

Химия и технология топлив и масел

6(586)'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.
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

Технология альтернативных топлив

Н. Р. Альмяшева, Д. С. Копицын, В. А. Винокуров, А. А. Новиков. 5
Метанолит подсолнечного масла с использованием
иммобилизованных клеток грибов в качестве биокатализатора

Альтернативное сырье

Ю. В. Рокосов, Н. Н. Рокосова. 7
Углеводороды в продуктах гидропиролиза сапропелитовых углей

ХИММОТОЛОГИЯ

Г. Л. Трофимова, О. В. Иванова, В. П. Евстафьев, 11
И. Е. Селезнева, Г. А. Будановская, Е. А. Кононова, А. Я. Левин.
Исследование взаимодействия присадок к моторным маслам
при создании пакетов и композиций

ИССЛЕДОВАНИЯ

Р. Р. Шириязданов, А. Р. Давлетшин, Ф. Ш. Вильданов, Э. Г. Теляшев, 14
М. Н. Рахимов, Е. А. Ипатов, Р. Р. Абдюшев, Ю. А. Хамзин.
Переработка газовых потоков нефтеперерабатывающих производств
в экологически безопасные моторные топлива на катализаторах
нового поколения

А. В. Голышкин, А. А. Литвин, Я. А. Масютин, В. А. Винокуров. 19
Получение 5-гидроксиметилфурфура из фруктозы
в водно-органических средах

Б. П. Тонконогов, В. А. Осьмушников, А. Ф. Каримова. 21
Использование экологически безопасных пластификаторов,
полученных деасфальтизацией пропаном, в составе шинных резин

Ю. В. Лоскутова, Н. В. Юдина. 26
Прогнозирование эффективности депрессорных присадок
по данным об антиокислительных свойствах нефти

А. П. Семенов, В. И. Медведев, С. Б. Михайлов, П. А. Гущин. 30
Влияние давления на эффективность кинетического ингибирования
гидратообразования полимерными реагентами

Ню Дунци, Лян Цзяньвэй, Ван Шаньчжэ. 33
Химический метод ингибирования отложений парафина и солей
в низкопроницаемых коллекторах

Лянь Чжоуян, Чень Дуншен, Вэй Вуцзи, 37
Чжоу Йончжан, Цзин Цзуньчен.
Технология отмывки фильтрационной корки ингибированного
бурового раствора

Ян Сяогуан, Лю Гунхой, Ли Цзунь. 42
Применение специальной методики для контроля высоты
шламовой подушки при бурении горизонтальных скважин
с продувкой газом

Лю Фэй, Ло Чжифэн, Ван Чжэнку, Лю Пинли. 46
Закономерности фильтрации газа и анализ продуктивности
при проектировании скважин в метаногольных пластах

Чжан И, Чжай Инху, Сунь Тэнфэй, Цао Чжаохой. 50
Практическое применение сочетания анализа с помощью метода
главных компонент и кластерного анализа для оценки параметров
слоисто-неоднородных пластов нефтяного месторождения Даган

МЕТОДЫ АНАЛИЗА

О. И. Пугачева, В. М. Пугачев. 54
Определение степени сработанности дитиофосфатных присадок
в моторных маслах методом тонкослойной хроматографии

ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ И ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ

ТЕПЛОВЫЕ МЕТОДЫ ДОБЫЧИ

Д. Р. Исаков, Д. К. Нургалиев, 59
Д. А. Шапошников, Б. М. Мингазов.

Физико-химические и технологические аспекты применения катализаторов в процессе внутрипластового горения при добыче высоковязких нефтей и природных битумов

Т. Р. Закиров, А. И. Никифоров, А. И. Латыпов. 63
Моделирование теплового воздействия в комбинации с кислотной обработкой многослойной нефтяной залежи

А. В. Галухин, А. А. Ерохин, Д. К. Нургалиев. 67
Влияние каталитического акватермолиза на высокомолекулярные компоненты тяжелой нефти Ашальчинского месторождения

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ

С. Б. Остроухов, И. Н. Плотникова, Ф. Ф. Носова, 70
Г. Т. Салахидинова, Н. В. Пронин.
Особенности состава и строения нефтей Первомайского и Ромашкинского месторождений Татарстана

А. В. Вахин, В. П. Морозов, С. А. Ситнов, А. А. Ескин, 75
М. С. Петровнина, Д. К. Нургалиев, Г. П. Каюкова,
Г. В. Романов, Т. Н. Юсупова.
Применение термических методов исследования при разработке технологий добычи тяжелых нефтей

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Д. Р. Исаков, Д. К. Нургалиев, 81
Д. А. Шапошников, О. С. Чернова.
Особенности математического моделирования метода внутрипластового горения при добыче высоковязких нефтей и природных битумов

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РЕАГЕНТЫ

М. А. Варфоломеев, А. В. Герасимов, И. Т. Ракипов, 84
Д. К. Нургалиев, А. В. Лужецкий, И. И. Габидуллин.
Разработка эффективного ингибитора солеотложений на основе органофосфоновых соединений в водно-спиртовом растворителе

Chemistry and Technology of Fuels and Oils

6⁽⁵⁸⁶⁾'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.

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

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

Contents

CURRENT PROBLEMS

Technology of alternative fuels

N. R. Al'myasheva, D. S. Kopitsyn, V. A. Vinokurov, and A. A. Novikov. 5
Methanolysis of Sunflower Oil Using Immobilized Fungal Cells as a Biocatalyst

Alternative Feedstock

Yu. V. Rokosov and N. N. Rokosova. 7
Hydrocarbons in Hydropyrolysis Products of Sapropelic Coals

CHEMMOTOLOGY

G. L. Trofimova, O. V. Ivanova, V. P. Evstaf'ev, I. E. Selezneva, 11
G. A. Budanovskaya, E. A. Kononova, and A. Ya. Levin.
Study of Interaction Between Additives to Motor Oils
in Designing Additive Packages and Compositions

RESEARCH

R. R. Shiriyazdanov, A. R. Davletshin, F. Sh. Vil'danov, E. G. Telyashev, 14
M. N. Rakhimov, E. A. Ipatova, R. R. Abdyushev, and Yu. A. Khamzin.
Processing Refinery Gas Streams into Environmentally Friendly Motor Oils
on Next-Generation Catalysts

A. V. Golyshkin, A. A. Litvin, Ya. A. Masyutin, and V. A. Vinokurov. 19
Synthesis of 5-Hydroxymethylfurfuraldehyde from Fructose
in Aqueous–Organic Media

B. P. Tonkonogov, V. A. Os'mushnikov, and A. F. Karimova. 21
Use of Environmentally Friendly Plasticizers,
Obtained by Propane Deasphalting, in Tire Rubbers

Yu. V. Loskutova and N. V. Yudina. 26
Prediction of the Effectiveness of Pour-Point Depressant Additives
from Data on the Anti-Oxidant Properties of Crude Oil

A. P. Semenov, V. I. Medvedev, S. B. Mikhailov, and P. A. Gushchin. 30
Effect of Pressure on the Effectiveness of Kinetic Inhibition
of Hydrate Formation by Polymer Reagents

Dongqi Niu, Jianwei Liang, and Shanzhe Wang. 33
Chemical Method for Inhibition of Wax and Scale Deposition
in Low-Permeability Reservoirs

Zhouyang Lian, Dongsheng Chen, Wuji Wei, 37
Yongzhang Zhou, Juncheng Jiang.
Washing Technology for the Mud Cake of Inhibited Drilling Fluid

Xiaoguang Yang, Gonghui Liu, and Jun Li. 42
Application of a Special Technique for Controlling
the Cutting Bed Height in Gas Drilling of Horizontal Wells

Fei Liu, Zhifeng Luo, Zhengku Wang, and Pingli Liu. 46
Gas Seepage Rule and Productivity Analysis
in Designing Coalbed Methane Wells

Zhang Yi, Zhai Ying-hu, Sun Tengfei, and Cao Zhaohui. 50
Practical Application of a Combination of Principal Component Analysis
and Cluster Analysis to Evaluate the Parameters of Layered Heterogeneous
Formations in Dagang Oil Field

METHODS OF ANALYSIS

O. I. Pugacheva and V. M. Pugachev. 54
Determination of the Degree of Depletion of Dithiophosphate Additives
in Motor Oils by Thin Layer Chromatography

TECHNOLOGIES FOR RECOVERY OF HIGH-VISCOSITY CRUDE OILS AND NATURAL BITUMENS

THERMAL PRODUCTION METHODS

- D. R. Isakov, D. K. Nurgaliev,* 59
D. A. Shaposhnikov, and B. M. Mingazov.
Physicochemical and Technological Aspects of Application
of Catalysts During in situ Combustion for Production
of High-Viscosity Crude Oils and Natural Bitumens
- T. R. Zakirov, A. I. Nikiforov, and A. I. Latypov.* 63
Modeling Thermal Treatment Combined with Acid Treatment
of a Multilayer Oil Reservoir
- A. V. Galukhin, A. A. Erokhin, and D. K. Nurgaliev.* 67
Effect of Catalytic Aquathermolysis on High Molecular Weight Components
of Heavy Oil in the Ashal'cha Field

RESEARCH METHODS FOR HIGH-VISCOSITY CRUDE OILS

- S. B. Ostroukhov, I. N. Plotnikova, F. F. Nosova,* 70
G. T. Salakhidinova, and N. V. Pronin.
Characteristic Features of the Composition and Structure of Crude Oils
from The Pervomai and Romashkino Fields in Tatarstan
- A. V. Vakhin, V. P. Morozov, S. A. Sitnov, A. A. Eskin,* 75
M. S. Petrovnina, D. K. Nurgaliev, G. P. Kayukova,
and G. V. Romanov, T. N. Jusupova.
Application of Thermal Investigation Methods
in Developing Heavy Oil Production Technologies

MATHEMATICAL MODELING

- D. R. Isakov, D. K. Nurgaliev,* 81
D. A. Shaposhnikov, and O. S. Chernova.
Features of Mathematical Modeling of in situ Combustion for Production
of High-Viscosity Crude Oils and Natural Bitumens

AUXILIARY REAGENTS

- M. A. Varfolomeev, A. V. Gerasimov, I. T. Rakipov,* 84
D. K. Nurgaliev, A. V. Luzhetskii, and I. I. Gabidullin.
Development of an Effective Scale Inhibitor Based
on Organophosphonic Compounds in an Aqueous–Alcoholic Solvent

МЕТАНОЛИЗ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИММОБИЛИЗИРОВАННЫХ КЛЕТОК ГРИБОВ В КАЧЕСТВЕ БИОКАТАЛИЗАТОРА

Н. Р. Альмяшева, Д. С. Копицын, В. А. Винокуров, А. А. Новиков

РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина,

E-mail: gubkin.biotech@gmail.com

Получение биодизельного топлива ферментативным метанолизом растительного масла перспективно благодаря нетребовательности такого процесса к качеству сырья. Для снижения затрат удобно использовать в качестве катализатора иммобилизированные клетки липолитических микроорганизмов без выделения чистых липаз. Исследован метанолиз подсолнечного масла в проточном реакторе и реакторе смешения при использовании в качестве катализатора иммобилизованного мицелия *Aspergillus niger* и клеток *Yarrowia lipolytica*, как свободных, так и иммобилизованных. В проточном реакторе при использовании клеток *Aspergillus niger* достигается выход метиловых эфиров жирных кислот до 62,2%.

Ключевые слова: биодизельное топливо, иммобилизированные клетки микроорганизмов, липазы, метанолиз, подсолнечное масло.

Synthesis of biodiesel fuel by enzymatic methanolysis of vegetable oil is promising because of the indifference of such a process to the quality of the feedstock. In order to reduce costs, it is convenient to use as the catalyst immobilized cells of lipolytic microorganisms, without separation of pure lipases. We studied methanolysis of sunflower oil in a continuous flow reactor and a stirred tank reactor when using immobilized *Aspergillus niger* mycelium and *Yarrowia lipolytica* cells, both free and immobilized, as the catalyst. In the continuous flow reactor, up to 62.2% yield of fatty acid methyl esters is achieved when using *Aspergillus niger* cells.

Key words: biodiesel fuel, immobilized cells of microorganisms, lipases, methanolysis, sunflower oil.

УГЛЕВОДОРОДЫ В ПРОДУКТАХ ГИДРОПИРОЛИЗА САПРОПЕЛИТОВЫХ УГЛЕЙ

Ю. В. Рокосов, Н. Н. Рокосова

Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН (г. Кемерово),

E-mail: geochem@ngs.ru

Исследован качественный и количественный состав углеводородов, образующихся при гидропиролизе сапропелитов. Обнаружено, что пиролитические превращения органической массы исследованных сапропелитов при 420°C под давлением водорода на 30–50% связаны с формированием жидких углеводородов, типичных для нефтяных керосиновых и дизельных фракций. Отмечено, что в отличие от продуктов безводородного пиролиза, продукты гидропиролиза содержат больше алканов и меньше алкенов и циклоалканов. Исходя из состава неразветвленных, изопреноидных и циклических пирогенетических углеводородов-биомаркеров, сделаны выводы о морском происхождении исходной биомассы исследованных углей и о путях образования продуктов гидропиролиза из липидных структурных элементов.

Ключевые слова: сапропелитовые угли, гидропиролиз, изопреноиды, биомаркеры.

We have studied the qualitative and quantitative composition of hydrocarbons formed in hydrolysis of sapropelites. It was observed that 30–50% pyrolytic conversions of the organic weight in the studied sapropelites at 420°C under hydrogen pressure are associated with formation of liquid hydrocarbons typical of petroleum kerosene and diesel fractions. It was noted that in contrast to hydrogen-free pyrolysis products, the hydrolysis products contain more alkanes and fewer alkenes and cycloalkanes. Based on the composition of unbranched, isoprenoid, and cyclic pyrogenic hydrocarbon biomarkers, we draw conclusions concerning the marine origin of the original biomass in the studied coals and the pathways for the formation of hydrolysis products from lipid structural components.

Key words: sapropelic coals, hydrolysis, isoprenoids, biomarkers.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИСАДОК К МОТОРНЫМ МАСЛАМ ПРИ СОЗДАНИИ ПАКЕТОВ И КОМПОЗИЦИЙ

Г. Л. Трофимова, О. В. Иванова, В. П. Евстафьев, И. Е. Селезнева, Г. А. Будановская, Е. А. Кононова, А. Я. Левин

РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина,

E-mail: laboratoria-95@mail.ru

Исследованы особенности взаимодействия между присадками к моторным маслам различного функционального назначения с целью выявления синергизма в сочетаниях присадок. Показано, что изучение взаимодействия следует проводить с помощью методов, моделирующих условия работы моторного масла. Найдены синергетические сочетания некоторых присадок нового поколения, что может быть использовано для снижения общего содержания присадок в масле без ухудшения его качества.

Ключевые слова: пакеты присадок, синергизм, моторное масло.

We have studied the characteristic features of the interaction between additives to motor oils for different functional purposes, with the aim of identifying synergism in the additive combinations. It is shown that the interactions should be studied using methods simulating the operating conditions for the motor oil. We identified synergistic combinations of some next-generation additives, which can be used to reduce the total additive content in the oil without having a negative impact on its quality.

Key words: additive packages, synergism, motor oil.

ПЕРЕРАБОТКА ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ МОТОРНЫЕ ТОПЛИВА НА КАТАЛИЗАТОРАХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Р. Р. Ширияданов, А. Р. Давлетшин, Ф. Ш. Вильданов, Э. Г. Теляшев, М. Н. Рахимов, Е. А. Ипатов, Р. Р. Абдюшев, Ю. А. Хамзин

Уфимский государственный нефтяной технический университет

E-mail: petroleum9@bk.ru

Для переработки газовых потоков нефтеперерабатывающих производств в экологически безопасные моторные топлива предложены суперкислотные каталитические системы на основе сульфатированного оксида циркония, смешанных гетерополикислот и наноразмерного порошка никеля, нанесенных на кислотно-активированный монтмориллонит. Исследованы закономерности влияния температуры и состава катализатора на протекание процесса олигомеризации бутан-бутеновой фракции с получением изоолефинов C₅–C₁₂.

Ключевые слова: олигомеризация, бутан-бутиленовая фракция, изоолефины, монтмориллонит, гетерополикислоты, сульфатированный оксид циркония.

In order to process refinery gas streams into environmentally friendly motor oils, it has been proposed to use superacid catalytic systems based on sulfated zirconium oxide, mixed heteropoly acids, and nanosized nickel powder supported on acid-activated montmorillonite. We have studied the characteristics of the effect of temperature and composition of the catalyst on the process of oligomerization of the butane–butene fraction, obtaining C₅–C₁₂ iso-olefins.

Key words: oligomerization, butane–butylene fraction, iso-olefins, montmorillonite, heteropoly acids, sulfated zirconium oxide.

ПОЛУЧЕНИЕ 5-ГИДРОКСИМЕТИЛФУРФУРОЛА ИЗ ФРУКТОЗЫ В ВОДНО-ОРГАНИЧЕСКИХ СРЕДАХ

А. В. Гольшкин, А. А. Литвин, Я. А. Масютин, В. А. Винокуров

РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина,

E-mail: gubkin.biotech@gmail.com

Новой перспективной добавкой к моторным топливам является 2,5-диметилфуран, отличающийся высокой теплотворной способностью и низкой гигроскопичностью. 2,5-Диметилфуран получают из 5-гидроксиметилфурфурола, который, в свою очередь, может быть получен из фруктозы или других углеводов, преобразуемых в нее путем гидролиза или изомеризации. В работе исследован процесс получения 5-гидроксиметилфурфурола из фруктозы в различных водно-органических средах при кислотном катализе. Использование смеси пропанола-2 и воды обеспечило выход 5-гидроксиметилфурфурола, равный 69,9%.

Ключевые слова: 5-гидроксиметилфурфурол, кислотный катализ, биотопливо, 2,5-диметилфуран, фруктоза.

A new promising additive to motor oils is 2,3-dimethylfuran, which is distinguished by high calorific value and low hygroscopicity. 2,5-Dimethylfuran is obtained from 5-hydroxymethylfurfuraldehyde, which in turn can be obtained from fructose or other carbohydrates, which are converted to it by means of hydrolysis or isomerization. In this work, we study the process of synthesis of 5-hydroxymethylfurfuraldehyde from fructose in different aqueous-organic media with acid catalysis. Using a mixture of 2-propanol and water resulted in a 69.9% yield of 5-hydroxymethylfurfuraldehyde.

Key words: 5-hydroxymethylfurfuraldehyde, acid catalysis, biofuel, 2,5-dimethylfuran, fructose.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПЛАСТИФИКАТОРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ДЕАСФАЛЬТИЗАЦИЕЙ ПРОПАНОМ, В СОСТАВЕ ШИННЫХ РЕЗИН

Б. П. Тонконогов¹, В. А. Осьмушников², А. Ф. Каримова¹

¹РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина,

²ООО «Газпромнефть – смазочные материалы»,

E-mail: angela.f.karimova@gmail.com

Ввиду ужесточения экологических требований к пластификаторам (директива №2005/69/ЕС) и их широкого использования в резиновой промышленности, проведено исследование влияния экологически безопасных пластификаторов на свойства шинных смесей. Установлена возможность использования в товарных шинных смесях пластификаторов, полученных деасфальтизацией пропаном экстрактов селективной очистки. Показано, что данные пластификаторы являются перспективной альтернативой ароматическим маслам для шинной промышленности.

Ключевые слова: нефтяные пластификаторы, мягчители резин, деасфальтизация, полициклические ароматические углеводороды, шинные резины.

In view of tougher environmental requirements for plasticizers (Directive 2005/60/EC) and their widespread use in the rubber industry, we have studied the effect of environmentally friendly plasticizers on the properties of tire blends. We established that it is feasible to use plasticizers in commercial tire blends that have been obtained by propane deasphalting of solvent extracts. We show that these plasticizers are a promising alternative to aromatic oils for the tire industry.

Key words: petroleum plasticizers, rubber softeners, deasphalting, polycyclic aromatic hydrocarbons, tire rubbers.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕПРЕССОРНЫХ ПРИСАДОК ПО ДАННЫМ ОБ АНТИОКИСЛИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВАХ НЕФТИ

Ю. В. Лоскутова, Н. В. Юдина

Институт химии нефти Сибирского отделения РАН (г. Томск),

E-mail: reoloil@ipc.tsc.ru

Для прогнозирования эффективности депрессорных присадок использовались данные об окислительно-восстановительной активности депрессоров, необработанной и обработанной присадками нефти. Величина кинетического критерия антиокислительной активности K зависит от типа и концентрации присадки. Депрессорной присадке, максимально снижающей вязкость и температуру застывания парафинистой нефти, соответствует наибольшее значение расчетного индекса антиокислительной активности ИАО. Использование депрессора с отрицательным значением ИАО приводит к ухудшению реологических характеристик нефти, а присадка с незначительной депрессорной эффективностью имеет невысокий ИАО.

Ключевые слова: парафинистая нефть, депрессорная присадка, вязкость, температура застывания, антиокислительная активность.

In order to predict the effectiveness of pour-point depressant additives, we have used data on the redox activity of the pour-point depressants and the crude oil, untreated and treated with the additives. The value of the kinetic criterion K for anti-oxidant activity depends on the type of additive and its concentration. The highest value of the calculated anti-oxidant activity index IAO corresponds to the pour-point depressant additive best reducing the viscosity and pour point of waxy crude oil. Using a pour point depressant with a negative value of IAO leads to poorer rheological characteristics of the crude oil, and an additive with slight pour-point depressant effectiveness has a low IAO.

Key words: waxy crude oil, pour-point depressant additive, viscosity, pour point, anti-oxidant activity.

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ КИНЕТИЧЕСКОГО ИНГИБИРОВАНИЯ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫМИ РЕАГЕНТАМИ

А. П. Семенов, В. И. Медведев, С. Б. Михайлов, П. А. Гуцин

РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина,

E-mail: semyonovanton@mail.ru

Исследованы ингибирующие свойства реагентов Luvicap 55W и Luvicap EG в процессе образования гидрата метана КС-I в диапазоне давлений 60–120 бар. Для оценки эффективности кинетического ингибирования использовали метод охлаждения с постоянной скоростью 1 град./ч. Установлено, что как в системе, содержащей кинетический ингибитор, так и в системе без ингибитора начальное давление не влияет на максимальную степень переохлаждения, при которой гидрат метана еще не образуется. Реагенты Luvicap 55W и Luvicap EG при концентрации 0,5% мас. способны эффективно ингибировать образование гидратов метана при степени переохлаждения не выше 6–7°C. Для ингибирования образования гидратов КС-I при более высокой степени переохлаждения реагенты Luvicap 55W и Luvicap EG должны использоваться в большей концентрации или в сочетании с подходящими термодинамическими ингибиторами.

Ключевые слова: кинетические ингибиторы гидратообразования, гидрат метана, Luvicap 55W, Luvicap EG, степень переохлаждения.

We have studied the inhibiting properties of the reagents Luvicap 55W and Luvicap EG in the process of КС-I methane hydrate formation in the pressure range 60–120 bar. In order to evaluate the effectiveness of the kinetic inhibition, we used the method of cooling at a constant rate of 1 degree/hour. We established that both in a system containing the kinetic inhibitor and in a system without the inhibitor, the initial pressure does not affect the maximum degree of supercooling at which methane hydrate is still not formed. The reagents Luvicap 55W and Luvicap EG at a concentration of 0.5 wt.% can effectively

inhibit methane hydrate formation for a degree of supercooling no greater than 6–7°C. For inhibition of KC-I hydrate formation for a greater degree of supercooling, the reagents Luvicap 55W and Luvicap EG should be used in a higher concentration or combined with appropriate thermodynamic inhibitors.

Key words: kinetic inhibitors of hydrate formation, methane hydrate, Luvicap 55W, Luvicap EG, degree of supercooling.

ХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ИНГИБИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ПАРАФИНА И СОЛЕЙ В НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ КОЛЛЕКТОРАХ

Ню Дунци¹, Лян Цзяньвэй², Ван Шаньчжэ¹

¹Northeast Petroleum University (China),

²Daqing Yushulin Oilfield Company Ltd. (China),

E-mail: nepuwzh@163.com

Работа направлена на оптимизацию химического метода предотвращения образования отложений парафина и солей на месторождении Дацинь Юшулинь (Китай). Исследованы характеристики нефти и нагнетаемой в пласт воды разных участков месторождения. Предварительно протестированы составы для удаления отложений парафина и солей применительно к данному месторождению, определены оптимальные концентрации реагентов. Оценены скорость растворения отложений парафина, эффективность ингибирования отложений парафина и солей, степень снижения вязкости нефти. Проведено химическое модифицирование реагентов с целью повышения их эффективности. Процесс кристаллизации парафинов в нефти, содержащий ингибиторы парафиноотложения, исследован методом дифференциальной сканирующей калориметрии.

Ключевые слова: удаление отложений парафина, ингибирование солеотложения, дифференциальная сканирующая калориметрия.

The goal of this work was to optimize a chemical method for preventing wax and scale deposition in the Daqing Yushulin oil field (China). We studied the characteristics of the crude oil and the water injected into the formation in different sections of the oil field. Preliminary testing of the compositions for wax and scale removal was done as applied to this oil field, and we determined the optimal concentrations of the reagents. We estimated the wax dissolution rate, the effectiveness of wax and scale inhibition, and the degree of viscosity reduction in the crude oil. The reagents were chemically modified with the aim of improving their effectiveness. The process of wax crystallization in the crude oil containing wax inhibitors was studied by differential scanning calorimetry.

Key words: wax removal, scale inhibition, differential scanning calorimetry.

ТЕХНОЛОГИЯ ОТМЫВКИ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ КОРКИ ИНГИБИРОВАННОГО БУРОВОГО РАСТВОРА

Лянь Чжоуян, Чень Дуншен, Вэй Вуцзи, Чжоу Йончжан, Цзин Цзуньчен

Nanjing University of Technology (Nanjing, China),

E-mail: lianzy1985@163.com

Разработана промывочная жидкость для щелочного окислительного разрушения фильтрационной корки ингибированного бурового раствора. Проницаемость загрязненного керна при воздействии промывочной жидкости возрастает на 125,6%. Механизм процесса отмывки исследован методами ИК-спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии и дисперсионной рентгеновской спектрометрии. Основная цепь полимера разрушается под действием сильного окислителя, образующиеся при этом олигомеры или еще более низкомолекулярные фрагменты легко вымываются.

Ключевые слова: буровой раствор, фильтрационная корка, промывочная жидкость.

We have developed a flush fluid for alkaline oxidation degradation of the mud cake for inhibited drilling fluid. The permeability of the smeary core when treated with the flush fluid increases by 125.6%. The mechanism of the washing process was studied by IR spectroscopy, scanning electron microscopy, and energy-dispersive x-ray spectrometry. The polymer backbone is broken down by the strong oxidant; the oligomers or even lower molecular weight fragments formed in this case are easily washed out.

Key words: drilling fluid, mud cake, flush fluid.

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЫСОТЫ ШЛАМОВОЙ ПОДУШКИ ПРИ БУРЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН С ПРОДУВКОЙ ГАЗОМ

Ян Сяогун^{1,2}, Лю Гунхой^{1,3}, Ли Цзунь¹

¹College of Petroleum Engineering, China University of Petroleum (Beijing, China),

²Drilling Technology Research Institute, CNPC (Beijing, China),

³Beijing Information Science & Technology University (Beijing, China),

E-mail: yangy911@163.com

Осаждение шлама ограничивает применение бурения с продувкой газом при проходке горизонтального участка скважины. Создана теоретическая модель двухфазного потока применительно к потоку газа и твердых частиц; разработана теория диффузии для условий бурения с продувкой газом горизонтальных участков скважины. Проведены расчеты по исходным данным с реальных скважин. Расчеты показывают, что при бурении горизонтального участка неизбежно будет образовываться шламовая подушка, управлять осаждением шлама необходимо с помощью регулирования скорости потока газа. При низких скоростях движения газа сопротивление движению частиц в основном создается за счет их ударов о стенки скважины в зоне шламовой подушки. При высоких скоростях потока газа основное сопротивление создается за счет ударов частиц о стенки скважины в зоне двухфазного потока. На основе проведенных ранее исследований двухфазного потока и шламовой подушки установлено, что нагнетание газа должно производиться у забоя скважины при бурении горизонтального участка с продувкой газом. Скорость восходящего газового потока должна быть в 1,5 раза выше скорости осаждения частиц. Только при этом условии возможен контроль формирования шламовой подушки.

Ключевые слова: шламовая подушка, бурение горизонтальных скважин с продувкой газом, двухфазный поток.

Sedimentation of cuttings limits application of gas drilling through a horizontal well section. We have constructed a theoretical model of two-layer flow as applied to flow of the gas and solid particles; we have developed a diffusion theory for gas drilling conditions for horizontal well sections. The calculations are performed using data from real wells. The calculations show that when drilling a horizontal section, a cutting bed will inevitably be formed and we need to control sedimentation of the cuttings by regulating the gas flow velocity. For low gas velocities, the resistance of the particles to motion is mainly created as a result of their collisions with the well wall in the cutting bed zone. For high gas flow velocities, the major resistance is created as a result of collisions of the particles with the well wall in the two-layer flow zone. Based on previous studies of two-layer flow and the cutting bed, it was established that gas injection should be done at the bottom of the well when gas drilling a horizontal section. The ascending gas flow velocity should be 1.5 times higher than the particle sedimentation rate. Only under such conditions is control of cutting bed formation possible.

Key words: cutting bed, gas drilling of horizontal wells, two-layer flow.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗА И АНАЛИЗ ПРОДУКТИВНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СКВАЖИН В МЕТАНОУГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ

Лю Фэй¹, Ло Чжифэн¹, Ван Чжэнку², Лю Пинли¹

¹Southwest Petroleum University (Chengdu, China),

²Chongqing University of Science and Technology (Chongqing, China),

E-mail: wangzhengkuwang@126.com

На основе характеристик метаноугольных пластов и принципа параллельного соединения трубопроводов сформулирована модель для расчета перепада давления и дебита горизонтальной многозабойной метаноугольной скважины. Проанализировано влияние числа боковых стволов, длины и угла пересечения боковых стволов с основным на продуктивность скважины. Результаты показывают, что с увеличением интервала между стволами продуктивность сначала снижается, затем увеличивается; с увеличением угла пересечения и длины боковых стволов продуктивность увеличивается.

Ключевые слова: метан угольных пластов, закономерность фильтрации, перепад давления, продуктивность скважины.

Based on the characteristics of coalbed methane formations and the parallel-connection pipeline principle, we have formulated a model for calculating the pressure drop and the production of a horizontal multi-branch coalbed methane well. We have analyzed the effect of the number of side branches, the length and angle of intersection of the side branches with the main branch on the well productivity. The results show that with an increase in branch spacing, the productivity first decreases and then increases; with an increase in the angle of intersection and the length of the side branches, the productivity increases.

Key words: coalbed methane, seepage rule, pressure drop, well productivity.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СОЧЕТАНИЯ АНАЛИЗА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ И КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СЛОИСТО-НЕОДНОРОДНЫХ ПЛАСТОВ НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДАГАН

Чжан И¹, Чжай Инху¹, Сунь Тэнфэй², Цао Чжаохой¹

¹China University of Petroleum (Beijing, China),

²CNOOC Research Institute Beijing, China),

E-mail: suntengfei7@sina.com

Взяты пять параметров, описывающих свойства горных пород — буримость, абразивность, твердость, пластичность и сопротивление сжатию — в качестве исходных факторов, которые использовали для проведения анализа методом главных компонент. С помощью данного метода были получены две главные компоненты и суммарные значения, которые затем были обработаны с помощью кластерного анализа. Данные операции позволяют проводить всестороннюю оценку всех 20 пропластков нефтяного месторождения Даган (Китай). Результаты показывают, что 20 пропластков можно разделить на четыре группы, что обеспечивает обоснование выбора буровых долот и проектирования режима бурения на месторождении Даган.

Ключевые слова: буримость, абразивность, твердость, коэффициент пластичности, сопротивление сжатию, метод главных компонент.

We take five parameters describing the properties of rocks (drillability, abrasive resistance, hardness, plasticity, and compressive strength) as the initial factors used for principal component analysis. Using this method, we obtained two principal components and composite scores, which we then treated using cluster analysis. These operations allow us make a comprehensive evaluation of all 20 strata in the Dagang oil field (China). The results show that the 20 strata can be divided into four groups, which can provide a basis for drill bit selection and drilling design in the Dagang oil field.

Key words: drillability, abrasive resistance, hardness, plasticity coefficient, compressive strength, principal component analysis.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ СРАБОТАННОСТИ ДИТИОФОСФАТНЫХ ПРИСАДОК В МОТОРНЫХ МАСЛАХ МЕТОДОМ ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

О. И. Пугачева¹, В. М. Пугачев²

¹Кемеровская лаборатория судебной экспертизы,

²Кемеровский государственный университет,

E-mail: kemlseoi@mail.ru

Определены оптимальные условия количественного анализа дитиофосфатных (ДТФ) присадок в маслах методом тонкослойной хроматографии: хроматографические пластины с мелкопористыми сорбентами, предварительная очистка гексаном, элюирование смесями гексан–ацетон, детектирование водным раствором PdCl₂. Исследован характер зависимости площади хроматографического пятна от относительного содержания присадок и состава элюента — объемного отношения гексан : ацетон. Показана возможность количественной оценки степени сработанности ДТФ присадок в моторных маслах методом тонкослойной хроматографии. Исследована динамика убыли ДТФ присадок в моторных маслах двух марок в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: тонкослойная хроматография, дитиофосфатные присадки, моторное масло, степень сработанности присадок.

We have determined the optimal conditions for quantitative analysis of dithiophosphate (DTP) additives to oils by thin layer chromatography: chromatographic plates with finely porous sorbents, preliminary cleaning with hexane, elution with hexane–acetone mixtures, detection by an aqueous PdCl₂ solution. We have studied the nature of the dependence of the area of the chromatographic spot on the relative additive content and the composition of the eluent (the hexane:acetone volume ratio). We demonstrate the feasibility of quantitative evaluation of the degree of depletion of DTP additives in motor oils by thin layer chromatography. We studied the dynamics of the decrease in DTP additives in two brands of motor oils during use.

Key words: thin layer chromatography, dithiophosphate additives, motor oil, degree of additive depletion.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ В ПРОЦЕССЕ ВНУТРИПЛАСТОВОГО ГОРЕНИЯ ПРИ ДОБЫЧЕ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ И ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ

Д. Р. Исаков, Д. К. Нургалиев, Д. А. Шапошников, Б. М. Мингазов

Казанский (Приволжский) федеральный университет,

E-mail: isakovdr@gmail.com

На основе обзора публикаций последних лет показано интенсивное развитие метода внутрипластового горения для добычи высоковязких нефтей и природных битумов. Разрабатываются технологии применения внутрипластового горения после парогравитационного дренажа. Все более актуальным становится применение катализаторов. Обосновано каталитическое действие глины и металлов на процессы низко- и высокотемпературного горения.

Ключевые слова: внутрипластовое горение, тяжелая нефть, катализатор, парогравитационный дренаж.

A review of recent publications shows rapid development of the in situ combustion method for production of high-viscosity crude oils and natural bitumens. Technologies have been developed for application of in situ combustion after steam-assisted gravity drainage. Use of catalysts is becoming more and more important. We explain the catalytic effect of clays and metals on low-temperature and high-temperature combustion processes.

Key words: in situ combustion, heavy oil, catalyst, steam-assisted gravity drainage.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В КОМБИНАЦИИ С КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКОЙ МНОГОСЛОЙНОЙ НЕФТЯНОЙ ЗАЛЕЖИ

Т. Р. Закиров¹, А. И. Никифоров², А. И. Латыпов¹

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет,

²Институт механики и машиностроения Казанского научного центра Российской академии наук,

E-mail: timurz0@mail.ru

Рассматривается задача теплового воздействия в комбинации с кислотной обработкой многослойной нефтяной залежи при двухфазных течениях жидкостей (воды и нефти) в пористой среде. Для описания изменения пористости и проницаемости пористой среды в результате химической реакции кислоты с породой скелета используется модель в виде «пучка» цилиндрических капилляров разного радиуса, а интенсивность объединения каналов из-за растворения стенок пор рассчитывается на основе уравнения М. Смолуховского. Выполнено сравнение коэффициента извлечения нефти в случаях обычного заводнения, заводнения с нагнетанием теплоносителя, заводнения с применением кислоты и комбинированной технологии. Показано, что тепловое воздействие в комбинации с кислотной обработкой многослойного нефтяного пласта является наиболее эффективным режимом добычи нефти.

Ключевые слова: математическое моделирование, теплопроводность, кислотная обработка, функция распределения, нефтеотдача.

We consider the problem of thermal treatment combined with acid treatment of a multilayer crude oil reservoir for two-phase flows of fluids (water and crude oil) in a porous medium. In order to describe changes in the porosity and permeability of the porous medium as a result of chemical reaction between the acid and the rock matrix, we use a model in the form of a "bundle" of cylindrical capillaries of different radii, and the coalescence rate of the channels due to dissolution of the pore walls is calculated based on the Smoluchowski equation. We compare the crude oil recovery in conventional flooding, flooding with injection of a heat transfer agent, flooding using acid and the combination technology. We show that thermal treatment combined with acid treatment of a multilayer crude oil formation provides the most effective oil production conditions.

Key words: mathematical modeling, thermal conductivity, acid treatment, distribution function, oil recovery.

ВЛИЯНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО АКВАТЕРМОЛИЗА НА ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ АШАЛЬЧИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А. В. Галухин, А. А. Ерохин, Д. К. Нургалиев

Казанский (Приволжский) федеральный университет,

E-mail: and_galuhin@mail.ru

Исследовано влияние каталитического аквагермолиза на высокомолекулярные компоненты нефти Ашальчинского месторождения республики Татарстан. В качестве катализатора использовали трис-ацетилацетонатный комплекс железа (III). Изменение структуры и состава смол и асфальтенов при аквагермолизе изучено методами ¹H ЯМР- и ИК-спектроскопии.

Ключевые слова: высоковязкая нефть, каталитический аквагермолиз, ЯМР-спектроскопия, асфальтены.

We have studied the effect of catalytic aquathermolysis on the high molecular weight components of crude oil in the Ashal'cha field (Republic of Tatarstan). We used an iron(III) tris(acetylacetonate) complex as the catalyst. The change in the structure and composition of the resins and asphaltenes in aquathermolysis was studied by ¹H NMR and IR spectroscopy.

Key words: high-viscosity crude oil, catalytic aquathermolysis, NMR spectroscopy, asphaltenes.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРОЕНИЯ НЕФТЕЙ ПЕРВОМАЙСКОГО И РОМАШКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТАТАРСТАНА

С. Б. Остроухов^{1,2}, И. Н. Плотникова¹, Ф. Ф. Носова¹, Г. Т. Салахидинова¹, Н. В. Пронин¹

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет,

²ООО ЛУКОЙЛ-Инжиниринг «ВолгоградНИПИморнефть»,

E-mail: ostso@mail.ru

Статья посвящена изучению особенностей состава и строения нефтей продуктивных отложений терригенного девона Миннибаевской площади Ромашкинского и Первомайского месторождений. С использованием программы SynOil выявлены закономерности в молекулярно-массовом распределении *n*-парафинов, циклогексанов и моноалкилбензолов, связанные с условиями формирования и переформирования залежей нефти.

Ключевые слова: молекулярно-массовое распределение, *n*-парафины, циклогексаны, моноалкилбензолы, SynOil.

This paper is devoted to a study of the characteristic features of the composition and structure of crude oils from terrigenous Devonian producing deposits in the Minnibaevskii section of the Romashkino and Pervomai fields. Using the SynOil program, we identified the features of the molecular weight distribution of *n*-paraffins, cyclohexanes, and monoalkylbenzenes associated with the formation and transformation conditions in the crude oil deposits.

Key words: molecular weight distribution, *n*-paraffins, cyclohexanes, monoalkyl benzenes, SynOil.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДОБЫЧИ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ

А. В. Вахин¹, В. П. Морозов¹, С. А. Ситнов¹, А. А. Ескин¹, М. С. Петровнина¹, Д. К. Нургалеев¹, Г. П. Каюкова^{1,2}, Г. В. Романов^{1,2}, Т. Н. Юсупова^{1,2}

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет,

²Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова Казанского научного центра Российской академии наук,

E-mail: vahin-a_v@mail.ru

Представлен обзор возможностей применения термического анализа для исследования нефтесодержащих пород и органического вещества. На примере тяжелых нефтей Ашальчинского и Мордово-Кармалевского месторождений показана возможность анализа эффективности железосодержащих прекурсоров катализаторов акватермолиза по данным термического анализа. Фиксируемые тепловые эффекты в присутствии прекурсора катализатора в сравнении с исходным образцом нефти отражают разложение прекурсора катализатора, процессы деструкции компонентов нефти, активируемые катализатором. Показана возможность применения термического анализа для предварительного подбора или оптимизации состава композиций катализаторов внутрислоевого облагораживания нефтей с учетом активности катализатора по отношению к определенным компонентам нефти в конкретной температурной области.

Ключевые слова: акватермолиз, термический анализ, прекурсор катализатора, тяжелая нефть.

We present a review of the possibilities for application of thermal analysis to study oil-containing rocks and organic matter. Using heavy oils from the Ashal'cha and Mordovo-Karmal fields, we demonstrate the feasibility of analysis of the effectiveness of iron-containing precursors of aquathermolysis catalysts using thermal analysis data. The thermal effects detected in the presence of the catalyst precursor compared with the original sample reflect decomposition of the catalyst precursor and degradation processes for the crude oil components activated by the catalyst. We show that it is feasible to use thermal analysis for preliminary selection or optimization of the catalyst compositions for in situ

upgrading of crude oils, taking into account the activity of the catalyst relative to certain components of the crude oil in a specific temperature range.

Key words: aquathermolysis, thermal analysis, catalyst precursor, heavy oil.

ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕТОДА ВНУТРИПЛАСТОВОГО ГОРЕНИЯ ПРИ ДОБЫЧЕ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ И ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ

Д. Р. Исаков, Д. К. Нурғалиев, Д. А. Шапошников, О. С. Чернова

Казанский (Приволжский) федеральный университет,

E-mail: isakovdr@gmail.com

На основе обзора зарубежных публикаций последних лет рассматриваются особенности математического моделирования процесса добычи высоковязких нефтей и природных битумов с помощью внутрипластового горения. Все более широко используется гидродинамическое моделирование. Показана важность проведения физического моделирования на установке «труба горения», результаты которого незаменимы при ремасштабировании модели до размеров месторождения.

Ключевые слова: внутрипластовое горение, тяжелая нефть, гидродинамическое моделирование, ТНАИ.

Based on a review of recent foreign publications, we consider the features of mathematical modeling of the process for production of high-viscosity crude oils and natural bitumens using in situ combustion. Hydrodynamic modeling is increasingly widely used. We demonstrate the importance of physical simulation on a "combustion tube" apparatus, the results of which are irreplaceable in scaling up the model to the dimensions of the field.

Key words: in situ combustion, heavy oil, hydrodynamic modeling, TNAI.

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО ИНГИБИТОРА СОЛЕОТЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОРГАНОФОСФОНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ВОДНО-СПИРТОВОМ РАСТВОРИТЕЛЕ

*М. А. Варфоломеев¹, А. В. Герасимов¹, И. Т. Ракипов¹, Д. К. Нурғалиев¹, А. В. Лужецкий²,
И. И. Габидуллин³*

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет,

²РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина,

³Казанский национальный исследовательский технологический университет,

E-mail: mikhail.varfolomeev@kpfu.ru

Исследовано влияние соотношения оксиэтилидендифосфоновой и нитрилотриметилфосфоновой кислот, а также добавки хелатирующего комплексообразователя полиаминополиэфирметилефосфоната на ингибирование солеотложений в модельной пластовой воде. Показано, что замена воды на водно-спиртовой растворитель существенно понижает температуру застывания реагента, не оказывая заметного влияния на его эффективность. Разработан состав, проявляющий при дозировке 10–20 мг/л высокую эффективность ингибирования солеотложений карбоната кальция, а также сульфатов кальция и бария.

Ключевые слова: ингибитор солеотложений, органофосфоновые кислоты, полиаминополиэфирметилефосфонат, карбонат кальция, сульфат кальция, сульфат бария.

We have studied the effect of the ratio of hydroxyethylidene diphosphonic and nitrilotrimethylphosphonic acids and also polyamino polyether methylene phosphonate chelating agent additives on scale inhibition in simulated formation water. We show that replacing the water with an aqueous–alcoholic solvent considerably lowers the pour point of the reagent, without having an

appreciable effect on its effectiveness. We have developed a composition that, when added at 10-20 mg/L, exhibits high effectiveness of scale inhibition for scale composed of calcium carbonate and also calcium sulfate and barium sulfate.

Key words: scale inhibitor, organophosphonic acids, polyamino polyether methylene phosphonate, calcium carbonate, calcium sulfate, barium sulfate.