

# Химия и технология топлив и масел

## 4(614)'2019

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

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

Издатель —  
Международный центр науки и технологий  
«ТУМА ГРУПП»

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

Английская версия включена в ведущие  
мировые реферативные базы данных

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

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

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

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

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

## Содержание

### АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

*В. Д. Зубарева, А. Х. Оздоева.* 3  
Особенности экономической оценки применения  
попутного нефтяного газа для технологии GTL

### Альтернативное сырье

*М. С. Власкин, А. В. Григоренко, М. С. Котелев,* 8  
*Д. С. Копицын, К. М. Мазурова, Е. В. Иванов.*  
Исследование состава и свойств продуктов гидротермального  
сжижения биомассы микроводорослей

### КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ

*О. К. Ким, Л. Д. Волкова, Н. А. Закарин, А. Р. Бродский.* 11  
Цеолитсодержащие и бесцеолитные катализаторы  
на основе модифицированных железом каолинитов  
в крекинге вакуумного газойля

*А. В. Юсовский, А. К. Габбасова, В. О. Кошевой,* 18  
*Р. Э. Болдушевский, А. И. Гусева, П. А. Никульшин.*  
NiMo/WO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/ZrO<sub>2</sub>-цеолитсодержащий катализатор гидродеароматизации  
для улучшения эксплуатационных и экологических характеристик  
дизельного топлива

### ИССЛЕДОВАНИЯ

*А. А. Гуреев, П. М. Тюкилина, Е. Н. Симчук,* 23  
*Нгуен Тхи Тхань Иен, Д. И. Оверин.*  
Разработка восстанавливающих резиносодержащих добавок  
для состаренного дорожного битума

*Э. А. Александрова, Ж. Т. Хадисова, Х. Х. Ахмадова,* 30  
*Л. Ш. Махмудова, А. С. Абубакарова.*  
Структурно-механические свойства  
полимерно-парафиновых композиций

*В. И. Вигдорович, Л. Г. Князева, Л. Е. Цыганкова,* 35  
*В. В. Остриков, А. И. Петрашев.*  
Исследование свойств нефтяных и синтетических масел  
как основы противокоррозионных материалов

*А. С. Мишин, В. Н. Дубинич, Н. А. Сваровская,* 42  
*М. Н. Дадашев, В. Н. Хлебников.*  
Особенности методов добычи вязкой нефти  
подгазовых оторочек сеноманского горизонта

*С. В. Антонов, П. М. Зобов, И. В. Хамидуллина,* 47  
*И. Н. Гришина, Е. В. Иванов, В. Н. Хлебников.*  
Влияние типа модели нефти при вытеснении  
легкой нефти газом на их смесимость

*Е. Е. Фомина, М. А. Гуськов, Е. В. Глебова.* 51  
Анализ аспектов культуры безопасности  
на объектах нефтегазового комплекса

# Chemistry and Technology of Fuels and Oils

## 4<sub>(614)</sub>'2019

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

*V. D. Zubareva, A. Kh. Ozdoeva.* 3  
Features of Economic Assessment of Application  
of Associated Oil Gas for GTL Technology

### Alternative Feedstock

*M. S. Vlaskin, A. V. Grigorenko, M. S. Kotelev,  
D. S. Kopicin, K. M. Mazurova, E. V. Ivanov.* 8  
Study of Composition and Properties of the Microalgae Biomass  
Hydrothermal Liquefaction Products

### KINETICS AND CATALYSIS

*O. K. Kim, L. D. Volkova, N. A. Zakarina, A. R. Brodsky.* 11  
Zeolite Containing and Zeolite Free Catalysts Based  
on Kaolinites Modified by Iron in the Cracking of Vacuum Gas Oil

*A. V. Yusovskii, A. K. Gabbasova, V. O. Koshevoy,  
R. E. Boldushevskii, A. I. Guseva, P. A. Nikulshin.* 18  
NiMo/WO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/ZrO<sub>2</sub>-Zeolite-Containing Hydrodearomatization Catalyst  
for Improvement of Performance and Ecological Characteristics  
of Diesel Fuel

### RESEARCH

*A. A. Gureev, P. M. Tyukilina, E. N. Simchuk,  
Nguyen Thi Thanh Yen, D. I. Overin.* 23  
Development of Restoring Rubber-Containing Additives  
for Old Road Bitumen

*E. A. Aleksandrova, Zh. T. Khadisova, Kh. Kh. Ahmadova,  
L. Sh. Mahmudova, A. S. Abubakarova.* 30  
Structural and Mechanical Properties of Polymer-Paraffin Composites

*V. I. Vigdorovich, L. G. Knyazeva, L. E. Tsygankova,  
V. V. Ostrikov, A. I. Petrashev.* 35  
Research of Properties of Petroleum and Synthetic Oils  
as Bases of Anti-Corrosion Materials

*A. S. Mishin, V. N. Dubinich, N. A. Svarovskaya,  
M. N. Dadashev, V. N. Khlebnikov.* 42  
Features Viscous Oil Production Methods  
from Oil Leg Reservoir of the Cenomanian Horizon

*S. V. Antonov, P. M. Zobov, I. V. Khamidullina,  
I. N. Grishina, E. V. Ivanov, V. N. Khlebnikov.* 47  
Influence of The Type of Oil Model at a Displacement  
of Light Oil by Gas on Their Miscibility

*E. E. Fomina, M. A. Guskov, E. V. Glebova.* 51  
Analysis of Safety Culture Aspects at Oil and Gas Facilities

**В. Д. Зубарева, А. Х. Оздоева**

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина

4305@bk.ru

**Особенности экономической оценки применения попутного нефтяного газа для технологии GTL**

*Утилизация попутного нефтяного газа (ПНГ) представляет значительный интерес и является одним из приоритетных направлений развития нефтегазовой отрасли. При этом одновременно решается проблема экологической безопасности процессов добычи углеводородных газов. Сжигание нефтяного газа на месторождениях в факельных установках негативно воздействует на экосистему, а также приводит к экономическим потерям. На снижение экологических и экономических потерь при добыче попутного нефтяного газа направлены специальные проекты, реализуемые крупными нефтегазовыми компаниями. В статье рассмотрены механизмы экономической и экологической оценки основных современных направлений использования нефтяного газа. Представлены мероприятия, позволяющие учесть особенности химического состава попутного нефтяного газа при выборе способа его утилизации. Для решения данной проблемы применен комплексный подход к оценке и определению эффективных методов полезного использования попутного нефтяного газа и получению продукции с высокой добавленной стоимостью.*

**Ключевые слова:** попутный нефтяной газ, полезное использование, технология GTL, газовые двигатели, энергосбережение, переработка газа, жидкие углеводороды.

*V. D. Zubareva, A. Kh. Ozdоеva.*

Gubkin Russian State University of Oil and Gas

**Features of Economic Assessment of Application of Associated Oil Gas for GTL Technology**

*Associated petroleum gas utilization is of considerable interest and is one of the priority directions of development of the oil and gas industry. At the same time, the problem of environmental safety of hydrocarbon gas extraction processes is being solved. Combustion of oil gas at flare installations negatively affects the ecosystem and also leads to economic losses. Special projects implemented by large oil and gas companies are aimed at reducing environmental and economic losses in the extraction of associated petroleum gas. This article discusses the mechanisms of economic and environmental assessment of the main modern trends in the use of petroleum gas. The measures are presented that allow to take into account the peculiarities of the chemical composition of associated petroleum gas when choosing the method of its utilization. To solve this problem, an integrated approach has been applied to the assessment and determination of effective methods for the beneficial use of associated petroleum gas and the production of products with high added value.*

**Key words:** associated petroleum gas, beneficial use, GTL technology, gas engines, energy saving, gas processing, liquid hydrocarbons.

**М. С. Власкин<sup>1,2</sup>, А. В. Григоренко<sup>2</sup>, М. С. Котелев<sup>1</sup>, Д. С. Копицын<sup>1</sup>, К. М. Мазурова<sup>1</sup>, Е. В. Иванов<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>Объединенный институт высоких температур Российской академии наук,

vlaskin@inbox.ru

### **Исследование состава и свойств продуктов гидротермального сжижения биомассы микроводорослей**

*Проведены исследования процесса гидротермального сжижения биомассы микроводорослей при различной температуре, продукты проанализированы методами термогравиметрии, элементного анализа и газовой хромато-масс-спектрометрии. Сделаны выводы о влиянии температуры на выход и состав продуктов.*

*Определено количественное содержание мажорных компонентов бензиновой фракции получаемой бионефти.*

*Основными компонентами бензиновой фракции являются ароматические углеводороды, алканы и циклоалканы. В значительных количествах в продуктах гидротермальной переработки содержатся также фенолы, органические сульфиды и азотсодержащие органические соединения, это делает невозможным прямое использование получаемых продуктов в качестве топливных компонентов.*

**Ключевые слова:** бионефть, гидротермальное сжижение, мокрый пиролиз, биомасса микроводорослей.

*M. S. Vlaskin<sup>1,2</sup>, A. V. Grigorenko<sup>2</sup>, M. S. Kotelev<sup>1</sup>, D. S. Kopicin<sup>1</sup>, K. M. Mazurova<sup>1</sup>, E. V. Ivanov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Gubkin Russian State University of Oil and Gas

<sup>2</sup>Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences

### **Study of Composition and Properties of the Microalgae Biomass**

#### **Hydrothermal Liquefaction Products**

*Studies of the hydrothermal liquefaction of microalgae biomass at different temperatures were carried out. The products were analyzed by TGA, elemental analysis and GC-MS. The effect of temperature on the yield and composition of products was studied. The quantitative content of the major components of the gasoline fraction of the produced bio-oil was determined. The main components of the gasoline fraction are aromatic hydrocarbons, alkanes and cycloalkanes. Phenols, organic sulfides and nitrogen-containing organic compounds are also found in hydrothermal processing products in significant quantities. This makes it impossible to direct use of obtained products as fuel components.*

**Key words:** bio-oil, hydrothermal liquefaction, wet pyrolysis, microalgae biomass.

**О. К. Ким, Л. Д. Волкова, Н. А. Закарина, А. Р. Бродский**

Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского, г. Алматы, Казахстан

kimolya82@mail.ru

### **Цеолитсодержащие и бесцеолитные катализаторы на основе модифицированных железом каолинитов в крекинге вакуумного газойля**

*Приведены данные по активности бесцеолитных и цеолитсодержащих катализаторов HCeY на основе H-форм каолинитов казахстанских месторождений, модифицированных железом, в крекинге вакуумного газойля. Определены физико-химические свойства катализаторов. Установлено, что основным продуктом крекинга вакуумного газойля на бесцеолитных модифицированных железом H-каолинитах является легкий газойль, выход которого составляет 65,3 -67,3%. Введение цеолита приводит к увеличению выхода бензина до 22% при достаточно высокой (до 90,3%) конверсии сырья.*

**Ключевые слова:** каталитический крекинг, вакуумный газойль, каолинит, бензин, легкий газойль.

O. K. Kim, L. D. Volkova, N. A. Zakarina, A. R. Brodsky.

Institute of Fuel, Organic Catalysis and Electrochemistry after D.V. Sokolsky

### **Zeolite Containing and Zeolite Free Catalysts Based on Kaolinites Modified by Iron in the Cracking of Vacuum Gas Oil**

*The data on the activity of zeolite free and HCeY-zeolite-containing catalysts based on H-forms of iron-modified kaolinites of Kazakhstan deposits in the cracking of vacuum gasoil are presented. The physicochemical properties of the catalysts were determined by the methods of BET, TPD ammonia, electron probe analysis and Mössbauer spectroscopy. It was found that the main product of the cracking of vacuum gasoil on the zeolitic iron-activated H-kaolinites is light gasoil. The yield of light gasoil is 65.3–67.3%. The introduction of zeolite leads to the increasing of the gasoline yield up to 22% at a sufficiently high (up to 90.3%) conversion of raw materials.*

**Key words:** catalytic cracking, vacuum gas oil, kaolinite, gasoline, light gasoil.

**A. B. Юсовский<sup>1,2</sup>, А. К. Габбасова<sup>2</sup>, В. О. Кошевой<sup>2</sup>, Р. Э. Болдушевский<sup>1,2</sup>, А. И. Гусева<sup>1</sup>, П. А. Никульшин<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>АО «ВНИИ НП», Москва

<sup>2</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина

iusovskiiav@vniinp.ru

### **NiMo/WO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/ZrO<sub>2</sub>-цеолитсодержащий катализатор гидродеароматизации для улучшения эксплуатационных и экологических характеристик дизельного топлива**

*С использованием синтезированных вольфрамированного диоксида циркония WO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/ZrO<sub>2</sub> и никель-молибденового комплекса приготовлен цеолитсодержащий катализатор деароматизации дизельного топлива. Катализатор испытывали в процессе деароматизации дизельного топлива при давлении 4,5 МПа, объемной скорости подачи сырья 1,5 ч<sup>-1</sup>, объемном соотношении водород/сырье 1000 нм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> в интервале значений температуры 270–330°C. При температуре 290°C была достигнута максимальная конверсия полициклических ароматических углеводородов 78,8% и максимальное повышение цетанового числа. Также наблюдалось снижение температуры помутнения и застывания дизельного топлива на 23–25°C за счет реакций крекинга при 310–330°C и большой доли реакций изомеризации при 290°C, что подтверждается выходом целевой дизельной фракции — 69,8–72,9 и 89,2% мас. соответственно.*

**Ключевые слова:** гидродеароматизация, гидрирование, селективное раскрытие нафтенового кольца, цеолит USY, цеолит Beta, никельмолибденовый катализатор, дизельное топливо.

**A. V. Yusovskii<sup>1,2</sup>, A. K. Gabbasova<sup>2</sup>, V. O. Koshevoy<sup>2</sup>, R. E. Boldushevskii<sup>1,2</sup>, A. I. Guseva<sup>1</sup>, P. A. Nikulshin<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>All-Russia Research Institute of Oil Refining JSC, Moscow

<sup>2</sup>Gubkin Russian State University of Oil and Gas

### **NiMo/WO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/ZrO<sub>2</sub>-Zeolite-Containing Hydrodearomatization Catalyst for Improvement of Performance and Ecological Characteristics of Diesel Fuel**

*Using a synthesized tungstated zirconia WO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/ZrO<sub>2</sub> and a nickel-molybdenum complex, a zeolite-containing catalyst for diesel dearomatization was prepared. The catalyst was tested in diesel hydrodearomatization at a pressure of 4.5 MPa, the liquid hour space velocity of 1.5 h<sup>-1</sup>, hydrogen to feed volume relation of 1000 нм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> in the reaction temperature range of 270–330°C. At a temperature of 290°C, a maximum conversion of polycyclic aromatic*

hydrocarbons of 78.8 % and a maximum increase in the cetane number were achieved. Decrease in cloud point and pour point of diesel by 23–25°C was also observed: due to cracking reactions at 310–330 °C and a large proportion of isomerization reactions at 290 °C, as proved by the yield of the target diesel fraction — 69.8–72.9 wt % and 89.2 wt % respectively.

**Key words:** hydrodearomatization, hydrogenation, selective naphthene ring opening, zeolite USY, zeolite Beta, nickel-molybdenic catalyst, diesel fuel.

*A. A. Gureev<sup>1</sup>, P. M. Tyukilina<sup>1</sup>, E. N. Simchuk<sup>2</sup>, Nguyen Thi Thanh Yen<sup>1</sup>, D. I. Overin<sup>3</sup>*

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

<sup>2</sup>НОЦ автомобильных дорог РУТ (МИИТ),

<sup>3</sup>ООО «Инновационный технический центр»

a.gureev@mail.ru

### **Разработка восстанавливающих резиносодержащих добавок**

#### **для состаренного дорожного битума**

*Раасмотрены современные представления о процессе старения дорожных вяжущих и принципах восстановления их свойств и структуры. Предложена технология производства стандартных восстановленных дорожных вяжущих (битумов и полимерно-битумных материалов) с использованием девулканизата резиновой крошки, полученной в процессе дробления отработанных автопокрышек, элементной серы, нефтяных диспергирующих агентов (асфальтита процесса деасфальтизации гудронов и тяжелого газойля каталитического крекинга) и полимера — термоэластопласта.*

*Данная технология обеспечивает квалифицированное использование элементной серы, асфальтита — отхода процесса деасфальтизации гудронов, и прямогонного гудрона, избыточного на многих предприятиях нефтепереработки. Проанализированы физико-химические свойства восстановленных дорожных вяжущих на соответствие их требованиям российских и американских стандартов.*

**Ключевые слова:** состаренный битум, восстанавливающая добавка, резиновая крошка из отработанных автопокрышек, дорожные вяжущие, термоэластопласт, асфальтит, газойль каталитического крекинга, элементная сера, гудрон, система Суперпейв.

*A. A. Gureev<sup>1</sup>, P. M. Tyukilina<sup>1</sup>, E. N. Simchuk<sup>2</sup>, Nguyen Thi Thanh Yen<sup>1</sup>, D. I. Overin<sup>3</sup>.*

<sup>1</sup>Gubkin Russian State University of Oil and Gas

<sup>2</sup>REC of highways RUT (MIIT)

<sup>3</sup>LLC «Innovative technology center»

### **Development of Restoring Rubber-Containing Additives**

#### **for Old Road Bitumen**

*Modern ideas about the aging process of road binders and the principles of restoring their properties and structure are given. The technology of production of standard restored road binders (bitumen and polymer-bituminous materials) using devulcanizate rubber crumb (RK) obtained in the process of crushing waste tires, elemental sulfur, oil dispersing agents (asphaltite process of deasphalting tar and heavy gas oil catalytic cracking) and polymer - thermoplastic elastomer. In addition, this technology provides the skillful use of elemental sulfur, asphaltite – waste*

*process deasphalting tars, and naphtha tar, surplus for many refiners. In the carried out work physical and chemical properties of the restored road binders on compliance to their requirements of the Russian and American standards were analyzed.*

**Key words:** *aged bitumen, reducing additive, rubber crumb from spent tires, road binders, polymer-thermoplastic elastomer, asphalt, catalytic cracking gas oil, elemental sulfur, tar, Superpave system.*

**Э. А. Александрова<sup>1</sup>, Ж. Т. Хадисова<sup>2</sup>, Х. Х. Ахмадова<sup>2</sup>, Л. Ш. Махмудова<sup>2</sup>, А. С. Абубакарова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина,

<sup>2</sup>Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М. Д. Миллионщикова  
alex2a@yandex.ru

### **Структурно-механические свойства полимерно-парафиновых композиций**

*Исследованы деформационно-прочностные (прочность и пластичность) и dilatометрические (контракция или объемная усадка) свойства бинарных композиций пищевого парафина П-1 с полимерами: полиэтилен низкого давления, полиэтиленовые воски, атактический полипропилен и сополимеры этилена с винилацетатом. Построены графические зависимости структурно-механических свойств полимерно-парафиновых композиций от состава. Установлены сравнительные зависимости этих свойств от содержания модифицирующего компонента в композициях с парафином П-1.*

**Ключевые слова:** полимеры, нефтяной парафин, композиционные смеси, прочность, пластичность, объемная усадка.

*E. A. Aleksandrova<sup>1</sup>, Zh. T. Khadisova<sup>2</sup>, Kh. Kh. Ahmadova<sup>2</sup>, L. Sh. Mahmudova<sup>2</sup>, A. S. Abubakarova<sup>2</sup>.*

<sup>1</sup>Kuban State Agrarian University,

<sup>2</sup>Grozny State Oil Technical University named after M. D. Millionshtchikov

### **Structural and Mechanical Properties of Paraffin Wax Composites**

*The deformation-strength (strength and plasticity) and dilatometric (contraction or volume shrinkage) properties of binary compositions of food paraffin P-1 with polymers (low-pressure polyethylene, polyethylene waxes, atactic polypropylene and ethylene copolymers with vinyl acetate) are investigated. Graphic dependences of structural and mechanical properties of polymer-paraffin compositions on the composition are constructed. Comparative dependences of these properties on the content of the modifying component in compositions with paraffin P-1 are established.*

**Key words:** *polymers, oil paraffin, composite, composition, strength, plasticity, volume shrinkage.*

**В. И. Вигдорovich, Л. Г. Князева<sup>1</sup>, Л. Е. Цыганкова<sup>1,2</sup>, В. В. Остриков<sup>1</sup>, А. И. Петрашев<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина  
viitinlab8@bk.ru

*Исследование свойств нефтяных и синтетических масел как основы противокоррозионных материалов*

*Определены свойства нефтяных и синтетических масел для их использования в качестве основы противокоррозионных материалов. Установлено, что вязкостно-температурные характеристики определяют технологичность нанесения масляных покрытий. Получены уравнения регрессии, позволяющие рассчитать толщину формирующейся защитной пленки как функцию вязкости масла. По результатам оценки смачиваемости определено, что поверхность масла гидрофильна. Установлено, что масляные пленки проницаемы для воды, стимуляторов и ингибиторов коррозии. Показано, что пленки исследуемых масел тормозят анодное растворение стали и несколько ускоряют катодное восстановление кислорода. Установлено, что при введении антикоррозионных присадок Эмульгин или Мобиин-3 в концентрации не менее 15% мас. природа масляной основы незначительно влияет на защитную эффективность.*

**Ключевые слова:** нефтяные масла, синтетические масла, коррозия, защитная эффективность.

*V. I. Vigdorovich*<sup>1</sup>, *L. G. Knyazeva*<sup>1</sup>, *L. E. Tsygankova*<sup>1,2</sup>, *V. V. Ostrikov*<sup>1</sup>, *A. I. Petrashev*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Scientific Research Institute for the Use of Machinery and Oil Products in Agriculture

<sup>2</sup>Derzhavin Tambov State University

### **Research of Properties of Petroleum and Synthetic Oils as Bases of Anti-Corrosion Materials**

*The properties of petroleum and synthetic oils for their use as a basis for anti-corrosion materials are determined. It is established that the viscosity-temperature characteristics determine the manufacturability of the application of oil coatings. The regression equations, allowing to calculate the thickness of the emerging protective film as a function of oil viscosity, are obtained. It was determined that the surface of the oil is hydrophilic based on the results of wettability assessment. It is established that oil films are permeable to water, stimulants and corrosion inhibitors. It was shown that the films of the studied oils inhibit the anodic dissolution of the steel and somewhat accelerate the cathodic reduction of oxygen. It is established that with the introduction of anti-corrosion additives Emulgin or Mubiin-3 in a concentration of at least 15 wt.%. The nature of the oil base slightly affects the protective efficacy.*

**Key words:** oils, petroleum, synthetic, inhibited, corrosion, protective effectiveness.

*A. С. Мишин*<sup>1</sup>, *В. Н. Дубинич*<sup>2</sup>, *Н. А. Сваровская*<sup>2</sup>, *М. Н. Дадашев*<sup>2</sup>, *В. Н. Хлебников*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сколковский институт науки и технологий, Центр добычи углеводородов,

<sup>2</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина

Khlebnikov\_2011@mail.ru

*Особенности методов добычи вязкой нефти подгазовых оторочек сеноманского горизонта экспериментально исследованы методы добычи вязкой нефти подгазовых оторочек сеноманского горизонта (пласты ПК). Показано, что пар способствует набуханию и диспергированию глинистых компонентов породы, т. е. термические методы не могут быть рекомендованы для применения. Исследовано влияние нефти на свойства породы пластов ПК и показано, что проницаемость, смачиваемость и степень вытеснения нефти минерализованной водой зависят от нефтенасыщенности и переход породы от гидрофильности к гидрофобности происходит при нефтенасыщенности более 75%. Щелочное заводнение и использование неионогенных поверхностно-активных веществ не эффективны для повышения*



нефтеотдачи пластов ПК. Для вытеснения нефти рекомендуется применять водогазовую смесь или последовательную закачку растворителя и воды (или ВГС).

**Ключевые слова:** вязкая нефть, сеноманский горизонт, пар, повышение нефтеотдачи.

A. S. Mishin<sup>1</sup>, V. N. Dubinich<sup>2</sup>, N. A. Svarovskaya<sup>2</sup>, M. N. Dadashev<sup>2</sup>, V. N. Khlebnikov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Skolkovo Institute of Science and Technology, Center for Hydrocarbon Recovery

<sup>2</sup>Gubkin Russian State University of Oil and Gas

### **Features Viscous Oil Production Methods from Oil Leg Reservoir of the Cenomanian Horizon**

*The methods of extracting viscous oil from oil leg reservoir of the Cenomanian horizon are experimentally investigated (PK layers). It was found that steam contributes to the swelling and dispersion of clay components of the rock, i.e. thermal methods cannot be recommended for use. The effect of oil on the rock properties of PK layers was investigated. It was shown that permeability, wettability and degree of oil displacement by saline water depend on oil saturation and the rock transition from hydrophilicity to hydrophobicity occurs at oil saturation more than 75%. Alkaline flooding and the use of non-ionic surfactants are not effective for enhancing the recovery of PK layers. To displace oil, it is recommended to apply a water-gas mixture or sequential injection of solvent and water.*

**Key words:** viscous oil, oil production methods, nonionic surfactants, PK layers, water-gas mixture.

**С. В. Антонов<sup>1</sup>, П. М. Зобов<sup>1</sup>, И. В. Хамидуллина<sup>1</sup>, И. Н. Гришина<sup>1</sup>, Е. В. Иванов<sup>1,2</sup>, В. Н. Хлебников<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>Некоммерческое партнерство «Технопарк Губкинского университета»,

zobovpm@mail.ru

*Влияние типа модели нефти при вытеснении легкой нефти газом на их смешимость*

*Исследовано применение дегазированной нефти вместо рекомбинированной модели нефти в методике slim tube. Показано, что применение дегазированной нефти не рекомендовано для моделирования и исследования смешимости газа и нефти по методике slim tube в типичных условиях для месторождений Западной Сибири. При использовании рекомбинированной модели нефти или дегазированной нефти подтверждена ранее установленная смешимость легкой нефти и попутного нефтяного газа в результате постепенного перехода от режима несмешивающегося вытеснения к режиму ограниченно-смешивающегося вытеснения нефти и затем к режиму полной смешимости в результате их массообмена.*

**Ключевые слова:** slim tube, модель нефти, нефть, попутный нефтяной газ.

S. V. Antonov<sup>1</sup>, P. M. Zobov<sup>1</sup>, I. V. Khamidullina<sup>1</sup>, I. N. Grishina<sup>1</sup>, E. V. Ivanov<sup>1,2</sup>, V. N. Khlebnikov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gubkin Russian State University of Oil and Gas

<sup>2</sup>NP "Tehnopark Gubkinskogo universiteta"

### **Influence of The Type of Oil Model at a Displacement of Light Oil by Gas on Their Miscibility**

*The application of degassed oil instead of recombined oil model for a slim tube technique was investigated. It is found that using of degassed oil is not recommended for modeling and studying of gas and oil miscibility under typical*

conditions of Western Siberia deposits. The previously estimated mixability of light oil and associated gas was confirmed in case of application of recombined oil model or degassed oil at displacement from a slim tube. This occurs because of a gradual transition from the mode of immiscible displacement to the mode of limited-mixing displacement of oil and further to the mode of complete mixing as a result of the mass exchange of light oil and associated gas.

**Key words:** slim tube, oil model, oil, associated gas.

**Е. Е. Фомина, М. А. Гуськов, Е. В. Глебова**

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина

ka72@bk.ru

#### **Анализ аспектов культуры безопасности на объектах нефтегазового комплекса**

*В статье проведено исследование влияния различных факторов на компоненты культуры безопасности путем математической обработки результатов анкетирования 344 работников компании транспорта газа. Определен уровень культуры безопасности в компании. Выявлены наиболее часто встречаемые нарушения требований безопасности работниками структурных подразделений компании на основе построенной лепестковой диаграммы по результатам обработки 242 отчетов поведенческого аудита безопасности, проведенных во всех структурных подразделениях компании в период апрель–май 2019 г.*

**Ключевые слова:** охрана труда, промышленная безопасность, поведенческий аудит безопасности, компоненты культуры безопасности, анкетирование.

*E. E. Fomina, M. A. Guskov, E. V. Glebova.*

Gubkin Russian State University of Oil and Gas

#### **Analysis of Safety Culture Aspects at Oil and Gas Facilities**

*The article studies the influence of various factors on the components of safety culture by mathematical processing of the survey results of 344 employees of the Gas Transportation Company. The level of safety culture in the company is defined. The most frequent violations of safety requirements by employees of structural divisions of the company on the basis of the constructed radar chart by results of processing of 242 reports of behavioral safety audit are revealed. Behavioral safety audit was conducted in all structural divisions of the Company in the period April–May 2019.*

**Key words:** occupational safety, industrial safety, behavioral safety audit, safety culture components, questionnaire.