

# Химия и технология топлив и масел

# 1 (581) '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.т.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

- С. И. Колесников, М. Ю. Кильянов, К. И. Чернышев,  
В. А. Винокуров, Е. И. Иванов, М. С. Котелев.* 3  
Безотходная СВС-технология  
производства катализаторов гидроочистки

### НЕФТЕХИМИЯ

- Г. Н. Гурбанов, М. А. Мамедьяров, Ф. А. Кули-заде.* 6  
Синтез и исследование в качестве смазочных масел  
сложных дизэфиров 1,2-диметилполциклогекс-4-ена

### ИССЛЕДОВАНИЯ

- И. С. Завалинская, Д. В. Чиж, Ю. П. Ясьян.* 9  
Изменение свойств нефтяных фракций  
при лазерном воздействии

- М. В. Киргина, Э. Д. Иванчина, И. М. Долганов,  
Н. В. Чеканцев, А. В. Кравцов, Фан Фу.* 12  
Компьютерная программа для оптимизации процесса  
компаундирования высокооктановых бензинов

- Б. П. Туманян, Н. Н. Петрухина, К. О. Аллогулова.* 19  
Устойчивость фракций асфальтенов нефти  
в модельных углеводородных системах

- Ван Вэньда, Хуан Цийу, Хуан Цзунь,  
Пан Цуань, Фу Цзунь, Ван Фенхуи.* 27  
Исследование отложений парафина в трубопроводах,  
подвергаемых сезонной чистке

- Ли Хуи, Ван Янь, Ван Цзуань, Лоу Чжунмин, Су Тао.* 34  
Закономерности фильтрации метана угольных пластов  
в разветвленные скважины

- Баогуан Цзинь, Ханцяо Цзян, Синьсун Чжан,  
Цзин Ван, Цзин Ян, Вэй Чжэн.* 36  
Математическое моделирование  
мицеллярно-полимерного заводнения

- Чжан Хуи, Сунь Тэнфэй, Гао Дэли, Лян Циминь.* 44  
Моделирование глушения глубоководных скважин

- Юнгэ Лю, Хуи Лю, Син Ван.* 47  
Исследование возможности использования азотной пены  
для борьбы с прорывом воды в пластах с краевой водой

### ЭКОЛОГИЯ

- Д. Д. Фазуллин, Г. В. Маврин, Р. Г. Мелконян.* 53  
Очистка сточных вод от нефтепродуктов и фенола  
композиционными сорбентами в динамических условиях

# Chemistry and Technology of Fuels and Oils

## 1 (581) '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. Eng. 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

- S. I. Kolesnikov, M. Yu. Kil'yanov, K. I. Chernyshev,  
V. A. Vinokurov, E. I. Ivanov, and M. S. Kotelev.* 3  
Waste-Free SHS Technology of Hydrofining Catalyst Production

### PETROLEUM CHEMISTRY

- G. N. Gurbanov, M. A. Mamed'yarov, and F. A. Kuli-zade.* 6  
Synthesis and Study of Diesters  
of 1,2-Dimethyl Cyclohex-4-Ene as Lubricating Oils

### RESEARCH

- I. S. Zavalinskaya, D. V. Chizh, and Yu. P. Yas'yan.* 9  
Change in Properties of Petroleum Fractions  
upon Laser Action

- M. V. Kirgina, E. D. Evanchina, I. M. Dolganov,  
N. V. Chekantsev, A. V. Kravtsov, and Fan Fu.* 12  
Computer Program for Optimizing High-Octane  
Gasoline Compounding Process

- B. P. Tumanyan, N. N. Petrukhina, and K. O. Allogulova.* 19  
Stability of Petroleum Asphaltene Fractions  
in Model Hydrocarbon Systems

- Wang Wenda, Huang Qiyu, Huang Jun,  
Pang Quan, Fu Jun, and Wang Fenghui.* 27  
Study on Wax Deposition in Seasonally Pigged Pipelines

- Li Hui, Wang Yan, Wang Juan,  
Luo Zhongming, and Xu Tao.* 34  
Mechanisms of Coalbed Methane Seepage  
in Multi-Branched Wells

- Baoguang Jin, Hanqiao Jiang, Xiansong Zhang,  
Jing Wang, Jing Yang, and Wei Zheng.* 36  
Numerical Simulation of Surfactant-Polymer Flooding

- Hui Zhang, Tengfei Sun, Deli Gao, and Qimin Liang.* 44  
Modeling of Deep-Water Well Killing

- Yongge Liu, Huiqing Liu, and Qing Wang.* 47  
Study of Nitrogen Foam Anti-Water-Invasion Technology  
for Edge Water Reservoir

### ECOLOGY

- D. D. Fazullin, G. V. Mavrin, and R. G. Melkonyan.* 53  
Cleaning of Wastewaters from Oil Products and Phenol  
by Composite Sorbents under Dynamic Conditions

*С. И. Колесников<sup>1</sup>, М. Ю. Кильянов<sup>1</sup>, К. И. Чернышев<sup>2</sup>, В. А. Винокуров<sup>1</sup>, Е. И. Иванов<sup>1</sup>, М. С. Котелев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина,

<sup>2</sup>ЗАО «Промкатализ»

E-mail: kilyanov@mail.ru

## БЕЗОТХОДНАЯ СВС-ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ

Работа посвящена использованию СВС-технологии для получения высокоэффективных катализаторов гидроочистки дизельного топлива. Получаемые катализаторы благодаря особенностям сформированной при высоких температурах структуры активных кристаллитов могут использоваться как без носителей, так и в смеси с традиционными формованными катализаторами на носителях. Эффективность синтезированных катализаторов превышает эффективность традиционного катализатора ГО-70 в несколько раз, обеспечивая остаточное содержание серы на уровне 30–35 млн<sup>-1</sup>. Показано, что в процессе синтезе катализатора в термоцентрифуге при перегрузке 80g происходит образование наиболее оптимальной наноструктурированной системы, отличающейся наиболее развитой поверхностью и, соответственно, максимальным количеством активных каталитических центров. Это обеспечивает максимальную степень обессеривания сырья.

**Ключевые слова:** гидроочистка, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, интерметаллидные сплавы, наноструктура катализатора, удельная поверхность.

This work is dedicated to application of self-propagating high-temperature synthesis (SHS) technology for production of highly effective diesel fuel hydrofining catalysts. These catalysts, because of the peculiarities of the structure of the active components formed at high temperatures, can be used both without supports and in blend with conventionally formed catalysts on supports. The synthesized catalysts are several times more effective than conventional GO-70 catalysts and keep the residual sulfur content at the 30–35 ppm level. It is shown that a maximally optimal nanostructured system distinguished by a highly developed surface and, consequently, maximum number of active catalysis centers is formed in the catalyst synthesis process in a thermocentrifuge at an excess load of 80g. This ensures maximum desulfurization of the feedstock.

**Key words:** hydrofining, self-propagating high-temperature synthesis, intermetallic alloys, catalyst nanostructure, specific surface.

*Г. Н. Гурбанов, М. А. Мамедьяров, Ф. А. Кули-заде*

Институт нефтехимических процессов им. Ю. Г. Мамадалиева НАН Азербайджана

E-mail: lala-2746@rambler.ru

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ В КАЧЕСТВЕ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ СЛОЖНЫХ ДИЭФИРОВ 1,2-ДИМЕТИЛОЛЦИКЛОГЕКС-4-ЕНА

Синтезирован ряд сложных эфиров 1,2-диметилोलциклогекс-4-ена с алифатическими монокарбоновыми кислотами C<sub>4</sub>–C<sub>9</sub>, а также с синтетическими жирными кислотами C<sub>5</sub>–C<sub>9</sub>. Исследованы физико-химические и эксплуатационные свойства этих соединений, некоторые из них предложены в качестве основы маловязких смазочных масел.

**Ключевые слова:** смазочные масла, эфиры циклических диолов, эксплуатационные свойства, термоокислительная стабильность, смазывающие характеристики, гидрированные эфиры, реологические свойства.

Several diesters of 1,2-dimethyl cyclohex-4-ene with C<sub>4</sub>–C<sub>9</sub> aliphatic monocarboxylic acids and with C<sub>5</sub>–C<sub>9</sub> synthetic fatty acids are synthesized. The physicochemical and performance properties of these compounds are studied and some of them are proposed as the parent for getting low-viscosity lubricating oils.

**Key words:** lubricating oils, esters of cyclic diols, performance properties, thermooxidative stability, lubricating properties, hydrogenated esters, rheological properties.

*И. С. Завалинская, Д. В. Чиж, Ю. П. Ясьян*

Кубанский государственный технологический университет (г. Краснодар)

E-mail: zavalinskaya@mail.ru

#### ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ ПРИ ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Исследовано воздействие маломощных лазеров на индивидуальные углеводороды и бензиновую фракцию. Изучен состав получаемых продуктов, и предложена схема превращений углеводородов. Выявлено, что максимальный эффект достигается при лазерном воздействии на углеводородные смеси сложного состава. Преимущественный механизм превращений — радикальный. Основные направления превращений углеводородов — структурная изомеризация, циклизация, в меньшей степени крекинг и дегидрирование.

**Ключевые слова:** лазерное облучение, углеводороды, бензиновая фракция.

Action of low-powered laser on individual hydrocarbons and gasoline fraction is investigated. The composition of the derived products is studied and a hydrocarbon conversion scheme is proposed. It is shown that the effect is the maximum if hydrocarbon mixtures of a complex composition are exposed to laser. The primary conversion mechanism is radical. The major directions of hydrocarbon conversions are structural isomerization, cyclization, and, to a lesser extent, cracking and dehydrogenation.

**Key words:** laser exposure, hydrocarbons, gasoline fraction.

*М. В. Киргина, Э. Д. Иванчина, И. М. Долганов, Н. В. Чеканцев, А. В. Кравцов, Фан Фу*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: mkirgina@gmail.com

#### КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА КОМПАУНДИРОВАНИЯ ВЫСОКООКТАНОВЫХ БЕНЗИНОВ

Изложена методика расчета октановых чисел товарных бензинов с учетом интенсивности межмолекулярных взаимодействий компонентов смеси и механизма взаимодействия антидетонационных присадок с углеводородами. На основе разработанных моделей создана компьютерная программа для оптимизации процесса приготовления высокооктановых бензинов. Программа позволяет оперативно и точно определять оптимальное соотношение компонентов, обеспечивающее получение товарных бензинов, соответствующих всем требованиям нормативных документов.

**Ключевые слова:** компаундирование, октановое число, дипольный момент, математическое моделирование, бензин, компьютерная моделирующая система.

A procedure for calculating octane numbers of commercial gasolines with due regard for the intensity of interactions between molecules of blend components and the mechanism of interaction of antiknock additives with hydrocarbons is elaborated. Based of the models developed, a computer program is created for optimizing the high-octane gasoline producing process. The program allows quick and precise determination of the optimum ratio of components, which ensures production of commercial gasolines that meet all the requirements of the normative documents.

**Key words:** compounding, octane number, dipole moment, numerical simulation, gasoline, computer simulating system.

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

РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

E-mail: petnati@mail.ru

## УСТОЙЧИВОСТЬ ФРАКЦИЙ АСФАЛЬТЕНОВ НЕФТИ В МОДЕЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СИСТЕМАХ

Исследовано влияние синтетических и природных ПАВ на устойчивость растворов асфальтенов ашальчинской нефти (Татарстан) в толуоле. Предложен механизм взаимодействия ПАВ с различной структурой молекулы с асфальтеновыми агрегатами и влияние структуры ПАВ на его поведение как ингибитора или инициатора флокуляции. Показано, что эффективность ингибиторов различна при введении их в растворы широкой фракции асфальтенов, растворы асфальтенов А1 и А2. Описано влияние структуры алкильной части молекулы биодобавки на ее эффективность как ингибитора флокуляции. Обнаружено значительное (в 3 раза) повышение устойчивости растворов асфальтенов А1 при введении нефтяного парафина и отсутствие данного эффекта в растворах асфальтенов А2 и широкой фракции. Установлено, что чувствительность асфальтенов А1 к введению парафина определяется избытком петролейного эфира, использованного для выделения широкой фракции асфальтенов: наличие в составе асфальтенов А1 иммобилизованных смол оказывает значительное влияние на изменение устойчивости растворов асфальтенов А1 при введении парафина.

**Ключевые слова:** асфальтен, «архипелаг», «континент», биодобавка, парафин, флокуляция.

The effect of synthetic and natural surfactants on the stability of solutions of asphaltenes of Ashal'cha crude oil (Tatarstan) in toluene is studied. The mechanism of interaction of the surfactant having various molecular structures with asphaltene aggregates is proposed and the effect of the surfactant structure on the behavior of the surfactant as a flocculation inhibitor or initiator is studied. It is shown that the effectiveness of the inhibitors differ when they are added to solutions of wide asphaltene fraction and solutions of A1 and A2 asphaltenes. The effect of the structure of the alkyl part of the bioadditive molecule on its effectiveness as a flocculation inhibitor is described. It is found that the stability of A1 asphaltene solutions increases markedly (threefold) upon addition of crude oil wax and that this effect is absent in solutions of A2 asphaltenes and wide fraction. It is proved that the sensitivity of A1 asphaltenes to addition of wax is determined by the excess of petroleum ether used for separation of wide asphaltene fraction: presence of immobilized resins in A1 asphaltenes produces a significant effect on the change in stability of A1 asphaltene solutions upon addition of wax.

**Key words:** asphaltene, archipelago, continent, bioadditive, wax, flocculation.

**Ван Вэньда<sup>1</sup>, Хуан Цийу<sup>1</sup>, Хуан Цзунь<sup>1</sup>, Пан Цуань<sup>2</sup>, Фу Цзунь<sup>2</sup>, Ван Фенхуи<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>China University of Petroleum (Beijing, China),

<sup>2</sup>The Erlian Filial of Petrochina Huabei Oilfield Company China National Petroleum Corporation (Xilinhot, China)

E-mail: huang\_qi-vu@sina.com

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ ПАРАФИНА В ТРУБОПРОВОДАХ, ПОДВЕРГАЕМЫХ СЕЗОННОЙ ЧИСТКЕ

Для трубопроводов, транспортирующих парафинистую нефть, разработана полуэмпирическая модель накопления отложений парафина, позволяющая рассчитывать распределение отложений по длине трубопровода в разные периоды года, а также находить толщину отложений на стенке перед проведением операции очистки. На основе этих данных рекомендована программа сезонной очистки трубопровода. С целью вычисления количества отложений парафина, удаляемых при очистке трубопровода в реальных условиях, а также для проверки модели разработан экспериментальный метод, заключающийся в определении температуры гелеобразования загрязненной отложениями нефти впереди скребка. По температуре гелеобразования определяется содержание парафина в нефти.

**Ключевые слова:** парафинистая нефть, сезонная очистка трубопровода, отложения парафина, температура гелеобразования.

Waxy crude oil pipeline is pigged periodically to scrape the adhered wax deposit from the pipe wall and remove it from the pipeline. If the wax deposition on the pipe wall is not too severe and the change in the pipeline throughput due to wax deposition in winter is not much, a pigging operation in winter is inadvisable because a “paraffin blockage” may occur during pigging due to a lower operation temperature. In the case where the crude oil is piped at ambient temperature in summer and then the wax deposit on the pipe wall accumulated during winter is eroded by the oil flow, seasonal pigging of this pipeline is advisable. The pipeline should be pigged during high temperature periods in summer rather than in winter. A semi-empirical wax deposition model developed by our laboratory is used to predict the wax deposit distribution along the pipeline in different seasons and the volume of pre-pigging deposit on the pipe wall, and a seasonal pigging program is recommended. An experimental method consisting in determination of gel point of wax-contaminated oil ahead of the pig is developed to calculate the volume of wax deposits removed by pipeline pigging operation in actual field conditions to test the model. The wax content in the crude oil is determined from the gel point. The relative discrepancy between the predicted and the field experimental pigging operation data is 12.3%.

**Key words:** waxy crude oil, seasonal pipeline pigging, wax deposition, gel point of wax-contaminated oil ahead of pig.

*Ли Хуи<sup>1</sup>, Ван Янь<sup>2</sup>, Ван Цзуань<sup>3</sup>, Лоу Чжунмин<sup>3</sup>, Су Тао<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Chang'an University (Xi'an),

<sup>2</sup>Chengdu University of Technology (Chengdu),

<sup>3</sup>Chuanqing Oilfield Company (Chengdu),

<sup>4</sup>Engineering Technology Research Institute in Sinopec North China Petroleum Bureau (Zhengzhou)

E-mail: wangyanwangwang@126.com

#### ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ МЕТАНА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В РАЗВЕТВЛЕННЫЕ СКВАЖИНЫ

Выявлены преимущества добычи метана угольных пластов бурением разветвленных горизонтальных скважин по сравнению с вертикальными. Исследованы закономерности фильтрации метана в многоствольные скважины. Получены теоретические основы для создания программы разработки пласта и прогнозирования динамики добычи метана.

**Ключевые слова:** метан угольных пластов, многоствольная скважина, установившаяся фильтрация.

Coalbed methane generally refers to the gas absorbed in the coal matrix. Advantages of coalbed methane extraction by drilling multi-branched horizontal wells over vertical wells are shown. The mechanisms of methane seepage into multilateral wells are studied. The theoretical principles for creating a bed development program and predicting methane extraction dynamics are formulated.

**Key words:** coalbed methane, multilateral well, steady seepage.

*Баогуан Цзинь<sup>1</sup>, Ханцяо Цзян<sup>1</sup>, Синьсун Чжан<sup>2</sup>, Цзин Ван<sup>1</sup>, Цзин Ян<sup>3</sup>, Вэй Чжэн<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>MOE Key Laboratory of Petroleum Engineering in China University of Petroleum (Beijing, China),

<sup>2</sup>China National Offshore Oil Corporation Research Institute (Beijing, China),

<sup>3</sup>PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development (Beijing, China)

E-mail: jinbaoguangyj@hotmail.com

#### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИЦЕЛЛЯРНО-ПОЛИМЕРНОГО ЗАВОДНЕНИЯ

Предложена математическая модель мицеллярно-полимерного заводнения для трехфазной шестикомпонентной системы. Модель учитывает различные явления, присущие заводнению, влияние взаимодействий ПАВ и полимера на вязкость, поверхностное натяжение и адсорбцию. Смоделировано поведение различных смесей полимера и ПАВ, характеризующихся взаимным притяжением, отталкиванием и не взаимодействующих друг с другом. Исследовано влияние на эффективность заводнения объема нагнетаемого раствора, скорости нагнетания и концентрации полимера. В целом, учет взаимодействия ПАВ и полимера обеспечивает большее соответствие математической модели промысловым данным.

**Ключевые слова:** мицеллярно-полимерное заводнение, взаимное притяжение, взаимное отталкивание, математическое моделирование.

Surfactant-polymer flooding is currently of increasing interest and importance due to high oil prices and the need for increasing oil production. Numerous studies have shown that interactions between surfactant and polymer can have a great impact on the displacement performance of surfactant-polymer flooding. Nevertheless, none of the available commercial numerical simulators can account for the impact of the interactions. In this work, we propose a mathematical model of surfactant-polymer flooding for a three-phase six-component system, which takes account of various phenomena intrinsic to flooding and the influence of surfactant-polymer interactions on the viscosity, surface tension, and adsorption. The behavior of various polymer-surfactant blends characterized by mutual attraction, repulsion, and non-interaction is simulated. The influence of the volume of injected solution, injection rate, and polymer concentration on the flooding efficiency is studied. In summary, the new numerical surfactant-polymer interaction simulation technique developed in this work could enhance the degree of matching between mathematical model and field practice.

**Key words:** surfactant-polymer flooding, mutual attraction, mutual repulsion, mathematical models, numerical simulation.

*Чжан Хуи, Сунь Тэнфэй, Гао Дэли, Лян Циминь*

China University of Petroleum (Beijing, China)

E-mail: suntengfei7@sina.com

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛУШЕНИЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ СКВАЖИН

С учетом особенностей шельфового бурения теоретически исследована и смоделирована технология глушения газовых скважин. Создана динамическая модель двухфазного течения для расчета минимально необходимых расхода и объема раствора для глушения и времени глушения.

**Ключевые слова:** глубоководная скважина, глушение, динамическая модель двухфазного течения, раствор для глушения скважины.

With the steady increase in energy demand, dwindling of oil and gas resources on the ground, and advancement of oil and gas exploration technology search for oil and gas in deep water has become the future trend. An important guarantee of safe deep-water drilling is scientific and effective well control technology. Although a variety of well killing methods is known at present, the design specific for deep-water well killing is lacking. In this work, the well killing technology is theoretically studied and modeled taking account of the special aspects of shelf drilling. A dynamic model of a two-phase flow is built to calculate the minimally required killing fluid flow rate and volume and the killing time.

**Key words:** deep-water killer well, well killing, transient two-phase flow model, well killing fluid, kill fluid density, kill fluid flow rate

*Юнзэ Лю, Хуи Лю, Син Ван*

China University of Petroleum (Beijing, China)

E-mail: yg.leo@foxmail.com

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЗОТНОЙ ПЕНЫ ДЛЯ БОРЬБЫ С ПРОРЫВОМ ВОДЫ В ПЛАСТАХ С КРАЕВОЙ ВОДОЙ

Экспериментально исследовано влияние концентрации раствора пенообразующего агента, проницаемости, газожидкостного отношения и нефтенасыщенности на поведение азотной пены при изоляции краевой воды. На математической модели пласта с краевой водой изучена эффективность борьбы с поступлением воды с помощью закачки пены в горизонтальную или три вертикальные скважины. Как показывают результаты моделирования, нагнетание пены в горизонтальную скважину позволяет значительно увеличить нефтеотдачу и снизить обводненность, тогда как нагнетание пены в вертикальные скважины безрезультатно. Оптимизированы три фактора, значительно влияющие на результаты эксплуатации месторождения. Добавление к модели высокопроницаемого пропластка доказало применимость предложенного способа разработки месторождения к неоднородным коллекторам.

**Ключевые слова:** азотная пена, пласты с краевой водой, горизонтальная скважина, фактор сопротивления, ортогональный план.

Edge water invasion is one of the biggest impediments to edge water reservoir development, for it could cause a sharp increase of watercut and markedly shorten the life of production wells. So edge water invasion control is a key to building such reservoirs. Foaming agents are used for this purpose. In this work, the influence of foaming agent concentration, permeability, gas/liquid ratio, and oil saturation on the behavior of nitrogen foam for isolating edge water is studied experimentally. The effectiveness of water invasion control by injecting foam into one horizontal and three vertical wells is studied using an edge water reservoir model. Modeling results show that foam injection into horizontal well increases oil recovery and reduce water invasion substantially, whereas foam injection into vertical well is ineffective. The three referred factors markedly affecting oil field development are optimized. Addition to the model of a high-permeability band in the water invasion zone proved the suitability of the proposed oil field development method for heterogeneous reservoirs. The simulation results show that foam can smooth the water invasion profile and enhance oil recovery substantially.

**Key words:** nitrogen foam, edge water reservoir, horizontal well, resistance factor, numerical simulation, orthogonal design.

*Д. Д. Фазуллин<sup>1</sup>, Г. В. Маврин<sup>1</sup>, Р. Г. Мелконян<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета,

<sup>2</sup>Международный независимый эколого-политологический университет (г. Москва)

E-mail: denr3@yandex.ru

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ФЕНОЛА КОМПОЗИЦИОННЫМИ СОРБЕНТАМИ В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Сорбционная очистка сточных вод является одним из наиболее эффективных методов очистки от нефтепродуктов и органических загрязнителей. При использовании пористого фторопласта в качестве сорбента достигается высокая степень очистки при легкой регенерации сорбента. В настоящей работе из пористого фторопласта и активированного угля получены композиционные сорбенты, исследованы их фильтрационные свойства по отношению к углеводородам и фенолу сточных вод. Полученные сорбенты отличаются более высокой сорбционной емкостью по фенолу до проскока по сравнению с активированным углем. Сорбционная емкость по фенолу линейно зависит от содержания угля в композиционном сорбенте, углеводороды сорбируются и углем, и пористым фторопластом. Важное преимущество композиционных сорбентов над углем — возможность многократной регенерации.

**Ключевые слова:** сточные воды, эмульсия, композиционный сорбент, сорбция, активированный уголь, фенол, фторопласт.

Sorption cleaning of wastewaters is one of the most efficient methods of cleaning from oil products and organic contaminants. A high degree of cleaning with easy regeneration of the sorbent is achieved when porous fluoroplastic is used as the sorbent. In this work, we obtained from porous fluoroplastic and activated carbon composite sorbents and studied their filtration properties with respect to wastewater hydrocarbons and phenol. The obtained sorbents possess higher phenol sorption capacity until breakthrough than activated carbon. The phenol sorption capacity depends linearly on the carbon content in the composite sorbent, and the hydrocarbons are sorbed by both carbon and porous fluoroplastic. An important advantage of the composite sorbents over activated carbon is that they can be regenerated repeatedly.

**Key words:** wastewaters, emulsion, composite sorbent, sorption, activated carbon, phenol, fluoroplastic.