

# Химия и технология топлив и масел

## 1 (593) '2016

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.  
**Е. Д. Радченко** – 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 сырье

*О. И. Кривонос, Е. Н. Терехова, Г. В. Плаксин, А. В. Лавренов.* 3  
Каталитическое гидроожидание сапропелей

*О. Ю. Полетаева, Д. Ж. Латылова, Э. М. Мовсум-заде.* 9  
Получение углеводородного топлива  
из синтез-газа газификации горючих сланцев

### ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Н. А. Самойлов, С. К. Чуракова.* 13  
Влияние диффузии на эффективность работы  
контактных устройств ректификационных колонн

### НЕФТЕХИМИЯ

*Н. А. Салимова, С. Г. Амиров, С. С. Исмаилова.* 19  
Деароматизация моторных топлив алкилированием  
на цеолитных катализаторах

### ИССЛЕДОВАНИЯ

*А. А. Казаков, Г. В. Тараканов, Н. Г. Ионов.* 23  
Закономерности окислительного обессеривания  
прямогонного мазута с использованием  
озонированного воздуха

*О. М. Горелова, Л. Ф. Комарова.* 26  
Оценка возможности использования различных видов  
углеводородного сырья для получения бензина —  
растворителя резины

*А. П. Семенов, В. И. Медведев, П. А. Гущин,  
В. С. Якушев, В. А. Винокуров.* 29  
Ингибирование образования газовых гидратов  
комбинированной композицией полимер+моноэтиленгликоль

*В. А. Винокуров, И. М. Колесников, В. И. Фролов,  
В. А. Любименко, С. В. Лесин, С. И. Колесников.* 34  
Влияние электромагнитного излучения  
на термический крекинг активированного нефтешлама

*Ши Янь, Сунь Чжаолин, Ван Хайянь, Сун Лицзуань.* 39  
Влияние полиэтиленгликоля на приготовление и характеристики  
никельмолибденовых блочных катализаторов гидроочистки

*Линь Тецзюнь, Вэй Ченьсин, Чжан Цян, Сунь Тэнфей.* 43  
Расчет эквивалентной циркуляционной плотности  
и концентрации шлама в кольцевом пространстве  
при расширке ствола глубоководной скважины

### МЕТОДЫ АНАЛИЗА

*Б. П. Тонконогов, В. А. Дорогощинская,  
Л. Н. Багдасаров, Е. В. Можайская,* 46  
Разработка экспресс-метода определения вязкости,  
индекса вязкости и температуры застывания базовых масел  
методом ИК-спектроскопии

### ЭКОЛОГИЯ

*Ду Кунь, Хэ Мань, Лянь Минлей, Ли Ю.* 51  
Каталитическое окисление влажным воздухом  
как процесс очистки нефтезагрязненных стоков

*Ю. В. Голубков, Н. В. Ермолаева, Л. Э. Шварцбург.* 54  
Азотсодержащие органические компоненты  
индустриальных масел

# Chemistry and Technology of Fuels and Oils

## 1 (593) '2016

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.

**E. D. Radchenko** – 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

**Н. Н. Петрухина,**

**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

### CURRENT PROBLEMS

#### Alternative Feedstock

*O. I. Krivonos, E. N. Terekhova, G. V. Plaksin, and A. V. Lavrenov.* 3  
Catalytic Hydroliquefaction of Spropels

*O. Yu. Poletaeva, D. Zh. Latypova, and E. M. Movsum-zade.* 9  
Hydrocarbon Fuels from Oil Shale Gasification Synthesis Gas

### CHEMICAL ENGINEERING AND EQUIPMENT

*N. A. Samoilo and S. K. Churakova.* 13  
Effect of Diffusion on Efficiency  
of Fractionating Tower Contact Devices

### PETROCHEMISTRY

*N. A. Salimova, S. G. Amirov, and S. S. Ismailova.* 19  
Dearomatization of Motor Oils by Alkylation over Zeolite Catalyst

### RESEARCH

*A. A. Kazakov, G. V. Tarakanov, and N. G. Ionov.* 23  
Mechanisms of Oxidative Desulfurization of Straight-Run Residual  
Fuel Oil Using Ozonized Air

*O. M. Gorelova and L. F. Komarova.* 26  
Appraisal of Feasibility of Use Of Various Types  
of Hydrocarbon Stocks for Producing Benzine Rubber Solvent

*A. P. Semenov, V. I. Medvedev, P. A. Gushchin,  
V. S. Yakushev, and V. A. Vinokurov.* 29  
Inhibiting Gas Hydrate Formation  
by Polymer–Monoethylene Glycol Mixture

*V. A. Vinokurov, I. M. Kolesnikov, V. I. Frolov,  
V. A. Lyubimenko, S. V. Lesin, and S. I. Kolesnikov.* 34  
Effect of Electromagnetic Radiation on Thermal Cracking  
of Activated Oil Sludge

*Shi Yan, Sun Zhaolin, Wang Haiyan, and Song Lijuan.* 39  
Effect of Polyethylene Glycol on Preparation And Performance  
of Ni-Mo Hydrodesulfurization Catalysts

*Lin Tiejun, Wei Chenxing, Zhang Qiang, and Sun Tengfei.* 43  
Calculation of Equivalent Circulation Density  
in Reaming-Hole Section in Deepwater Drilling

### METHODS OF ANALYSIS

*B. P. Tonkonogov, V. A. Dorogochinskaya,  
L. N. Bagdasarov, and E. V. Mozhaiskaya.* 46  
Development of a Proximate Ir Spectrometric Base Oil Viscosity,  
Viscosity Index, and Pour Point Determination Method

### ECOLOGY

*Du Kun, He Man, Lian Minglei, and Li Yu.* 51  
Catalytic Wet Air Oxidation Treatment of Oily Wastewaters

*Yu. V. Golubkov, N. V. Ermolaeva,  
and L. E. Shwarzburg.* 54  
Nitrogen-Bearing Organic Components of Industrial Oils

### ***Каталитическое гидроожигение сапропелей***

О. И. Кривонос, Е. Н. Терехова, Г. В. Плаксин, А. В. Лавренов

*E-mail: oksana@ihcp.ru*

Исследован процесс каталитического гидроожигения сапропелей, различающихся содержанием органического вещества и гетероатомов, в присутствии катализаторов  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ ,  $(\text{Co}/\text{Mo})\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $(\text{Fe}/\text{Ni})\text{Al}_2\text{O}_3$ . Установлены закономерности, связывающие выход и состав продуктов с температурой процесса, природой сапропеля и катализатора. Определен режим процесса (катализатор  $(\text{Co}/\text{Mo})\text{Al}_2\text{O}_3$ , температура  $450^\circ\text{C}$ , продолжительность реакции 1 ч, парциальное давление водорода 6 МПа), обеспечивающий максимальный выход жидких продуктов — 53% и максимальную степень превращения органической массы сапропеля — 74%. Установлено, что жидкие продукты деструкции органического вещества сапропеля содержат главным образом предельные углеводороды  $\text{C}_8\text{-C}_{29}$ . В значительно меньшем количестве присутствуют ароматические, нафтеновые, кислород- и азотсодержащие соединения. Предложена схема превращения органической массы сапропелей в процессе каталитического гидроожигения.

**Ключевые слова:** гидроожигение, сапропель, бионефть, альтернативное сырье.

### ***Catalytic hydroliquefaction of sapropels***

O. I. Krivonos, E. N. Terekhova, G. V. Plaksin, and A. V. Lavrenov

Catalytic hydroliquefaction of sapropels differing in organic matter and heteroatom contents in the presence of  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ ,  $\text{Co}/\text{MoAl}_2\text{O}_3$ , and  $\text{Fe}/\text{NiAl}_2\text{O}_3$  catalysts is studied. The process conditions ( $\text{Co}/\text{MoAl}_2\text{O}_3$  catalyst, temperature  $450^\circ\text{C}$ , reaction time 1 h, and partial hydrogen pressure 6 MPa) that yield maximum liquid products (53%) and convert organic matter of sapropels maximally (74%) are determined. It is shown that liquid products of sapropel organic matter degradation contain essentially  $\text{C}_8\text{-C}_{29}$  saturated hydrocarbons and aromatic, naphthenic, and oxygen- and nitrogen-bearing compounds in much smaller quantities. A scheme is proposed for catalytic hydroliquefaction of the organic matter of sapropels.

**Keywords:** hydroliquefaction, sapropel, bio-oil, alternative feedstock.

### ***Получение углеводородного топлива из синтез-газа газификации горючих сланцев***

О. Ю. Полетаева, Д. Ж. Латыпова, Э. М. Мовсум-заде

*E-mail: ol612@mail.ru*

На кобальтовых катализаторах проведен синтез Фишера–Тропша с использованием модельного газа газификации горючих сланцев. На примере модельной смеси ( $\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{N}_2$ ) продуктов газификации Ленинградского и Кашпирского сланцев показана возможность получения широкой углеводородной фракции на кобальтовом катализаторе. Изучено влияние состава синтез-газа, типа носителя и промотора, температуры, давления, объемной скорости подачи сырья на производительность катализатора, конверсию оксида углерода, селективность и выход жидких продуктов. Достигается селективность по жидким углеводородам до 88,7% при низкой селективности по метану (3,3%). Полученные углеводороды характеризуются величиной вероятности роста цепи до 0,87.

**Ключевые слова:** синтез-газ, синтез Фишера–Тропша, промотор, горючий сланец.

### ***Hydrocarbon fuels from oil shale gasification synthesis gas***

O. Yu. Poletaeva, D. Zh. Latypova, and É. M. Movsum-zade

Fischer-Tropsch synthesis is carried out over cobalt catalysts using model oil shale gasification gas. It is demonstrated by example of model mixtures ( $\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{N}_2$ ) of Leningrad and Kashpir oil shale gasification products that a wide hydrocarbon fraction can be obtained over cobalt catalyst. The effect of synthesis gas composition, carrier and promoter type, temperature, pressure, and volume stock feed rate on the catalyst efficiency, carbon monoxide conversion, and selectivity and yield of liquid products is studied. A liquid hydrocarbon selectivity of up to 88.7% is achieved at low methane selectivity (3.3%). The obtained hydrocarbons are characterized by a chain growth probability of up to 0.87.

**Keywords:** synthesis gas, Fischer-Tropsch synthesis, promoter, oil shale.

### ***Влияние диффузии на эффективность работы контактных устройств ректификационных колонн***

Н. А. Самойлов, С. К. Чуракова

*E-mail: naum.samoilow@yandex.ru*

Обследовано 13 промышленных ректификационных колонн с разнообразными тарельчатыми контактными устройствами (S-образными клапанными, прямоточными клапанными, желобчатыми, клапанными фирмы «Глитч») и 11 промышленных ректификационных колонн с разными перекрестноточными насадочными контактными устройствами. Показано, что в отгонных частях ректификационных колонн коэффициент полезного действия контактных устройств разнообразных конструкций ниже, чем в концентрационных частях. Анализ особенностей диффузии разделяемых компонентов в паровой и жидкой фазах на контактных устройствах показывает, что коэффициент диффузии компонентов в паровой фазе уменьшается от верха колонны к ее низу по мере концентрирования высококипящих компонентов. Это приводит к снижению массы вещества, переносимой из одной фазы в другую на контактном устройстве в отгонной части колонны, и, как следствие, к снижению коэффициента полезного действия контактного устройства в этой части колонны. Показано, что увеличение давления в колонне и перепада температур по высоте колонны приводит к дополнительному снижению эффективности контактных устройств в отгонной части колонны.

**Ключевые слова:** ректификация, диффузия в газах, диффузия в жидкостях, контактное устройство, коэффициент полезного действия.

### *Effect of diffusion on efficiency of fractionating tower contact devices*

N. A. Samoilov and S. K. Churakova

A study has been made of 13 industrial fractionating towers having a variety of plate contact devices (S-valve, straight-through valve, rectangular cap, and valve devices made by Glitsch) and 11 industrial fractionating towers having a variety of cross-flow packing contact devices. It is demonstrated that the efficiency of contact devices of various designs is less in the stripping sections of the fractionating towers than in the concentrating sections. Analysis of the mechanisms of diffusion of fractionated components in vapor and liquid phases in contact devices shows that the diffusion coefficient in the vapor phase decreases from the top to the bottom of the tower as the concentration of high-boiling components increases. This reduces mass transfer from one phase to another in the contact device in the stripping section of the tower and, as a result, reduces the efficiency of the contact device in this section of the tower. It is shown that elevation of pressure in the tower and increased temperature gradient across the tower height cause further decline of the contact device efficiency in the stripping section of the tower.

**Keywords:** Fractionation, diffusion in gases, diffusion in liquids, contact device, efficiency.

## *Деароматизация моторных топлив алкилированием на цеолитных катализаторах*

Н. А. Салимова, С. Г. Амиров, С. С. Исмаилова

*E-mail: sabir.54@mail.ru*

Исследован процесс деароматизации бензина алкилированием в присутствии цеолитов с последующим фракционированием алкилата на деароматизированный бензин и концентрат ароматических углеводородов. Показана роль кислотных центров катализатора при протекании реакций алкилирования. При массовом отношении ароматические углеводороды сырья : стирол, равном 1:1, содержание ароматических углеводородов в бензине снижается с 22,58 до 6,51% мас. при полном превращении стирола. В результате получают экологически безопасный компонент бензина и продукт алкилирования — фениларилэтаны, которые могут использоваться как диэлектрические жидкости.

**Ключевые слова:** цеолит, бензин, деароматизация, *n*-децен, стирол.

## **Dearomatization of motor oils by alkylation over zeolite catalysts**

N. A. Salimova, S. G. Amirov, and S. S. Ismailova

Gasoline dearomatization by alkylation in the presence of zeolites and subsequent fractionation of the alkylate into dearomatized gasoline and aromatic hydrocarbon concentrate is studied. It is shown that acid centers of the catalyst play a part in the alkylation reactions. At 1:1 feedstock aromatic hydrocarbon:styrene weight ratio the aromatic hydrocarbon content in the gasoline falls from 22.58 to 6.51 wt. % upon complete conversion of styrene. As a result, environment-friendly gasoline component and the alkylation products phenyl arylethanes, which can be used as dielectric liquids, are obtained.

Keywords: zeolite, gasoline, dearomatization, *n*-decene, styrene.

## ***Закономерности окислительного обессеривания прямогонного мазута с использованием озонированного воздуха.***

А. А. Казаков, Г. В. Тараканов, Н. Г. Ионов

*E-mail: g.tarakanov@astu.org*

Рассмотрена возможность снижения содержания серы в мазуте астраханского газового конденсата в результате окислительного обессеривания с использованием озонированного

воздуха. Определены оптимальные условия окисления озоном и термического разложения окисленных соединений серы. Содержание серы в мазуте может быть снижено с 2,86 до 0,48% мас., при этом из мазута полностью удаляется сероводород и повышается теплота сгорания.

**Ключевые слова:** озонированный воздух, сульфоксиды, сульфоны, окислительное обессеривание.

### **Mechanisms of oxidative desulfurization of straight-run residual fuel oil using ozonized air**

A. A. Kazakov, G. V. Tarakanov, and N. G. Ionov

The possibility of reducing sulfur content of Astrakhan gas condensate in residual fuel oil by oxidative desulfurization using ozonized air is examined. The optimal conditions for oxidizing with ozone and for thermal decomposition of oxidized sulfur compounds are determined. The sulfur content in residual fuel oil can be reduced from 2.86 to 0.48 wt. %, whereupon hydrogen sulfide is removed completely from the residual fuel oil and the combustion heat increases.

**Keywords:** ozonized air, sulfoxides, sulfones, oxidative desulfurization.

### ***Оценка возможности использования различных видов углеводородного сырья для получения бензина — растворителя резины***

О. М. Горелова, Л. Ф. Комарова

*E-mail: osgor777@mail.ru*

Представлены результаты исследования состава газовых конденсатов Уренгойского месторождения и жидкого продукта пиролиза бурого угля Мунайского месторождения Алтайского края с целью подбора сырья для получения бензина-растворителя резины (нефрас С2 80/120, бензин-«калоша») с наибольшим выходом. Проведено фракционирование на лабораторной ректификационной колонне изучаемого сырья. Для фракции, соответствующей по диапазону температур кипения нефрасу С2 80/120, определен углеводородный состав на соответствие ТУ 38.401-67-108-92. Предложен способ удаления непредельных и ароматических углеводородов из фракции нефраса С2 80/120, заключающийся в динамической адсорбции на силикагеле.

**Ключевые слова:** газовый конденсат, бурый уголь, синтетическое жидкое топливо, бензин-«калоша», нефрас С2 80/120.

## **Appraisal of feasibility of use of various types of hydrocarbon stocks for producing benzene rubber solvent**

O. M. Gorelova and L. F. Komarova

This paper reports the results of study of composition of gas condensates of Urengoi field and liquid products of pyrolysis of Muna brown coal of the Altai Region for selecting a feedstock for producing rubber solvent (Nefras C2 80/120, Kalosha rubber solvent) with maximum yield. The studied feedstock is fractionated in a laboratory distillation column. For the fraction corresponding to the Nefras CS2 80/120 boiling point range, the hydrocarbon composition is determined in compliance with TU 38.401-67-108–92 specifications. A method is proposed for removing unsaturated and aromatic hydrocarbons from the Nefras C2 80/120 fraction, which consists in dynamic adsorption on silica gel.

**Keywords:** gas condensate, brown coal, synthetic liquid fuel, Kalosha rubber solvent, Nefras C2 80/120.

## ***Ингибирование образования газовых гидратов комбинированной композицией полимер + моноэтиленгликоль***

А. П. Семенов, В. И. Медведев, П. А. Гушин, В.С. Якушев, В.А. Винокуров

*E-mail: semyonovanton@mail.ru*

Исследовано ингибирование образования гидрата метана КС-I и гидрата метан-пропановой смеси 4,34%  $C_3H_8$  + 95,66%  $CH_4$  (% мол.) КС-II комбинированной композицией — 0,5% кинетический ингибитор + 20,8% моноэтиленгликоль (МЭГ или термодинамический ингибитор) с использованием изотермического метода и метода охлаждения с постоянной скоростью 2°C/ч. Установлено, что синергетический эффект увеличения ингибирующей способности полимерного КИГ в присутствии 20,8% МЭГ наблюдается, как при ингибировании гидрата метана, так и при ингибировании гидратообразования метан-пропановой смеси. Синергизм проявляется в виде увеличения значения степени переохлаждения на 2,5–3°C, достигаемого в системе КИГ + ТИГ перед началом гидратообразования по сравнению с системой, не содержащей термодинамического ингибитора МЭГ. Получена зависимость индукционного периода от степени переохлаждения в системе при ингибировании гидрата КС-I и гидрата КС-II комбинированной композицией 0,5% КИГ + 20,8% МЭГ. Полученные данные указывают



на возможность использования комбинированных антигидратных реагентов КИГ + МЭГ для ингибирования образования техногенных газовых гидратов при температурах  $< 0^{\circ}\text{C}$ .

**Ключевые слова:** кинетические ингибиторы гидратообразования, термодинамические ингибиторы гидратообразования, этиленгликоль, гидрат метана, гидрат метан-пропановой смеси, степень переохлаждения.

### *Inhibiting gas hydrate formation by polymer–monoethylene glycol mixture*

A. P. Semenov, V. I. Medvedev, P. A. Gushchin, V. S. Yakushev, and V. A. Vinokurov

Inhibition of formation of methane hydrate with cubic structure CS-I and methane-propane (95.66  $\text{CH}_4$  + 4.34  $\text{C}_3\text{H}_8$  mole %) hydrate with cubic structure CS-II by isothermal method and method of cooling at the constant rate of  $2^{\circ}\text{C}/\text{h}$ , using 0.5% of a kinetic inhibitor (КИИ) + 20.8% of the thermodynamic inhibitor (ТИИ) monoethylene glycol (MEG) is studied. It is shown that the synergic effect of increase in inhibiting capacity of a polymeric kinetic inhibitor (КИИ) in the presence of 20.8% of MEG (ТИИ) is observed in the case of both methane hydrate and methane-propane hydrate inhibition. The synergy manifests itself in the form of increase in supercooling degree by  $2.5\text{--}3^{\circ}\text{C}$  that is attained in the КИИ + ТИИ system before the initiation of hydrate formation as compared to a system that contains no ТИИ (MEG). The induction time is shown to depend on the degree of supercooling in the system while inhibiting CS-I and CS-II hydrates with 0.5% КИИ + 20.8% MEG. The obtained data indicate that КИИ + MEG antihydrate reagents can be used to inhibit formation of technogenous gas hydrates at  $< 0^{\circ}\text{C}$  temperatures.

**Keywords:** kinetic hydrate formation inhibitors, thermodynamic hydrate formation inhibitors, ethylene glycol, methane hydrate, methane-propane hydrate, supercooling degree.

### *Влияние электромагнитного излучения на термический крекинг активированного нефтешлама*

В. А. Винокуров, И. М. Колесников, В. И. Фролов, В. А. Любименко, С. В. Лесин, С. И. Колесников

*E-mail:* fvi209@mail.ru

Рассчитаны волновые параметры для связей различной природы и потенциалы ионизации, позволяющие рассчитать минимальное время активирования углеводородов с соответствующей связью. Представлены результаты изучения влияния параметров

электромагнитного излучения на выход продуктов процесса термического крекинга негидроочищенного нефтешлама. На основе полученных результатов впервые созданы математические модели, которые позволяют как интерполировать, так и экстраполировать параметры процесса термического крекинга нефтешлама

**Ключевые слова:** термический крекинг, электромагнитное излучение, активирование углеводородов, вакуумный газойль, нефтешлам, математическое моделирование.

### *Effect of electromagnetic radiation on thermal cracking of activated oil sludge*

V. A. Vinokurov, I. M. Kolesnikov, V. I. Frolov, V. A. Lyubimenko, S. V. Lesin, and S. I. Kolesnikov

The wave parameters for correlating differing nature and potential of ionization, which allow determination of the minimum time for activating hydrocarbons with specific bonds, are calculated. The results of study of the effect of electromagnetic radiation parameters on the products of thermal cracking of nonhydrofined oil sludge are reported. These results are used to build for the first time mathematical models that allow both interpolation and extrapolation of the parameters of the oil sludge thermal cracking process.

**Keywords:** thermal cracking, electromagnetic radiation, activated carbon, vacuum gas oil, oil sludge, mathematical modeling.

### *Влияние полиэтиленгликоля на приготовление и характеристики никельмолибденовых блочных катализаторов гидроочистки*

Ши Янь, Сунь Чжаолин, Ван Хайянь, Сун Лицзуань

*E-mail: shiyan1816@163.com*

Методом осаждения приготовлены прекурсоры никельмолибденовых катализаторов гидроочистки. Катализаторы были получены после сушки, формовки и прокаливания. Влияние полиэтиленгликолей на структуру и каталитические свойства катализаторов исследовано рентгеноструктурным методом, методами низкотемпературной адсорбции азота и сканирующей электронной микроскопии. Показано, что добавление полиэтиленгликоля ведет к улучшению структуры катализатора и повышению его активности. Объем пор, удельная площадь поверхности и размер пор непрерывно возрастают с количеством добавляемого полиэтиленгликоля, а дисперсность активного компонента вначале возрастает, а затем уменьшается.

**Ключевые слова:** блочный катализатор, полиэтиленгликоль, гидроочистка, обессеривание

*Effect of polyethylene glycol on preparation and performance of Ni-Mo hydrodesulfurization catalysts*

Yan Shi, Zhaolin Sun, Haiyan Wang, and Lijuan Song

Ni-Mo catalyst precursors were prepared by precipitation method. Ni-Mo bulk hydrodesulfurization catalysts were obtained from these precursors after proper drying, molding, and calcination. The effect of polyethylene glycol (PEG) with different molecular weights and in various dosages on the structure and catalytic properties of these catalysts was investigated applying X-ray diffraction, low-temperature BET N<sub>2</sub> adsorption analysis, and scanning electron microscopic methods. It is shown that the structure, surface properties, and activity of the catalysts can be improved by adding PEG. The pore volume, specific surface area, and pore size of the catalysts increase gradually with increasing PEG dosage, and the dispersion of the active ingredient increases initially and then decreases.

**Keywords:** bulk catalyst, polyethylene glycol, hydrodesulfurization, activity evaluation.

*Расчет эквивалентной циркуляционной плотности и концентрации шлама в кольцевом пространстве при расширке ствола глубоководной скважины*

Линь Тецзюнь, Вэй Ченьсин, Чжан Цян, Сунь Тэнфей

*E-mail: suntengfei7@sina.com*

Предложен способ расчета концентрации выбуренной породы (шлама) в кольцевом пространстве и эквивалентной циркуляционной плотности (ЭЦП) при бурении глубоководной скважины как на этапе бурения пилотного ствола, так и на этапе расширки. Выявлено, что бурение пилотного ствола с последующей расширкой имеет определенные преимущества по сравнению с бурением без пилотного ствола. При использовании технологии, подразумевающей предварительное бурение пилотного ствола, снижаются значения концентрации шлама в кольцевом пространстве и эквивалентной циркуляционной плотности.

**Ключевые слова:** глубоководное бурение, пилотный ствол, концентрация бурового шлама, расширка ствола скважины, эквивалентная циркуляционная плотность.

### *Calculation of equivalent circulation density in reaming-hole section in deepwater drilling*

Lin Tiejun, Wei Chenxing, Zhang Qiang, Sun Tengfei

A method is proposed for calculating and analyzing solid concentration in annular space and equivalent circulation density (ECD) in a pilot hole and in the reaming section in deepwater drilling. It is shown that drilling of a slim pilot hole first and broadening it by reaming later is better than without drilling a pilot hole because the former technology keeps the hole cleaner and reduces solid concentration in the annular space and equivalent circulation density.

**Keywords:** deepwater drilling, pilot hole, solid concentration, reaming, equivalent circulation density.

### *Разработка экспресс-метода определения вязкости, индекса вязкости и температуры застывания базовых масел методом ИК-спектromетрии*

Б. П. Тонконогов, В. А. Дорогочинская, Л. Н. Багдасаров, Е. В. Можайская

*E-mail: kmozhayskaya@gmail.com*

На примере индивидуальных углеводородов доказана возможность использования ИК-спектromетрии при анализе свойств базовых масел. На основе количественной ИК-спектromетрии с использованием площадей двух характеристических пиков и регрессионного анализа для масел групп 3 и 4 по классификации API разработан экспресс-метод определения вязкости, индекса вязкости и температуры застывания. Данный метод может быть использован при контроле качества и исследовании базовых масел в режиме реального времени.

**Ключевые слова:** базовые масла, вязкость, индекс вязкости, температура застывания, ИК-спектromетрия.

### *Development of a proximate ir spectrometric base oil viscosity, viscosity index, and pour point determination method*

B. P. Tonkonogov, V. A. Dorogochinskaya, L. N. Bagdasarov, and E. V. Mozhaiskaya

It is proved by example of individual hydrocarbons that IR spectrometry can be applied to analyze properties of base oils. A proximate viscosity, viscosity index, and pour point determination method is developed based on quantitative IR spectrometry using areas of two

characteristic peaks and regressive analysis for API-classified group 3 and 4 oils. This method can be used for quality control and real-time study of base oils.

**Keywords:** base oils, viscosity, viscosity index, pour point, IR spectrometry.

### ***Каталитическое окисление влажным воздухом как процесс очистки нефтезагрязненных стоков***

Ду Кунь, Хэ Мань, Лянь Минлей, Ли Ю

*E-mail: xuchunhua2015@hotmail.com*

Проведены эксперименты по окислению влажным воздухом нефтезагрязненных стоков. Исследовано влияние на эффективность очистки стоков температуры и продолжительности реакции, исходной химической потребности в кислороде (ХПК), избытка кислорода и наличия катализатора. В целом, степень снижения ХПК увеличивается с температурой, избытком кислорода и продолжительностью окисления. Добавление гомогенного катализатора на основе  $\text{Co}^{2+}$  позволяет увеличить степень снижения ХПК до 98,7%.

**Ключевые слова:** каталитическое окисление влажным воздухом, нефтезагрязненные стоки, химическая потребность в кислороде, очистка сточных вод, кобальтовый катализатор.

### ***Catalytic wet air oxidation treatment of oily wastewaters***

Kun Du, Man He, Minglei Lian, and Yu Li

The effect of reaction temperature, reaction time, initial chemical oxygen demand (COD), excess  $\text{O}_2$  (EO), and catalyst concentration on the efficiency of catalytic wet air oxidation (CWAO) treatment of refinery wastewaters consisting of various oily wastes, water, heavy metals, toxic compounds, etc. was studied. In general, COD decreases substantially with temperature, EO, and oxidation time. Addition of homogeneous  $\text{Co}^{2+}$ -based catalysts reduces COD by as much as 98.7%.

**Keywords:** catalytic wet air oxidation, oily wastes, chemical oxygen demand, wastewater treatment, cobalt catalyst.

### *Азотсодержащие органические компоненты промышленных масел*

Ю. В. Голубков, Н. В. Ермолаева, Л. Э. Шварцбург

*E-mail: ermolaeva\_n\_v@mail.ru*

Методом хроматомасс-спектрометрии исследован химический состав промышленных масел марок И-20А и И-40А, произведенных на разных предприятиях. В маслах обнаружено более 20 азотсодержащих органических соединений, в том числе опасных для здоровья человека. Показано, что состав азоторганических соединений масел разных партий существенно различается. Предложены меры защиты окружающей среды и здоровья работников от обнаруженных соединений.

**Ключевые слова:** промышленное масло, азотсодержащие органические соединения, хроматомасс-спектрометрия, смазочно-охлаждающие технологические средства.

### *Nitrogen-bearing organic components of industrial oils*

Yu. V. Golubkov, N. V. Ermolaeva, and L. E. Shwarzburg

The chemical composition of I-20A and I-40A industrial oils produced by various companies is studied by chromatomass spectrometry. These oils are found to have more than 20 nitrogen-bearing organic compounds, including ones that are hazardous to human health. It is shown that the composition of organic nitro-compounds of various batches of oils differs markedly. Steps for protecting the environment and health of workers from the identified compounds are proposed.

**Keywords:** industrial oil, nitrogen-bearing organic compounds, chromatomass spectrometry, lubricating-cooling technological fluids.