

Химия и технология топлив и масел

2(606)'2018

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

- Р. Р. Хасанов, М. А. Варфоломеев, Д. А. Емельянов, А. И. Рахимзянов.* 3
Исследование термического воздействия на образцы
ископаемых углей для оценки перспективности их использования
в качестве источников газообразного топлива

ТЕХНОЛОГИИ

- Э. А. Гусейнова, М. Р. Салаев, Н. Т. Алиева, К. Ю. Аджамов.* 8
Изомеризация *n*-гексана в присутствии
нанесенных титанооксидных катализаторов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ

- Н. А. Сваровская, И. Ю. Шевченко (Зеленко),
А. Ю. Трофимов, Е. В. Иванов, И. А. Голубева.* 13
Моделирование блока реакторов технологической линии
высокотемпературного пиролиза

ХИММОТОЛОГИЯ

- Д. В. Нелюбов, А. П. Ощенко, Е. А. Шарин.* 19
Влияние состава нефтяных остаточных топлив
на их коллоидную стабильность

ИССЛЕДОВАНИЯ

- Г. И. Келбалиев, С. Р. Расулов, Г. Р. Мустафаева.* 24
Моделирование явлений коалесценции капель
в процессах разделения нефтяных эмульсий

- Ю. А. Хамзин, Р. Р. Шириязданов,
А. Р. Давлетшин, А. Э. Шадрин.* 29
Алкилирование изобутана олефинами
на цеолитсодержащих катализаторах с регенерацией *in situ*

- Г. П. Каюкова, А. Н. Михайлова, И. П. Косачев, Н. А. Назимов.* 33
Состав сланцевой нефти из низкопроницаемых карбонатных пород
доманиковых отложений данково-лебединского горизонта
Ромашкинского месторождения

- Чжао Фацзунь, Лю Унцзянь, Ван Уньлун, Лю Хаолян, Ма Хайчен.* 41
Исследование эффективности высокотемпературных
вспенивающих агентов при вытеснении паром

- Сю Пэн, Пу Сяолинь, Сюн Ханьцяо, Ван Чжихун.* 46
Исследование стабильности бурового раствора на основе эмульсий
дизельного масла для различных условий обводнения
при низких температурах

- Лю Юсуан, Го Цзяньчунь, Лу Цун.* 53
Исследование механизма вдавливания расклинивающего агента

Chemistry and Technology of Fuels and Oils

2⁽⁶⁰⁶⁾'2018

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: html@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

- R. R. Khasanov, M. A. Varfolomeev,
D. A. Emel'yanov, and A. I. Rakhimzyanov.* 3
Investigation of Thermal Effect on Samples of Coals to Determine the Prospect
of Their Utilization as Sources of Gaseous Fuels

TECHNOLOGIES

- E. A. Guseinova, M. R. Salaev, N. T. Alieva, and K. Yu. Adzhamov.* 8
Isomerization of *n*-Hexane in Presence of Applied Titanium Oxide Catalysts

DESIGN & ENGINEERING

- N. A. Svarovskaya, I. Yu. Shevchenko (Zelenko),
A. Yu. Trofimov, E. V. Ivanov, and I. A. Golubeva.* 13
Modeling of Block of Reactors of High-Temperature Pyrolysis Process Line

CHEMMOTOLOGY

- D. V. Nelyubov, A. P. Oshchenko, and E. A. Sharin.* 19
Influence of Composition of Petroleum Residual Fuels on Their Colloidal Stability

RESEARCH

- G. I. Kelbaliev, S. R. Rasulov, and G. R. Mustafaeva.* 24
Modeling of Phenomena of Drop Coalescence
in Oil Emulsion Breaking Processes

- Yu. A. Khamzin, R. R. Shiriyazdanov,
A. R. Davletshin, and A. E. Shadrina.* 29
Alkylation of Isobutane by Olefins on Zeolite-Containing Catalysts
with In-Situ Catalyst Regeneration

- G. P. Kayukova, A. N. Mikhailova, I. P. Kosachev, N. A. Nazimov,
O. S. Sotnikov, A. E. Evdokimov, and R. S. Khisamov.* 33
Composition of Shale Oil from Poorly Permeable Carbonate Rocks
of Domanikovian Deposits of Dankov-Lebedyan Horizon
of Romashkino Field

- Fa-Jun Zhao, Yong-Jian Liu, Yun-Long Wang,
Hao-liang Liu, and Hai-cheng Ma.* 41
Performance Study of High-Temperature Foaming Agents
for Improving Steam Flooding Effect

- Peng Xu, Xiaolin Pu, Hanqiao Xiong, and Zhihong Wang.* 46
Stability of Diesel Oil-Based Drilling Fluid under Conditions
of Variable Water Cut at Low Temperatures

- Yuxuan Liu, Jianchun Guo, and Cong Lu.* 53
Analysis of Proppant Embedment Mechanism
Through Experimental Tests

Р. Р. Хасанов, М. А. Варфоломеев, Д. А. Емельянов, А. И. Рахимзянов

Казанский федеральный университет

E-mail: rinat.khassanov@kpfu.ru, mikhail.varfolomeev@kpfu.ru

Исследование термического воздействия на образцы ископаемых углей для оценки перспективности их использования в качестве источников газообразного топлива

Одним из перспективных направлений увеличения ресурсной базы энергетического сырья является добыча горючего газа из угольных пластов. В работе были проведены исследования выхода газовых компонентов из образцов угля визейских отложений Республики Татарстана при термическом воздействии методом совмещенной термогравиметрии и ИК-спектроскопии. Показано, что метан начинает активно выделяться при температуре воздействия 385–405 °С в зависимости от исследуемого образца угля. При этом доля образующегося метана может достигать 30% мас. и более, что подтверждает перспективность получения газообразного топлива из угольных залежей визейских отложений при термическом воздействии.

Ключевые слова: угли, подземная газификация, горючий газ, визейские отложения, термическое воздействие, термогравиметрия.

R. R. Khasanov, M. A. Varfolomeev, D. A. Emel'yanov, and A. I. Rakhimzyanov.

Investigation of Thermal Effect on Samples of Coals to Determine the Prospect of Their Utilization as Sources of Gaseous Fuels

One of the promising ways of expanding energy resource base is production of combustible gas from coal beds. The yield of gaseous components from samples of Visean coals of Tatarstan upon thermal impact was studied in this work by combined thermogravimetric and IR spectrometric method. It is demonstrated that methane begins to appear actively at 384–405°C, depending on the test coal sample. In this process, the yield of methane could be as much as 30 wt. % and higher, which confirms the prospect of getting gaseous fuel from Visean coal deposits by thermal impact.

Key words: coals, underground gasification, combustible gas, Visean deposits, thermal impact, thermogravimetry, IR spectrometry.

Э. А. Гусейнова¹, М. Р. Салаев¹, Н. Т. Алиева, К. Ю. Аджамов²

¹Научно-исследовательский институт

«Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия»,

²Азербайджанский Государственный Университет нефти и промышленности, г. Баку

E-mail: elvira_huseynova@mail.ru

Изомеризация *n*-гексана в присутствии нанесенных титаноксидных катализаторов

*Изучены каталитические свойства нанесенных титаноксидных катализаторов в реакции изомеризации *n*-гексана. Установлено, что изомеризующая активность гексана увеличивается в ряду: Fe/TiO₂ < Co/TiO₂ < Ni/TiO₂. Наиболее активный Ni/TiO₂-катализатор эффективен в двух температурных интервалах: в среднетемпературном (150–300 С) — по механизму сдвига связей и совместно механизму сдвига связей и в высокотемпературном (350–400°C) — по циклическому механизму с промежуточным образованием пятичленного цикла. Высказано предположение, что в ходе восстановительной активации Ni/TiO₂-*

катализатора формируются дисперсный никель, образующий гидридную фазу. Водород и никель в ионной форме способствуют повышенной активности Ni/TiO₂ катализатора.

Ключевые слова: изомеризация, *n*-гексан, диоксид титана, переходные металлы, ионный никель, гидрид никеля.

E. A. Guseinova, M. R. Salaev, N. T. Alieva, and K. Yu. Adzhamov.

Isomerization of *n*-Hexane in Presence of Applied Titanium Oxide Catalysts

*Catalytic properties of applied titanium dioxide catalysis in *n*-hexane polymerization reactions are studied. It is demonstrated that isomerizing activity of hexane increases in the order Fe/TiO₂ < Co/TiO₂ < Ni/TiO₂. The most active Ni/TiO₂ catalyst is effective in two temperature ranges, namely, moderate temperature (150-300°C) that pertains to the mechanism of bond shift and combined mechanism bond shift and high temperature (350-400°C) that pertains to cyclic mechanism with intermediate formation of five-membered ring. It is proposed that in the process of reductive activation of Ni/TiO₂ catalyst, dispersed nickel is formed, producing a hydride phase. Hydrogen and nickel in ionic form facilitates increased Ni/TiO₂ catalyst activity.*

Key words: isomerization, *n*-hexane, titanium dioxide, transition metals, ionic nickel, nickel hydride.

Н. А. Сваровская¹, И. Ю. Шевченко (Зеленко)², А. Ю. Трофимов¹, Е. В. Иванов¹, И. А. Голубева¹

¹РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина,

²Алтайский государственный аграрный университет

E-mail: na_sv2002@mail.ru

Моделирование блока реакторов технологической линии высокотемпературного пиролиза

Представлены результаты математического моделирования блока реакторов технологической линии высокотемпературного пиролиза углеводородов. Модели трубчатых печей гомогенного процесса пиролиза со змеевиками разной конструкции описаны в виде реакторов идеального вытеснения. Применение детерминированного подхода к построению механизма реакций и оценке кинетических параметров термического разложения углеводородов и использования их для описания процессов, протекающих в печах пиролиза типа SRT-1, SRT-2, показало адекватность расчетных зависимостей опытным данным.

Ключевые слова: углеводородное сырье, механизм, параметры, пиролиз, трубчатые печи, моделирование.

N. A. Svarovskaya, I. Yu. Shevchenko (Zelenko), A. Yu. Trofimov, E. V. Ivanov, and I. A. Golubeva.

Modeling of Block of Reactors of High-Temperature Pyrolysis Process Line

The results of mathematical modeling of a block of reactors of a high-temperature hydrocarbon pyrolysis process line are presented. Models of tube furnaces for homogeneous pyrolysis process with variously designed coils are described as ideal-displacement reactors. Application of determinative approach to the reaction mechanism and determination of the kinetic parameters of thermal decomposition of hydrocarbons and their use for describing the processes occurring in SRT-1 and SRT-2 types of pyrolysis furnaces showed agreement of the calculated relationships with the experimental data.

Key words: hydrocarbon stock, mechanism, parameters, pyrolysis, tube furnaces, modeling.

Д. В. Нелюбов, А. П. Ощенко, Е. А. Шарин
ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России»,
E-mail: 25gosniihim@mil.ru

Влияние состава нефтяных остаточных топлив на их коллоидную стабильность

В работе исследован групповой (SARA) и фракционный состав 14 образцов флотских мазутов и компонентов, применяемых для их производства. Анализ результатов исследования растворов данных образцов в изооктане методом лазерной Фурье-дифрактометрии позволил разработать количественный метод оценки их коллоидной стабильности. Получены корреляционные зависимости состава и коллоидной стабильности исследованных нефтепродуктов с содержанием асфальтенов и без них. Экспериментально показана несправедливость применения для оценки коллоидной стабильности остаточных топлив термина «прямогонность».

Ключевые слова: остаточные топлива, флотский мазут, коллоидная стабильность нефтепродуктов, стабильность остаточных топлив, эксплуатационные свойства остаточных топлив.

D. V. Nelyubov, A. P. Oshchenko, and E. A. Sharin.

Influence of Composition of Petroleum Residual Fuels on Their Colloidal Stability

Saturate, aromatic, resin, and asphaltene (SARA) group and fractional composition of 14 samples of marine residual fuel oils and components usable for their production is studied. Laser Fourier-diffractometric analysis of the results of study of solutions of these samples in isooctane made it possible to develop a quantitative method of assessment of their colloidal stability. Correlative relationships of the composition and the colloidal stability of the studied asphaltene-containing and asphaltene-free petroleum products are derived. The inapplicability of the term “straight-run” for assessment of colloidal stability of residual fuels is shown experimentally.

Key words: residual fuels, marine residual fuel oil, colloidal stability, petroleum products, stability of residual fuels, performance properties of residual fuels.

Г. И. Келбалиев¹, С. Р. Расулов², Г. Р. Мустафаева²

¹Институт катализа и неорганической химии НАН Азербайджана,

²Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,

E-mail: kudret.kelbaliev@mail.ru, rasulovsakit@gmail.com

Моделирование явлений коалесценции капель в процессах разделения нефтяных эмульсий

Предложена диффузионная модель образования адсорбционного слоя из асфальтосмолистых веществ на поверхности капель воды и приведена формула для оценки его толщины. Разработана модель совместной коалесценции и дробления капель в изотропном турбулентном потоке. Предложены уравнения для оценки эволюции числа капель и их размеров по времени, зависящие от частот дробления и коалесценции. При малых числах Вебера ($We < 1$) эти модели удовлетворительно согласуются с имеющимися экспериментальными данными.

Ключевые слова: нефтяная эмульсия, капли, коалесценция, дробление, адсорбционный слой, распределение капель, расслоение.

G. I. Kelbaliev, S. R. Rasulov, and G. R. Mustafaeva.

Modeling of Phenomena of Drop Coalescence in Oil Emulsion Breaking Processes

A diffusion model of adsorption layer formation from asphalt-resinous substances on water drop surface is proposed and a formula for determining its thickness is given. A model of combined drop coalescence and disintegration in an isotropic turbulent flow is developed. Equations for determining evolution of the number of drops and their size with time, which depend on the frequency of disintegration and coalescence, are proposed. At low Weber numbers ($We < 1$) these models agree satisfactorily with the available experimental data.

Key words: petroleum emulsion, drops, coalescence, disintegration, adsorption layer, distribution of drops, stratification.

Ю. А. Хамзин, Р. Р. Шириязданов, А. Р. Давлетшин, А. Э. Шадрина

Уфимский государственный нефтяной технический университет

E-mail: Yunirkh@bk.ru

Алкилирование изобутана олефинами на цеолитсодержащих катализаторах с регенерацией in situ

Одним из вариантов решения проблемы дезактивации цеолитсодержащих катализаторов алкилирования является использование сверхкритических условий при проведении процесса, когда образующийся сверхкритический флюид углеводородов удаляет высокомолекулярные продукты уплотнения, образующиеся на поверхности катализатора. В работе представлены результаты длительных пилотных испытаний катализаторов, на основе модифицированных поликатион-декатинированных цеолитов Y в ультрастабильной форме в процессе алкилирования с регенерацией in situ.

Ключевые слова: твердокислотное алкилирование, цеолиты, алкилат, сверхкритические флюиды, регенерация.

Yu. A. Khamzin, R. R. Shiryazdanov, A. R. Davletshin, and A. E. Shadrina.

Alkylation of Isobutane by Olefins on Zeolite-Containing Catalysts with In-Situ Catalyst Regeneration

A variant of solution of the problems of deactivation of zeolite-containing alkylation catalysts is use of supercritical conditions in process implementation when the formed supercritical fluid of hydrocarbons removes high-molecular-weight condensation products formed on the catalyst surface. This paper reports the results of prolonged pilot tests of catalysts based on modified polycation-decationized Y zeolites in an ultrastable form in the process of alkylation with in-situ catalyst regeneration.

Key words: solid acid alkylation, zeolites, alkylate, supercritical fluids, regeneration.

Г. П. Каюкова^{1,2}, А. Н. Михайлова¹, И. П. Косачев¹, Н. А. Назимов³,

О. С. Сотников³, А. Е. Евдокимов⁴, Р. С. Хисамов⁴

¹Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова Казанского научного центра РАН,

²Казанский (Приволжский) федеральный университет,

³ТатНИПИнефть, г. Бугульма,

⁴ПАО «Татнефть им. В. Д. Шашина, г. Альметьевск,

E-mail: kayukova@iopc.ru

Состав сланцевой нефти из низкопроницаемых карбонатных пород доманиковых отложений данково-лебедянского горизонта Ромашкинского месторождения

Соценен нефтегенерационный потенциал низкопроницаемых карбонатных пород из данково-лебедянского горизонта доманиковых отложений верхнего девона Зеленогорской площади Ромашкинского месторождения в зависимости от содержания и состава органического вещества в породах и состава вымываемой из пород сланцевой нефти экстракцией органическими растворителями. В составе экстрактов из пород, по сравнению с добываемой сланцевой нефтью из карбонатных коллекторов одновозрастных отложений методом гидравлического разрыва пласта, больше содержание смол и асфальтенов, ниже содержание насыщенных фракций, в составе которых преобладают высокомолекулярные n-алканы. В модельных экспериментах изучено влияние температур 200, 250, 300 и 350°C на конверсию органического вещества карбонатной доманиковой породы в углекислотной гидротермальной системе, оценен выход и качество извлекаемых углеводородов. Установлено, что воздействие на породу температур 200 и 250°C способствует более интенсивному и полному извлечению нефтяных углеводородов. При температурах выше 300°C протекают процессы деструкции высокомолекулярных компонентов и нерастворимого керогена, приводящие к увеличению выхода экстрактов из пород и увеличению в них содержания насыщенных углеводородов, состав которых становится подобен составу, добываемой из карбонатных низкопроницаемых коллекторов сланцевой нефти. Результаты исследований дают основание полагать, что карбонатные породы данково-лебедянского горизонта содержат продуктивные пласты, которые, при разработке с применением гидротермальных технологий могут стать дополнительным источником нефтяных углеводородов.

Ключевые слова: сланцевая нефть, состав, органическое вещество, карбонатная порода, доманиковые отложения, кероген, углеводороды, гидротермальные превращения.

G. P. Kayukova, A. N. Mikhailova, I. P. Kosachev, N. A. Nazimov, O. S. Sotnikov, A. E. Evdokimov, and R. S. Khisamov.

Composition of Shale Oil from Poorly Permeable Carbonate Rocks of Domanikovian Deposits of Dankov-Lebedyan Horizon of Romashkino Field

The oil-generating potential of poorly permeable carbonate rocks from the Dankov-Lebedyan horizon of the Domanikovian deposits of the Upper Devonian of the Zelenogorsk area of the Romashkino field as a function of content and composition of the organic matter in the rocks and of the composition of the shale oil extracted from the rocks by organic solvents is evaluated. In comparison with the shale oil produced from the carbonate reservoir of coeval deposits by hydrofracking of the rock formation, the extracts from the rocks contain more resins and asphaltenes and less saturated fractions where high-molecular-weight n-alkanes are dominant. In model experiments, the influence of the temperatures 200, 250, 300, and 350°C on conversion of the organic matter of the Domanikovian carbonate rock in carbonic acid hydrothermal system are studied and the yield and quality of the extracted hydrocarbons are evaluated. It is demonstrated that the thermal effect at 200 and 250°C on the rock facilitates more intense and complete extraction of oil hydrocarbons. At temperatures above 300°C occur processes of degradation of high-molecular-weight components and insoluble kerogen, leading to increase in yield of extracts from the rocks and increase in them of the content of saturated hydrocarbons whose composition approaches the composition of the shale oil extracted from the poorly permeable carbonate reservoirs. The investigation results provide the ground for

suggesting that carbonate rocks of the Dankov-Lebedyan horizon contains productive formations that could become an additional source of oil hydrocarbons when developed by hydrothermal technologies.

Key words: *shale oil, composition, organic matter, carbonate rock, Domanikovian deposits, kerogen, hydrocarbons, hydrothermal conversions.*

Чжао Фацзунь, Лю Унцзянь, Ван Уньлун, Лю Хаолян, Ма Хайчен

Key Laboratory of Oil Recovery Enhance of Ministry of Education, Northeast Petroleum University, Daqing, China

E-mail: fajzhao@126.com

Исследование эффективности высокотемпературных вспенивающих агентов при вытеснении паром

В процессе вытеснения нефти паром в резервуарах тяжелой нефти возникают проблемы перекрытия паром и образования паровых каналов. Для исследования механизма этого процесса были проведены исследования применимости вспенивающих агентов и их параметров: термической стабильности, пенности и стабильности пены, структурной и морфологической устойчивости. Результаты исследований показали, что агент CX-4 обладает высокими характеристиками термической стабильности, пенности и стабильности пенообразования. При воздействии высоких температур вспенивающий агент сохраняет свою структуру, но при этом гексагональная структура пены ослабевает. Абсорбционные пленки пузырьков пены имеют центрированную кольцевую структуру, хорошо спаяны между собой и имеют значительные пространственные области перекрытия. Пространственное распределение и трехмерная структура пены несколько ухудшается. Элементный состав вспенивающего агента содержит в основном четыре элемента: серу, углерод, натрий и кислород. В результате высокотемпературного выдерживания элементный состав и молекулярная структура остаются стабильными.

Ключевые слова: *тяжелая нефть, высокотемпературный вспенивающий агент, вытеснение нефти паром, сканирующий электронный микроскоп, рентгеновский дисперсионный спектрометр.*

Fa-Jun Zhao, Yong-Jian Liu, Yun-Long Wang, Hao-liang Liu, and Hai-cheng Ma.

Performance Study of High-Temperature Foaming Agents for Improving Steam Flooding Effect

Foaming agents are used to solve the problems of steam overlay and steam channeling that arise in the process of steam flooding in heavy-oil reservoirs. To study the mechanism of this process, the performance characteristics of the foaming agents are studied in terms of their thermal endurance, foaminess, stability, structure, and morphology. A foam scanner, a Fourier transform infrared spectrometer (FT-IRS), an environmental scanning electron microscope (ESEM), and an x-ray energy dispersive spectroscope (XREDS) are used to study and analyze these characteristics. The results show the following: the foaming agent CX-4 possesses excellent thermal endurance performance, foaminess, and foam stability; after high-temperature treatment, the structure of the foaming agent remains intact, but the hexagonal structure of the foam weakens; the absorptive films around the foam bubbles have a centered ring structure, are intertwined, and have significant spatial overlapping areas. The absorptive film of the foam is well integrated and is relatively thick. It is randomly distributed in space and its three-dimensional structure becomes slightly worse. The elements contained in the foaming agent are mainly S, C, Na and O. After high-temperature treatment, the elemental composition and the molecular structure of the agent remain stable.

Key words: *heavy oil, high-temperature foaming agent, steam flooding, FT-IRS, SEM, XREDS.*

Сю Пэн¹, Пу Сяолин¹, Сюн Ханьцяо¹, Ван Чжихун²

¹State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation,
Southwest Petroleum University, Chengdu, China,

²Huabei Company, Sinopec, Zhengzhou, China,

E-mail: cdxupeng@126.com

Исследование стабильности бурового раствора на основе эмульсий дизельного масла для различных условий обводнения при низких температурах

Буровой раствор на основе дизельных масел, применяемый при добыче нефти для изменения параметров пласта, представляет собой эмульсию воды и масла. В данной работе исследовалось влияние соотношения фаз в эмульсии на реологические, дисперсионные и электрические свойства бурового раствора при условиях, близких к условиям заводнения пласта. Результаты экспериментов показали, что стабильность эмульсии напрямую зависит от соотношения фаз масло — вода в эмульсии и от температуры. Эффективная вязкость и напряжение сдвига увеличиваются по мере уменьшения соотношения фаз масло — вода и уменьшения температуры. При заданных значениях температуры и соотношения фаз, эффективная вязкость уменьшается при увеличении напряжения сдвига. Свойства эмульсий дизельных масел с высоким соотношением фаз масло-вода сходны со свойствами ньютоновской жидкости, а при понижении значения соотношения фаз демонстрируют свойства псевдопластической жидкости. Дальнейшее снижение соотношения масло — вода в эмульсии влияет на дисперсионную стабильность эмульсии, что делают ее непригодной для использования в качестве бурового агента.

Ключевые слова: буровой раствор, эмульсия, соотношение фаз, реологическая стабильность.

Peng Xu, Xiaolin Pu, Hanqiao Xiong, and Zhihong Wang.

Stability of Diesel Oil-Based Drilling Fluid under Conditions of Variable Water Cut at Low Temperatures

Diesel oil-based drilling fluid is an oil-water emulsion. It enhances borehole stability, lubricity, reservoir protection, and resistance to calcium salt. We used diesel oil-based emulsions with different oil-water ratios to simulate drilling fluid invaded by different amounts of formation water and evaluated the rheological, dispersion, and electrical stability of the drilling fluid under conditions akin to water cut conditions. The experimental results showed that the rheological stability of diesel oil emulsion is greatly influenced by oil-water ratio and temperature. Apparent viscosity and shear stress increase with decrease of oil-water ratio and fall of temperature. Apparent viscosity decreases with increase of shear rate and shear stress at the same oil-water ratio and temperature. Diesel oil emulsion exhibits properties akin to those of Newtonian fluids when the oil-water ratio increases and exhibits the properties of pseudo-plastic fluids when the oil-water ratio decreases. The stability of diesel oil emulsion increases with increase of electrical stability (ES). Decrease of oil-water ratio in the emulsion reduces the dispersion stability, which renders the drilling fluid unsuitable for use. When diesel oil emulsion is used as drilling fluid, prevention of formation water invasion and appropriate selection of oil-water ratio are needed for safe and quick drilling.

Key words: drilling fluid, emulsion, water-oil ratio, rheological stability, dispersion stability, electrical stability.

Лю Юсуан, Го Цзяньчунь, Лу Цун

State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation,

Southwest Petroleum University, Chengdu, China,

E-mail: Liuyx_6@163.com

Исследование механизма вдавливания расклинивающего агента

Вдавливание расклинивающего агента в процессе гидравлического разрыва пласта может привести к значительному сокращению ширины разрыва и таким образом значительно уменьшит проводимость трещины. В данной работе описано исследование процесса вдавливания расклинивающего агента. Были выполнены две серии экспериментов и предложен механизм процесса вдавливания пропанта. Результаты показывают, что вдавливание пропанта представляет собой не упругий механизм, но может быть пластичным и даже прорывным, в зависимости от микроструктуры поверхности породы трещины.

Ключевые слова: расклинивающий агент, вдавливание, гидравлический разрыв пласта, сложное месторождение.

Yuxuan Liu, Jianchun Guo, and Cong Lu.

Analysis of Proppant Embedment Mechanism Through Experimental Tests

Proppant embedment is a major mechanism in hydraulic-fracturing treatments that could cause a remarkable reduction of fracture width and thereby reduce the fracture conductivity considerably. This paper describes a detailed proppant embedment test method and the apparatus used, including the structure of the facility, experiment principles, test procedures, and data interpretation. Two groups of experiments performed and the mechanism of proppant embedment are discussed. Analysis shows that embedment is not only an elastic process, but also an elastic-plastic and even a failure process which is controlled by the microstructure of the formation core.

Key words: proppant, embedment, hydraulic fracturing, unconventional reservoir.