии НАН Азербайджана,

<sup>3</sup>Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

rasulovsakit@gmail.com

### **Моделирование процессов образования и разрушения эмульсии при термохимической подготовке нефти**

*Показано, что процессы подготовки нефти относятся к нанотехнологиям, поскольку эти процессы осуществляются на наноразмерном уровне, заключающемся в зарядовом взаимодействии моно- и поливалентных ионов, присутствующих во взаимодействующих средах нефти и пластовой воды. С учетом специфических особенностей (наноявлений) образования и разрушения нефтяной эмульсии предложена математическая модель процессов термохимического обезвоживания нефти. Предложены методики оценки*

*эффективности промежуточного эмульсионного слоя и аналитические выражения для определения времени пребывания нефтяных эмульсий в отстойных аппаратах установки термохимической подготовки нефти.*

**Ключевые слова:** двойной электрический заряд, адсорбция, нефтяная эмульсия, межфазное натяжение, смачивание, коалесценция, фильтрация.

A. G. Rzaev,<sup>1</sup> G. I. Kelbaliev,<sup>2</sup> G. R. Mustafaeva,<sup>3</sup> and S. R. Rasulov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Control Systems, National Academy of Sciences of Azerbaijan;

<sup>2</sup>Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry, National Academy of Sciences of Azerbaijan;

<sup>3</sup>Azerbaijan State Oil and Industry University

## **SIMULATION OF EMULSION FORMATION AND DESTRUCTION DURING THERMOCHEMICAL OIL PREPARATION**

*Nanotechnology comprises oil preparation processes because they occur on the nano-scale and involve interaction of charged mono- and polyvalent ions found in the interacting oil and reservoir water. A mathematical model for thermochemical dehydration of oil was proposed considering the specific features (nano-scale effects) of oil-emulsion formation and destruction. Procedures for estimating the effectiveness of the intermediate emulsion layer and analytical expressions for determining the lifetime of oil emulsions in settlers of thermochemical oil preparation facilities were proposed.*

**Keywords:** *electrical double layer, adsorption, oil emulsion, interfacial tension, wetting, coalescence, filtration.*

*A. G. Сафиулина<sup>1</sup>, Р. Р. Заббаров<sup>1</sup>, С. И. Хуснутдинов<sup>2</sup>, А. А. Алексеева<sup>1</sup>,*

*И. Ш. Хуснутдинов<sup>1</sup>, С. М. Петров<sup>1,3</sup>*

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

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский горный университет,

<sup>3</sup>Казанский (приволжский) федеральный университет,

E-mail: aliyahanova@mail.ru

## **Термомеханическое обезвоживание высокоустойчивых дисперсных систем жидких продуктов пиролиза**

*Работа посвящена изучению жидких продуктов пиролиза широкой фракции легких углеводородов и этановой фракции, представляющих собой высокоструктурированные и высокоустойчивые водо-углеводородные дисперсные системы. В качестве способа обезвоживания был использован метод, основанный на испарении воды. Изучались смеси с содержанием водной фазы от 20 до 75% масс. Проведено разделение сырья термомеханическим методом на кубовый остаток и дистиллятные фракции. Оценка эффективности обезвоживания осуществлялась на основе содержания воды в кубовом остатке. Для всех изученных смесей были достигнуты следовые количества воды в кубовом остатке. Показано, что увеличение содержания воды в эмульсиях способствует увеличению соотношения отбираемого углеводородного дистиллята к кубовому продукту, а разбавление исходной эмульсии легкой пиролизной смолой, в зависимости от исходного сырья пиролиза, оказывает противоречивое влияние на выход продуктов обезвоживания.*

**Ключевые слова:** дисперсная система, жидкие продукты пиролиза, тяжелая пиролизная смола, эмульсия, обезвоживание, испарение, термомеханическое воздействие.

<sup>1</sup>A.G. Safiulina, <sup>1</sup>R.R. Zabbarov, <sup>2</sup>S.I. Khusnutdinov, <sup>1</sup>A.A. Alekseeva, <sup>1</sup>I.Sh. Khusnutdinov, <sup>1,3</sup>S.M. Petrov

<sup>1</sup>Kazan national research technological university,

<sup>2</sup> Saint Petersburg Mining University,

<sup>3</sup> Kazan Federal University

### **Thermomechanical dehydration of highly-stable dispersed systems of liquid pyrolysis products**

*Samples of highly-organized and highly-stable dispersed systems of liquid pyrolysis products were obtained from PJSC «Kazanorgsintez». These samples cannot be exposed to traditional dehydration methods, based on settling of water phase. Method, based on evaporation, was used as an alternative dehydration technique. Model mixtures with water cut in the range of 20-75 % were prepared. The feedstock was then divided into distillate fraction and bottom product. Assessment of efficiency of dehydration was carried out based on final water cut of bottom products. For all the samples water content dropped to trace amounts. It was shown that, dilution of the emulsions with light pyrolysis oil, acting as an azeotropizer, promotes separation of the feedstock.*

**Keywords:** dispersed systems, liquid pyrolysis products, heavy pyrolysis resin, emulsion, dehydration, evaporation, thermomechanical effect.

*A. A. Алексеева<sup>1</sup>, С. И. Хуснутдинов<sup>2</sup>, С.М. Петров<sup>1,3</sup>,*

*И.Ш. Хуснутдинов<sup>1</sup>, А.Г. Сафиулина<sup>1</sup>, Н.Ю. Башкирцева<sup>1</sup>*

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

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский горный университет,

<sup>3</sup>Казанский (приволжский) федеральный университет,

E-mail: alexeeva.a.a@bk.ru

### **Свойства и направления реализации дистиллятных фракций высокоустойчивых дисперсных систем жидких продуктов пиролиза**

*В статье приводится анализ современных методов переработки и утилизации жидких продуктов пиролиза углеводородного сырья. Объектом исследования являются углеводородные дистиллятные фракции, полученные при перегонке высокоустойчивых дисперсных систем жидких продуктов пиролиза широкой фракции легких углеводородов и этановой фракции. Были определены основные физико-химические показатели, фракционные и компонентные составы полученных дистиллятов. Проведен анализ получаемых продуктов на соответствие требованиям к жидким продуктам пиролиза марок Е-1, Е-18. Установлено, что полученные углеводородные дистилляты соответствуют требованиям ТУ 2451-179-00203335–2008 на жидкие продукты пиролиза марки Е-1.*

**Ключевые слова:** жидкие продукты пиролиза, легкий углеводородный дистиллят, дисперсная система, обезвоживание, испарение, термомеханическое воздействие.

<sup>1</sup> A.A. Alekseeva, <sup>2</sup>S.I. Khusnutdinov, <sup>1,3</sup>S.M. Petrov

<sup>1</sup>I.Sh.Khusnutdinov, <sup>1</sup>A.G. Safiulina, <sup>1</sup>N.Yu.Bashkirtseva

<sup>1</sup>Kazan national research technological university,

<sup>2</sup> Saint Petersburg Mining University,

<sup>3</sup> Kazan Federal University

### **Properties and selling destinations of highly-stable dispersed systems of liquid pyrolysis products**

*In the article modern methods of processing and utilization of liquid products of pyrolysis of hydrocarbon feedstock were analyzed. Highly-stable dispersed samples of liquid pyrolysis products of PJSC "Kazanorgsintez" were chosen as an object of research for thermomechanical dehydration. Physico-chemical properties, fractional and component composition of light distillates were determined. Obtained products were analyzed and compared with the requirements of liquid pyrolysis products of grade E-1. E-18. It was shown that, obtained hydrocarbon distillates comply with the standards of liquid pyrolysis products of grade E-1 (TU 2451-179-00203335-2008)*

**Keywords:** liquid pyrolysis products, light hydrocarbon distillate, dispersed system, dehydration, evaporation, thermomechanical effect.

**Ю. А. Хамзин, Р. Р. Ширязданов, А. Р. Давлетшин, А. Б. Мурзабекова, Н. В. Якупов, А. Э. Шадрина**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

E-mail: Yunirkh@bk.ru

### **Применение окислительной регенерации цеолитсодержащих катализаторов**

#### **в процессе твердокислотного алкилирования изобутана олефинами**

*Исследовано применение окислительной регенерации цеолитсодержащих катализаторов в процессе алкилирования изобутана олефинами в процессе длительных испытаний образцов катализатора на пилотной установке. Установлено, что данный подход регенерации сокращает межрегенерационный срок службы катализатора. Предположительно локальные перегревы катализатора приводят к необратимым процессам спекания и, как следствие, к снижению выхода алкилата.*

**Ключевые слова:** твердокислотное алкилирование, цеолиты, алкилат, окислительная регенерация.

Yu. A. Khamzin, R. R. Shiryazdanov, A. R. Davletshin, A. B. Murzabekova, N. V. Yakupov, and A. E. Shadrina

Ufa State Petroleum Technological University

### **APPLICATION OF OXIDATIVE REGENERATION OF ZEOLITE-CONTAINING CATALYSTS TO SOLID-ACID ALKYLATION OF ISOBUTANE BY OLEFINS**

*Application of oxidative regeneration of zeolite-containing catalysts to alkylation of isobutane by olefins was investigated during long-term catalyst tests at a pilot plant. This approach to regeneration was found to shorten the catalyst service life between regenerations. Local overheating of the catalyst is presumed to cause irreversible sintering and, as a result, a decrease of the alkylate yield.*

**Keywords:** solid-acid alkylation, zeolites, alkylate, oxidative regeneration.

**Л. Р. Гайнуллина, В. П. Тутубалина**

Казанский государственный энергетический университет

E-mail: gainullina7819@mail.ru

## **Адсорбционное разделение и исследование узких масляных фракций 300–400°C**

### **западно-сургутской нефти**

*С ростом добычи и переработки сернистых нефтей возникла проблема комплексного исследования их состава и свойств, связанная с разработкой современных технологий обессеривания масляных фракций и с использованием сераорганических соединений в качестве нового сырья для нефтехимической промышленности. Для изучения состава и свойств сераорганических соединений был применен адсорбционный метод разделения масляного дистиллята на узкие фракции на силикагеле ШСМ. При помощи ИК- и масс-спектроскопии установлено, что сераорганические соединения масляной фракции западно-сургутской нефти представлены сульфидами алифатического и циклического рядов при отсутствии сульфидов ароматического строения и соединениями тиофенового ряда (алкил-, цикло- и бицикланобензотиофенами).*

**Ключевые слова:** масляная фракция, сераорганические соединения, адсорбционное разделение.

L. R. Gainullina and V. P. Tutubalina

Kazan State Power Engineering University

### **ADSORPTIVE SEPARATION AND STUDY OF NARROW OIL FRACTIONS (bp 300-400°C) OF WEST SURGUT OIL**

*Increased production and processing of sulfur crudes has necessitated a comprehensive study of their compositions and properties because of the development of modern desulfurization technologies for oil fractions and the use of organosulfur compounds as new feedstocks for the petrochemical industry. The compositions and properties of organosulfur compounds were studied using adsorptive separation of the oil distillate into narrow fractions over ShSM silica gel. IR and mass spectroscopy found that organosulfur compounds of West Surgut oil fractions are aliphatic and cyclic but not aromatic sulfides and thiophenes (alkyl-, cycloalkano-, and bicycloalkanobenzothiophenes).*

**Keywords:** oil fraction, organosulfur compounds, adsorptive separation.

**Ф. В. Юсубов, Ч. Ш. Ибрагимов**

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,

E-mail: yusfax@mail.ru

### **Адсорбционное разделение газовых смесей в неподвижном слое адсорбента**

*Рассмотрено изменение перепада давления в неподвижном слое синтетического цеолита NaA и природного клиноптилолита месторождения "Ай-Даг" (Азербайджан) в зависимости от расхода поступающего газа. Показано, что при поддержании перепада давления в определенном интервале, в неподвижном слое цеолита создаются условия достижения максимальной адсорбционной емкости адсорбента при адсорбционном разделении газовой смеси CH<sub>4</sub>/CO/CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>. Предложена система уравнений, для описания взаимосвязи перепада давления при газофазной адсорбции в неподвижном слое клиноптилолита и расхода поступающего газа, обеспечивающего наиболее полное использование адсорбционной емкости адсорбента.*

**Ключевые слова:** газовая смесь, адсорбция, цеолиты, адсорбционная емкость.

F. V. Yusubov and Ch. Sh. Ibragimov

Azerbaijan State Oil and Industry University

## SEPARATION OF GAS MIXTURES IN A FIXED-BED ADSORBENT

*The change of pressure drop in a fixed bed of synthetic zeolite NaA and natural clinoptilolite from Ai-Dag field of Azerbaijan is studied as a function of the incoming gas flow rate. Conditions for attaining the maximum adsorbent capacity during adsorptive separation of a CH<sub>4</sub>/CO/CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> gas mixture are created in the zeolite fixed bed if the pressure drop is maintained in a certain range. A system of equations describing relationships of the pressure drop during gas-phase adsorption in a clinoptilolite fixed bed and the incoming gas flow rate that ensure the most complete utilization of the adsorbent capacity is proposed.*

**Keywords:** gas mixture, adsorption, zeolites, adsorption capacity.

*E. M. Захарян<sup>1</sup>, Н. Н. Петрухина<sup>1</sup>, А. И. Дмитриев<sup>2</sup>, А. И. Нехаев<sup>1</sup>, Б. П. Туманян<sup>2</sup>, А. Л. Максимов<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН,

<sup>2</sup>РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина,

<sup>3</sup>Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,

E-mail: n.petrukhina@ips.ac.ru

## Синтез нефтеполимерных смол термической полимеризацией непредельных соединений пиролизных фракций

*Получены нефтеполимерные смолы путем термической полимеризации непредельных соединений фракций жидких продуктов пиролиза (фракция C<sub>9+</sub>, тяжелая смола пиролиза). Нефтеполимерные смолы охарактеризованы методами <sup>1</sup>H ЯМР-спектроскопии, MALDI спектрометрии и гелпроникающей хроматографии. Исследовано влияние температуры, продолжительности реакции, состава сырья и содержания растворителя на выход, среднюю молекулярную массу, цвет и структуру молекул нефтеполимерных смол. Показано, что в случае полимеризации фракции тяжелой смолы пиролиза оптимальная температура составляет 230°C, при этой температуре выход нефтеполимерной смолы достигает 50% мас. Показано, что добавление к тяжелой смоле пиролиза фракции C<sub>9+</sub> позволяет повысить выход полимера при уменьшении содержания в его структуре ароматических фрагментов.*

**Ключевые слова:** нефтеполимерная смола, жидкие продукты пиролиза, тяжелая смола пиролиза, термическая полимеризация.

E.M. Zakharyan<sup>1</sup>, N.N. Petrukhina<sup>1</sup>, A.I. Dmitriev<sup>2</sup>, A.I. Nekhaev<sup>1</sup>, B.P. Tumanyan<sup>2</sup>, A.L. Maximov<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> A.V. Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis RAS,

<sup>2</sup> Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University),

<sup>3</sup> Moscow State University, Chemical Department

## Thermal Polymerization of Steam Cracking Liquid Fractions for Hydrocarbon Resins Production

Hydrocarbon resins were synthesized by thermal polymerization of olefinic compounds of steam cracking liquid products (C<sub>9+</sub> cut, heavy tar). The hydrocarbon resins were characterized by <sup>1</sup>H NMR spectroscopy, MALDY and gel permeation chromatography. The effect of temperature, reaction time, feed composition and solvent on yield,



molecular weight, color and molecular structure of hydrocarbon resins was investigated. It was shown that C<sub>9+</sub> fraction addition to heavy tar provides polymer yield increase while reducing aromatic fragments in its structure. Key words: hydrocarbon resin, steam cracking liquid products, steam cracking ter, thermal polymerization.

**Р. И. Кадыров, М. С. Глухов, Е. О. Стаценко, Б. М. Галиуллин**

Казанский (Приволжский) федеральный университет,

E-mail: Rail7777@gmail.com

### **Трансформация структуры пустотно-порового пространства известкового коллектора в процессе соляно-кислотной обработки**

*В статье представлены результаты исследования морфологических изменений структуры порового пространства карбонатного коллектора, возникающих под воздействием фильтрации раствора соляной кислоты (10% мас.). Предложен новый метод измерения боковой площади «червоточины» для расчета числа Дамкелера, заключающийся в сегментации её границ на цифровой модели образца, вычисления площади поверхности полученной сложной формы фильтрационного канала и вычитания площади ее торцевых площадей. Выявлено, что морфометрические характеристики структуры поровых каналов, по которым впоследствии образуется «червоточина», существенно отличаются от поровой системы исходного образца большей структурной упрощенностью, связностью, меньшей извилистостью системы порового пространства, большими размерами поровых каналов, что обуславливает их изначально высокую проницаемость. В исходном образце поры образованы контактом угловатых обломочных зерен, поверхность поровых каналов — неровная, с многочисленными выступами зерен, а сами каналы обладают значительной извилистостью. После фильтрации кислотного раствора отмечается выравнивание поверхности фильтрационного канала, поровое пространство принимает форму системы соединенных между собой труб, образующих древовидную структуру.*

**Ключевые слова:** известняк, карбонатный коллектор, соляно-кислотная обработка, червоточина, число Дамкелера, морфометрия, микротомография.

R. I. Kadyrov, M. S. Glukhov, E. O. Statsenko, and B. M. Galiullin

Kazan (Volga Region) Federal University

### **STRUCTURAL TRANSFORMATION OF THE VOID-PORE SPACE OF A LIME RESERVOIR DURING HCl TREATMENT**

*Morphological changes of a lime reservoir pore structure that occurred during flooding with HCl solution (10 mass%) are studied. A new method of measuring the lateral area of a wormhole is proposed for calculating the Damkohler number and consists of segmenting its boundaries into a digital model, calculating the surface area of resulting complicated shape of the flooding channel, and subtracting the area of its ends. The morphological sizes of the pore-channel structures through which the wormhole is subsequently formed differ considerably from the starting pore system by a simpler structure, greater connectivity, less tortuosity of the pore space, and larger pore channels, which are responsible for the initially high permeability. Pores in the starting sample are formed by contact of angular clastic grains. The surface of pore channels is uneven with many outcropping grains. The channels*

*themselves are highly tortuous. After acid flooding, the channel surface evens out and the pore space becomes a dendritic structure of interconnecting tubes.*

**Keywords:** limestone, lime reservoir, HCl treatment, wormhole, Damkohler number, morphological size, microtomography.

**Ван Сюдун<sup>1</sup>, Чень Чжаохой<sup>1,2</sup>, Лян Дань<sup>1,2</sup>, Чень Гуаньчжун<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Offshore Oil Exploitation, Beijing, China,

<sup>2</sup>State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploration, Chengdu, China,

E-mail: wangxd9@cnooc.com.cn

### **Исследование закономерности распределения коэффициента проницаемости в призабойной зоне скважины при холодной добыче тяжелой нефти с песком**

*Применение технологии холодной добычи тяжелой нефти с песком (CHOPS) позволяет повысить темпы добычи скважины. Породы, прилегающие к песчаному фильтру, легко разрушаются под действием выпучивания (выгибания) песчаного прослоя и миграции частиц. Эффективность метода повышения нефтеотдачи скважины зависит от внутреннего закупоривания песчаного прослоя и образования каналов при запесчанивании. В данном исследовании, для определения размера песчаной подвижной зоны и распределения коэффициента проницаемости в призабойной зоне, была предложена модель макроскопических радиальных потоков в микропористой среде. Результаты работы по определению закономерности распределения коэффициента проницаемости в призабойной зоне скважины могут быть полезны для определения стратегии и оптимизации параметров при использовании технологии холодной добычи тяжелой нефти.*

**Ключевые слова:** умеренное запесчанивание, закупоривание песчаного прослоя, увеличение проницаемости, моделирование микропористой среды, распределение коэффициента проницаемости.

Xudong Wang,<sup>1</sup> Zhaohui Chen,<sup>1,2</sup> Dan Liang,<sup>1,2</sup> and Guanzhong Chen<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Offshore Oil Exploitation, Beijing, 100028, China;

<sup>2</sup>State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploration, Chengdu, Sichuan, China

### **STUDY OF THE PERMEABILITY DISTRIBUTION LAW NEAR THE WELLBORE IN COLD HEAVY-OIL PRODUCTION WITH SAND**

*Cold heavy-oil production with sand (CHOPS) can be used to enhance well production rates. The formation adjacent to the sand filter can be easily damaged due to arching (bulging) of the sand layer and particle migration. The effectiveness of stimulating well production depends on internal blockage of the sand arch and improvement of communication during sanding. In this study, macroscopic radial flows in a micropore network were proposed for simulating the range of the sanding mobile zone and the in situ permeability distribution near the wellbore. The permeability distribution law near the wellbore can be useful for determining a strategy and optimizing the CHOPS parameters.*

**Keywords:** moderate sanding, sand arch blockage, enhanced permeability, micropore network simulation, permeability distribution.

*А. П. Мамедов, Ч. К. Расулов, Ч. К. Салманова, С. Ф. Ахмедбекова, Р. З. Багирзаде, У. Дж. Йолчуева*

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

saida\_ahmadbayova@yahoo.com

### **Хемилюминесценция фотоокисленных и ингибированных углеводородов**

#### **тяжелого остатка балаханской нефти**

*Исследованы термо- и фототермохемилюминесценции углеводородов тяжелого нефтяного остатка (>500°C) Балаханской (масляной) нефти. Рассмотрены влияния ингибиторов на основе замещенных фенолов на эффективность фотоокисления этих углеводородов. Описаны механизмы термо- и фотоокисления исследуемых систем.*

**Ключевые слова:** свободные радикалы, углеводороды тяжелого нефтяного остатка, термо- и фототермохемилюминесценция, воздействия фотооблучения, ингибирование фотоокислительных процессов, антиоксиданты.

A. P. Mamedov, Ch. K. Rasulov, Ch. K. Salmanova, S. F. Ahmadbayova, R. Z. Bagirzade, and U. J. Yolchuyeva

Yu. H. Mammadaliyev Institute of Petrochemical Processes, National Academy of Sciences of Azerbaijan

### **CHEMILUMINESCENCE OF PHOTO-OXIDIZED AND INHIBITED HYDROCARBONS OF BALAKHAN HEAVY-OIL RESIDUE**

*Thermal and photothermal chemiluminescence of hydrocarbons in heavy-oil residue (>500°C) from Balakhani oil were studied. The effects of substituted-phenol inhibitors on the photooxidation efficiency of these hydrocarbons were considered. The mechanisms of thermal and photooxidation of the studied systems were discussed.*

**Keywords:** free radicals, heavy-oil residue hydrocarbons, thermal and photothermal chemiluminescence, photoirradiation exposure, inhibition of photooxidation, antioxidants.