

# Химия и технология топлив и масел

## 2(582)'2014

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

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

Английская версия включена в ведущие  
мировые реферативные базы данных

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

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

Редакционная коллегия  
**И. Б. Грудников** – д.т.н., проф.  
**Л. Е. Злотников** – Генеральный  
директор МК «РИФИН»  
**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

*Д. П. Мельников, И. А. Антонов, М. С. Котелев,  
А. А. Новиков, В. А. Винокуров.* 3

Влияние типа катализатора на состав продуктов  
гидрокаталитической переработки кокосового масла

*Сунь Шучжэнь, Чжан Липин, Мэн Синь, Ма Цун, Синь Чжун.* 6  
Получение биодизеля переэтерификацией кукурузного масла  
диметилкарбонатом в условиях щелочного гетерогенного катализа

#### Стандартизация

*Н. М. Лихтерова, Е. П. Серегин, К. В. Шаталов, И. М. Никитин.* 11  
Анализ изменения нормативно-технических требований  
к отечественным топливам для реактивных двигателей

### АППАРАТУРА

*Н. А. Самойлов, И. А. Мнушкин,  
Л. К. Минибаева, З. И. Сibaгатуллина.* 17  
Метод расчета и оптимизации фракционирующего абсорбера  
с системой циркуляционных орошений

### ИССЛЕДОВАНИЯ

*Г. П. Каюкова, С. А. Петров, Г. В. Романов.* 22  
Свойства базовых масел из тяжелых нефтей и природных битумов  
пермских отложений Татарстана в зависимости от степени  
их природной преобразованности

*Е. В. Кобылянский, В. А. Волошинец, А. Е. Кобылянский.* 29  
Исследование профатеритного и прокальцитного механизмов  
карбонатации при получении сверхщелочных смазок

*Б. П. Туманян, Н. Н. Петрухина, К. О. Аллогулова.* 33  
Устойчивость реальных асфальтенсодержащих систем  
в присутствии биодобавок

*А. С. Абубакарова, Ж. Т. Хадисова,  
Э. А. Александрова, Б. Е. Красавцев.* 38  
Исследование структурно-механических свойств  
парафинсодержащих нефтепродуктов

*Е. Р. Шпербер, Д. Р. Шпербер, Л. Н. Марченко, Т. Н. Боковикова.* 42  
Разработка рецептуры котельного топлива  
с использованием отходов масложировой промышленности

*Юншен Ань, Сяодун Ву.* 44  
Модель для прогнозирования продуктивности сложных скважин  
при наличии повреждения продуктивного пласта

*Н. А. Альмобарак, М. М. Эль-Наггар,  
Р. С. Аль-Муфрадж, О. А. Аль-Зогби.* 49  
Карбоновые кислоты – ингибиторы питтинговой коррозии  
углеродистой стали в щелочной среде в присутствии хлоридов

*Ван Янь, Ли Хуи, Ван Цзуань, Лоу Чжунмин, Су Тао.* 54  
Оценка безопасности эксплуатации материалов  
по коррозионным условиям

# Chemistry and Technology of Fuels and Oils

## 2<sup>(582)</sup>'2014

Head Editor

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

Associate Editor

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

Editorial Board

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

**L. E. Zlotnikov** – Director General  
of International Consortium "RIFIN"

**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.

Редактор

**Н. Н. Петрухина**

Ответственный секретарь

**О. В. Любименко**

Графика и верстка

**В. В. Земсков**

Адрес редакции:

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

Телефон/факс: (499) 135-8875  
e-mail: [httm@list.ru](mailto:httm@list.ru)

Формат 60 x 84 1/8.  
Бумага мелованная и офсетная.  
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

*D. P. Mel'nikov, I. A. Antonov, M. S. Kotelev,  
A. A. Novikov, and V. A. Vinokurov.* 3  
Effect of Catalyst Type on Composition of Coconut Oil  
Hydrocatalytic Treatment Products

*Sun Shuzhen, Zhang Liping, Meng Xin, Ma Cong, and Xin Zhong.* 6  
Biodiesel Production by Transesterification of Corn Oil  
with Dimethyl Carbonate Using Potassium Hydroxide  
as Heterogeneous Catalyst

#### Standardization

*N. M. Likhterova, E. P. Seregin, K. V. Shatalov, and I. M. Nikitin.* 11  
Analysis of Changes in Normative-Technical Requirements  
of Domestic Jet Fuels

### APPARATUS ASSEMBLY

*N. A. Samoilo, I. A. Mnushkin,  
L. K. Minibaeva, and Z. I. Sibagatullina.* 17  
Method of Calculating and Optimizing Fractionating Absorber  
Having a Circulatory Irrigating System

### RESEARCH

*G. P. Kayukova, S. A. Petrov, and G. V. Romanov.* 22  
Properties of Base Oils from Heavy Crude Oils and Native Bitumens  
of Permian Deposits of Tatarstan as a Function of Degree  
of Their Natural Metamorphosis

*E. V. Kobylanskii, V. A. Voloshinets, and A. E. Kobylanskii.* 29  
Study of Provatrite and Procalcite Mechanism of Carbonation  
for Producing Superalkaline Lubricants

*B. P. Tumanyan, N. N. Petrukhina, and K. O. Allogulova.* 33  
Stability of Real Asphaltene-Containing Systems  
in Presence of Bioadditives

*A. S. Abubakarova, Zh. T. Khadisova,  
E. A. Aleksandrova, and B. E. Krasavtsev,* 38  
Study of Structural-Mechanical Properties  
of Paraffin-Containing Petroleum Products

*E. R. Shperber, D. R. Shperber,  
L. N. Marchenko, and T. N. Bokovikova.* 42  
Development of Boiler Fuel Formulation Using Oils  
and Fats Industry Wastes

*Yongsheng An and Xiaodong Wu.* 44  
A Productivity Prediction Model for Complex Wells  
with Producing Formation Damage

*N. A. Almobarak, M. M. El-Naggar,  
R. S. Al-Mufraj, and O. A. Al-Zoghbi.* 49  
Effect of Some Carboxylic Acid Derivatives on Chloride Pitting Corrosion  
of Carbon Steel in Alkaline Solution

*Wang Yan, Li Hui, Wang Juan, Luo Zhongming, and Xu Tao.* 54  
Assessment of Safe Service Life of Materials Based  
on Corrosion Conditions

## ВЛИЯНИЕ ТИПА КАТАЛИЗАТОРА НА СОСТАВ ПРОДУКТОВ ГИДРОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КОКОСОВОГО МАСЛА

*Д. П. Мельников, И. А. Антонов, М. С. Котелев, А. А. Новиков, В. А. Винокуров*

РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

E-mail: kain@inbox.ru

Исследованы особенности гидрокаталитической переработки кокосового масла при температуре 280°C, начальном давлении водорода 5 МПа и продолжительности реакции 1 ч в присутствии катализаторов: NiWS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiMoS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CoMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и CoMoS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Установлено, что в данных условиях на катализаторе NiWS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> преобладают реакции декарбонилирования/декарбоксилирования, на NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и NiMoS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — конкурируют реакции декарбонилирования/декарбоксилирования с реакциями деоксигенации, на CoMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и CoMoS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — преобладают реакции деоксигенации. Показано, что сульфидирование катализатора благоприятствует протеканию реакций гидрирования.

**Ключевые слова:** биотопливо, триглицериды, гидрокаталитическая конверсия триглицеридов, кокосовое масло.

A study has been made of coconut oil hydrocatalysis mechanisms at 280°C and 5 MPa initial hydrogen pressure over 1 h reaction time in the presence of the catalysts NiWS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiMoS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CoMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and CoMoS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. It is proved that under these conditions decarbonylation/decarboxylation reactions predominate on NiWS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, decarbonylation/decarboxylation and deoxygenation reactions compete on NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and NiMoS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and deoxygenation reactions predominate on CoMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and CoMoS/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts. It is shown that sulfidation of the catalyst facilitates hydrogenation reactions.

**Key words:** biofuel, triglycerides, hydrocatalytic conversion of triglycerides, coconut oil.

## ПОЛУЧЕНИЕ БИОДИЗЕЛЯ ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИЕЙ КУКУРУЗНОГО МАСЛА ДИМЕТИЛКАРБОНАТОМ В УСЛОВИЯХ ЩЕЛОЧНОГО ГЕТЕРОГЕННОГО КАТАЛИЗА

*Сунь Шучжэнь, Чжан Липин, Мэн Синь, Ма Цун, Синь Чжун*

East China University of Science and Technology (Shanghai, China)

E-mail: mengxin@ecust.edu.cn

Исследован процесс переэтерификации кукурузного масла диметилкарбонатом в присутствии гетерогенного катализатора — гидроксида калия. Методом составления поверхностей отклика выполнена оптимизация трех параметров процесса переэтерификации: продолжительности реакции, отношения диметилкарбонат : масло, загрузки катализатора. Влияние этих параметров на выход метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК) изучен с применением плана Бокса–Бенкена, составлена эмпирическая модель. Максимальный выход МЭЖК (90,9%) с низкой (–11°C) температурой застывания достигается при кипячении в течение 9 ч смеси диметилкарбоната и масла в мольном отношении 9:1 и загрузке катализатора 16,3% мас. на масло. Изучена кинетика переэтерификации три- и диглицеридов в интервале температур 65–75°C. Выявлено, что обе реакции протекают по псевдовторому порядку, энергия активации переэтерификации три- и диглицеридов равна соответственно 83,3 и 89,8 кДж/моль.

**Ключевые слова:** биодизель, переэтерификация, диметилкарбонат, кинетика.

Biodiesel production by transesterification of corn oil with dimethyl carbonate (DMC) using potassium hydroxide (KOH) as heterogeneous catalyst is investigated. Three important transesterification variables, namely, reaction time, DMC/oil molar ratio, and catalyst amount, are optimized by response surface methodology (RSM). The effect of these variables on the fatty acid methyl ester (FAMEs) yield is studied using Box-Behnken scheme and an empirical model correlating the noted variables is developed. The results indicate that the model is statistically accurate and suitable for predicting the optimum yield.

The highest FAMES yield (90.9%) with low pour point ( $-11^{\circ}\text{C}$ ) is reached at the reflux temperature in 9 h with DMS/oil molar ratio of 9.1 and 16.3 wt. % of KOH. The kinetics of KOH-catalyzed transesterification of triglyceride (TG) and diglyceride (DG) with DMC was also studied in the  $65\text{--}75^{\circ}\text{C}$  range. The results show that both reactions occur in pseudosecond order and the activation energy of tri- and di-glyceride transesterification is 83.3 and 89.8 kJ/mole, respectively.

**Key words:** biodiesel, transesterification, dimethyl carbonate, response surface methodology, kinetics.

## АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ОТЕЧЕСТВЕННЫМ ТОПЛИВАМ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*Н. М. Лухтерова, Е. П. Серегин, К. В. Шаталов, И. М. Никитин*

ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России»

E-mail: alyamurashkina@gmail.com

На основании анализа современных нормативно-технических документов показано, что с 2006 г. в Российской Федерации наблюдается устойчивая тенденция снижения требований к качеству авиационных топлив, особенно к качеству топлив, предназначенных для летательных аппаратов со сверхзвуковой скоростью полета. Показана необходимость уточнения требований к термоокислительной стабильности отечественных реактивных топлив, определяемой в динамических условиях, и внесения соответствующих изменений в Технический регламент Таможенного союза и стандарты на топлива. Предложено исключить топлива Т-6 и Т-8В из перечня продуктов, на которые распространяется действие Технического регламента Таможенного союза; прекратить действие изменения № 2 к ГОСТ 12308; провести исследования по обоснованию норм на противоизносные свойства реактивных топлив и внести в нормативно-техническую документацию показатель «диаметр пятна износа», определяемый в соответствии с ГОСТ Р 53715.

**Ключевые слова:** топлива для реактивных двигателей, требования к качеству, термостабильность, технический регламент, противоизносные свойства.

Based on analysis of current normative-technical documents, we show that the quality requirements of aviation fuels, especially of supersonic aircraft fuels, have been declining in the Russian Federation since 2006. The need for improving the requirements for thermooxidative stability of domestic fuels determined under dynamic conditions and for inserting appropriate changes into the Technical Rules of Customs Union and Fuel Standard is shown. It is proposed to remove T-6 and T-8V fuels from the list of products to which the Technical Rules of the Customs Union Apply, to delete the change No 2 to GOST 12308, to conduct research on validation of standards for wear-resistance properties of jet fuels, and to insert the parameter “wear spot diameter” determined in conformity with GOST 53715 into normative-technical documents.

**Key words:** jet fuels, quality requirements, thermal stability, technical rules, wear-resistance properties.

## МЕТОД РАСЧЕТА И ОПТИМИЗАЦИИ ФРАКЦИОНИРУЮЩЕГО АБСОРБЕРА С СИСТЕМОЙ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ОРОШЕНИЙ

*Н. А. Самойлов<sup>1</sup>, И. А. Мнушкин<sup>2</sup>, Л. К. Минибаева<sup>1</sup>, З. И. Сибатуллина<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет,

<sup>2</sup>ООО «Петон»

E-mail: linchik88@yandex.ru

Предложен алгоритм расчета соотношения теплосъемов циркуляционными орошениями абсорбера, учитывающий специфику выделения теплоты абсорбции, связанной с количеством

абсорбируемых компонентов исходного сырья и их сорбируемостью. Рассмотрен принцип оптимизации фракционирующего абсорбера с системой циркуляционных орошений на основе баланса затрат на охлаждение циркуляционных орошений и прибыли от извлечения из сырья дополнительного количества целевых продуктов.

**Ключевые слова:** абсорбция газов, фракционирующий абсорбер, циркуляционные орошения, математическое моделирование, абсорбция, пропилен, жирный газ.

An algorithm that takes account of the specific nature of absorption heat generation associated with the amount of absorbed components of the feedstock and their sorptivity is proposed for calculating the ratio of heat extractions by circulatory irrigations of the absorber. The principle of optimization of a fractionating absorber having a circulatory irrigation system based on the balance of the cost of cooling of circulatory irrigations and profit from extraction of additional amount of end products from the feedstock is examined.

**Key words:** absorption of gases, fractionating absorber, circulatory irrigations, mathematical modeling, absorption, propylene, fat gas.

## СВОЙСТВА БАЗОВЫХ МАСЕЛ ИЗ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ И ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ ПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ТАТАРСТАНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ИХ ПРИРОДНОЙ ПРЕОБРАЗОВАННОСТИ

*Г. П. Каюкова<sup>1</sup>, С. А. Петров<sup>2</sup>, Г. В. Романов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>ИОФХ им. А. Е. Арбузова (г. Казань),

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

E-mail: kayukova@iopc.ru

Выявлены отличительные особенности состава и свойств базовых масел и их узких фракций, выделенных термодиффузией, из тяжелых нефтей разных химических типов. Различная степень биохимической деградации нефти находит свое отражение в температурах застывания, индексах вязкости и термоокислительной стабильности базовых масел. С увеличением степени биохимической деградации нефти возрастают плотность, показатель преломления и средняя молекулярная масса масел. При этом индекс вязкости и температура застывания масел снижаются, но увеличивается термоокислительная стабильность. В ряду исследованных фракций масел из тяжелых нефтей различных типов наблюдаются корреляции показателей преломления и плотности с индексами вязкости и температурой застывания. Выявленные зависимости можно использовать для прогнозирования технологических свойств масляных фракций на основании достаточно краткой информации об их составе и свойствах. С одной стороны, неоднородность состава тяжелых нефтей является недостатком данного сырья, с другой стороны, разнообразие составов тяжелых нефтей расширяет их потенциальные возможности для производства смазочных материалов, как путем подбора исходного сырья, так и путем компаундирования различных фракций.

**Ключевые слова:** термодиффузия, биодеградация, термоокислительная стабильность, индекс вязкости, базовое масло.

The distinctive features of the composition and properties of base oils and their narrow fractions separated by thermodiffusion from various types of heavy crude oils are identified. The differing degree of biochemical degradation of crude oil is expressed in pour points, viscosity index, and thermooxidative stability of base oils. The density, refractive index, and average molecular weight of the oils rise with increase in degree of biochemical degradation. In this case, the viscosity index and pour point of the oils fall, but the thermooxidative stability rises. The refractive indices and densities are found to be correlated with viscosity indices and pour points in several studied oil fractions from various types of crude oils. The correlation found can be used to predict technological properties of oil fractions on the basis of fairly brief information about their composition and properties. On the one hand, irregular composition of the crude

oils is a demerit of this feedstock, on the other, the diversity of compositions of the crude oils broadens their potential use for producing lubricating materials by both selection of the parent stock and compounding of various fractions.

**Key words:** thermodiffusion, biodegradation, thermooxidative stability, viscosity index, base oils.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФАТЕРИТНОГО И ПРОКАЛЬЦИТНОГО МЕХАНИЗМОВ КАРБОНАТАЦИИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ СВЕРХЩЕЛОЧНЫХ СМАЗОК

*Е. В. Кобылянский<sup>1</sup>, В. А. Волошинец<sup>2</sup>, А. Е. Кобылянский<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>УкрНИИ НП «МАСМА» (г. Киев, Украина),

<sup>2</sup>Национальный университет «Львововская политехника» (г. Львов, Украина),

<sup>3</sup>Университет им. Марии Кюри-Склодовской (г. Люблин, Польша)

E-mail: evdksas@gmail.com

Реакция карбонатации является определяющей в процессе получения щелочьсодержащих присадок и смазок. Оптимальные условия для протекания этой реакции обеспечивает обратная микро(нано)эмульсия, состоящая из метанолю-водной и толуолю-масляной фаз. Установлено, что карбонатация может протекать по двум механизмам: профатеритному с образованием маслорастворимых высокощелочных присадок или по прокальцитному с образованием тиксотропных сверхщелочных смазок. Из простых сверхщелочных смазок получены комплексные сульфонатная (КСС), алкилсалицилатная (КАС) и фенолятная (КФС) смазки. Методами электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа определены размеры и строение мицелл — частиц дисперсной фазы сверхщелочных смазок.

**Ключевые слова:** механизм карбонатации, профатеритная карбонатация, прокальцитная карбонатация, эктокальцитная мицелла, высокощелочная присадка, простая сверхщелочная смазка, комплексная сверхщелочная смазка.

Carbonation reaction is decisive in the process of production of alkali-containing additives and lubricants. Water-in-oil micro(nano)emulsion consisting of methanol-water and toluene-oil phases provides the optimum conditions for occurrence of this reaction. It is shown that carbonation occurs via either of two mechanisms, namely, provaterite mechanism with formation of oil-soluble highly alkaline additives or procalcite mechanism with formation of thixotropic superalkaline lubricants. Complex sulfonate (CSL), alkyl salicylate (CAL), and phenolate (CPL) lubricants were obtained from simple superalkaline lubricants. The size and structure of the micelles, i.e., the particles of the disperse phase of the superalkaline lubricants, were determined by electron-microscopic and X-ray diffraction analysis.

**Key words:** carbonation mechanism, provaterite carbonation, procalcite carbonation, ectocalcite micellium, high-alkali additive, simple superalkaline lubricant, complex superalkaline lubricant.

## УСТОЙЧИВОСТЬ РЕАЛЬНЫХ АСФАЛЬТЕНСОДЕРЖАЩИХ СИСТЕМ В ПРИСУТСТВИИ БИОДОБАВОК

*Б. П. Туманян, Н. Н. Петрухина, К. О. Аллозулова*

РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

E-mail: petnati@mail.ru

Исследовано влияние синтетических поверхностно-активных веществ, растительных масел и их производных на устойчивость к выпадению асфальтенов нефти Ашальчинского месторождения (Татарстан) методами титрования н-гептаном и определения количества осадка, отделяемого при снижении растворяющей способности дисперсионной среды. Выявлено, что наиболее эффективно устойчивость нефти повышают добавки, содержащие в молекуле группы –COOH и –OH. Установлен факт потери устойчивости нефти при введении некоторых добавок, содержащих несколько полярных групп в молекуле, что способствует налаживанию связей между

асфальтовыми агрегатами. В экспериментах, моделирующих компаундирование тяжелой и легкой парафинистой нефтей показано, что наиболее эффективно вводить ПАВ в нефтесмесь, а не в тяжелую нефть.

**Ключевые слова:** ингибитор флокуляции, асфальтен, седиментационная устойчивость, биодобавка, растительное масло.

The influence of synthetic surfactants and vegetable oils and their derivatives on the stability of Ashal'cha (Tatarstan) crude oil asphaltenes against precipitation is studied by methods of titration with *n*-heptane and determination of the quantity of the precipitate separated by reducing the dissolving power of the dispersion fluid. It is found that bioadditives containing –COOH and –OH groups in the molecule enhance crude oil stability most effectively. It is proved that loss of crude oil stability occurs upon injection of certain additives containing several polar groups in the molecule, which facilitates formation of bonds between asphaltene aggregates. In experiments simulating compounding of heavy and light paraffinous crude oils it shown that addition of surfactants to crude oil blends, rather than to heavy crude, is most effective.

**Key words:** aflocculation inhibitor, asphaltene, sedimentation resistance, bioadditive, vegetable oil.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПАРАФИНСОДЕРЖАЩИХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

*А. С. Абубакарова<sup>1</sup>, Ж. Т. Хадисова<sup>1</sup>, Э. А. Александрова<sup>2</sup>, Б. Е. Красавцев<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М. Д. Миллионщикова,

<sup>2</sup>Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар),

<sup>3</sup>ООО «Южный полюс» (г. Кропоткин)

E-mail: janna\_h@list.ru

Описана новая конструкция лабораторной установки для определения прочности  $P_m$ , пластичности  $Pl$  и контракции  $\Delta V$  твердых парафинсодержащих нефтепродуктов с автоматической регистрацией результатов измерений. Проведена сравнительная оценка значений  $P_m$ ,  $Pl$  и  $\Delta V$  твердых нефтяных парафинов, церезинов и восков при температуре 25°C. Выявлены закономерности формирования дисперсных структур товарных парафинсодержащих нефтепродуктов и определяющая роль *n*-алканов в их составе как носителей прочности. Впервые обнаружено самоупрочнение дисперсной структуры промышленных образцов церезинов и восков, содержащих 40–60% углеводородов, не образующих комплекс с карбамидом.

**Ключевые слова:** парафин, церезин, воск, прочность, пластичность, объемная усадка, самоупрочнение.

A new design of a laboratory installation for determining the strength  $P_m$ , plasticity  $Pl$ , and contraction  $\Delta V$  of solid paraffin-containing petroleum products with automatic recording of measurement results is described. A comparative analysis is made of  $P_m$ ,  $Pl$ , and  $\Delta V$  of solid crude oil paraffins, ceresines, and waxes at 25°C. The mechanisms of formation of disperse structures of commercial paraffin-containing petroleum products and dominant role of *n*-alkanes in their composition as strength carriers are ascertained. Self-hardening of disperse structure of commercial ceresine and wax specimens containing 40–60% hydrocarbons that do not form a complex with carbamide is noticed for the first time.

**Key words:** paraffin, ceresine, wax, strength, plasticity, volume shrinkage, self-hardening.

## РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ КОТЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Е. Р. Шпербер<sup>1</sup>, Д. Р. Шпербер<sup>2</sup>, Л. Н. Марченко<sup>1</sup>, Т. Н. Боковикова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Кубанский государственный технологический университет (г. Краснодар),

<sup>2</sup>ООО «ЭЗИП» (г. Краснодар)

E-mail: davidshperber@mail.ru

Изучена возможность регулирования вязкости и температуры застывания котельного топлива с использованием мылстока — карбоксилата натрия, получаемого при обработке растительных масел щелочью. Исследованы состав и тепловые свойства мылстока. Представлены результаты испытаний физико-химических характеристик котельного топлива с разным содержанием мылстока.

**Ключевые слова:** котельное топливо, мылсток, вязкость, карбоксилат натрия.

The feasibility of controlling viscosity and pour point of boiler fuel is studied using soap stock (sodium carboxylate) produced by treating vegetable oils with an alkali. The composition and thermal properties of soap stock are studied. The results of studies of physicochemical properties of boiler fuel having various soap stock contents are cited.

**Key words:** boiler fuel, soap stock, viscosity, sodium carboxylate.

## МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СЛОЖНЫХ СКВАЖИН ПРИ НАЛИЧИИ ПОВРЕЖДЕНИЯ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА

*Юншен Ань, Сяодун Ву*

China University of Petroleum (Beijing, China)

E-mail: an\_yongsheng@126.com

Составлена полуаналитическая модель для прогнозирования дебита сложных скважин в анизотропных коллекторах при наличии повреждения продуктивного пласта. Посредством преобразования координат осуществлен переход от анизотропного к изотропному коллектору. Повреждение пласта вследствие прорыва бурового раствора и раствора для заканчивания скважин выражено скин-фактором, который введен в полуаналитическую модель. Предложенная комплексная модель для прогнозирования дебита сложных скважин, таким образом, полностью учитывает характеристики повреждения пласта в анизотропных коллекторах и влияние повреждения на продуктивность. Модель, учитывающая повреждение пласта, отличается большей точностью.

**Ключевые слова:** повреждение продуктивного пласта, сложная скважина, анизотропный коллектор, скин-фактор.

A semi-analytical production prediction model is built for complex wells with producing formation damage, taking account of the characteristics of formation damage in anisotropic reservoirs. In this model, the transition from the anisotropic reservoir to the isotropic is effected by conversion of coordinates. The formation damage caused by drilling fluid and well completion fluid invasion is expressed by skin factor which can be introduced into the semi-analytical model. The new model for predicting complex well yield takes full account of the characteristics of formation damage in anisotropic reservoirs and of the influence of formation damage on productivity. Compared to the semi-analytical model, the new model presented in this paper has higher prediction accuracy and is more practical.

**Key words:** formation damage, complex well, anisotropic reservoir, skin factor, semi-analytical model.

## КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ — ИНГИБИТОРЫ ПИТТИНГОВОЙ КОРРОЗИИ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В ЩЕЛОЧНОЙ СРЕДЕ В ПРИСУТСТВИИ ХЛОРИДОВ

*Н. А. Альмобарак<sup>1</sup>, М. М. Эль-Наггар<sup>2</sup>, Р. С. Аль-Муффрадж<sup>1</sup>, О. А. Аль-Зогби<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Princess Nora Bint Abdul Rohman University (Riyadh, Saudi Arabia),

<sup>2</sup>University of Tabuk (Tabuk, Saudi Arabia)

E-mail: n\_almobarak@yahoo.com

С помощью изучения потенциодинамической анодной и катодной поляризации оценено влияние фталевой, салициловой, бензойной, *o*-аминобензойной и щавелевой кислот на питтинговую коррозию углеродистой стали в 0,01 М растворе NaOH в присутствии NaCl. Показано, что карбоновые кислоты смещают потенциал питтингообразования в сторону более положительных значений, что свидетельствует об их ингибирующем действии. Среди исследованных кислот фталевая кислота проявляет наибольшие ингибирующие свойства, щавелевая — наименьшие. Все карбоновые кислоты являются ингибиторами коррозии смешанного типа с преобладанием анодного ингибирования. Обсуждается механизм ингибирования питтинговой коррозии с учетом строения молекул кислот, их поведения в щелочной среде и электронной плотности на группе COO–.

**Ключевые слова:** коррозия, электронная микроскопия, карбоновые кислоты, ингибитор.

The effects of five carboxylic acid derivatives, namely, phthalic acid, salicylic acid, benzoic acid, anthranilic acid (*o*-aminobenzoic acid), and oxalic acid, on carbon steel pitting corrosion in 0.01 M NaOH solution containing NaCl are evaluated using potentiodynamic anodic and cathodic (Tafel) polarization measurements. The results show that the presence of different concentrations of the studied carboxylic acid derivatives shift the pitting corrosion potential toward more positive values, indicating inhibiting effect of these of these acids. Phthalic acid exhibits the highest inhibiting effect and oxalic acid the lowest. All the carboxylic acid derivatives behave as mixed-type corrosion inhibitor with predominance of anodic inhibition. The results are confirmed by surface examination using scanning electron microscope. Also, the pitting corrosion inhibition mechanism is discussed with due account of the molecular structure of the acids, their behavior in alkaline solution, and electron density on the COO– group.

**Key words:** corrosion, electron microscopy, carboxylic acids, inhibitor.

## ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАТЕРИАЛОВ ПО КОРРОЗИОННЫМ УСЛОВИЯМ

*Ван Янь, Ли Хуи, Ван Цзуань, Лоу Чжунмин, Су Тао*

Chengdu University of Technology (Chengdu),

Chang'an University (Xi'an),

Chuanqing Oilfield Company (Chengdu),

Engineering Technology Research Institute in Sinopec North China Petroleum Bureau (Zhengzhou)

E-mail: wangyanwangwang@126.com

Обсуждается влияние на прочность и срок эксплуатации материала концентрации напряжений вследствие образования коррозионных пор. Выведены формулы для расчета коэффициента концентрации напряжений при наличии в пластине неглубокой круглой поры. Проведено ситуационное исследование влияния глубины коррозионной поры на коэффициент концентрации напряжений и давление разрушения.

**Ключевые слова:** коррозия, срок безопасной эксплуатации, концентрация напряжений.

The effect of concentration of stresses arising from formation of corrosion pits on the strength and service life of materials is discussed. Formulas are derived for calculating the stress concentration factor in a plate containing shallow round pits. A situational study of the effect of corrosion pit depth on the stress concentration factor and the failure pressure is performed.

**Key words:** material, corrosion, safe service life, stress concentration.