

Chemistry and Technology of Fuels and Oils

3₍₆₀₇₎'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: htm@list.ru

Материалы авторов не возвращаются.

Редакция не несет ответственности
за достоверность информации
в материалах, в том числе
рекламных, предоставленных
авторами для публикации.

Формат 60 × 84 1/8.

Печать офсетная.

Усл. печ. л. 7.

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в ООО ИПФ «СТРИНГ»
424006, Республика Марий Эл,
г. Йошкар-Ола, ул. Строителей, 95

Contents

CURRENT PROBLEMS

- A. Yu. Krylova, E.G. Gorlov, A.V. Shumovsky,
Yu. P. Yas'yan, and M. Yu. Niskovskaya. 3
Production of Chemical Products by Catalytic Conversion of Biomass

TECHNOLOGIES

- A. G. Rzaev, G. I. Kelbaliev, G. R. Mustafaeva, and S. R. Rasulov. 7
Simulation of Emulsion Formation and Destruction
during Thermochemical Oil Preparation

- A. G. Safiulina, R. R. Zabbarov, S. I. Khusnutdinov,
A. A. Alekseeva, I. Sh. Khusnutdinov, S.M. Petrov. 15
Thermomechanical Dehydration of Highly-Stable Dispersed Systems
of Liquid Pyrolysis Products

- A. A. Alekseeva, S. I. Khusnutdinov, S. M. Petrov,
I. Sh. Khusnutdinov, A. G. Safiulina, N. Yu. Bashkirtseva. 19
Properties and Selling Destinations of Highly-Stable Dispersed Systems
of Liquid Pyrolysis Products

- Yu. A. Khamzin, R. R. Shiriyazdanov, A. R. Davletshin,
A. B. Murzabekova, N. V. Yakupov, and A. E. Shadrina. 23
Application of Oxidative Regeneration of Zeolite-Containing Catalysts
to Solid-Acid Alkylation of Isobutane by Olefins

RESEARCH

- L. R. Gainullina and V. P. Tutubalina. 27
Adsorptive Separation and Study of Narrow Oil Fractions (Bp 300–400°C)
of West Surgut Oil

- F. V. Yusubov and Ch. Sh. Ibragimov. 31
Separation of Gas Mixtures in a Fixed-Bed Adsorbent

- E. M. Zakharyan, N. N. Petrukhina, A. I. Dmitriev,
A. I. Nekhaev, B. P. Tumanyan, A. L. Maximov, 35
Thermal Polymerization of Steam Cracking Liquid Fractions
for Hydrocarbon Resins Production

- R. I. Kadyrov, M. S. Glukhov, E. O. Statsenko, and B. M. Galiullin, 40
Structural Transformation of the Void-Pore Space
of a Lime Reservoir During HCl Treatment

- Xudong Wang, Zhaohui Chen, Dan Liang, Guanzhong Chen. 48
Study of the Permeability Distribution Law Near the Wellbore
in Cold Heavy-Oil Production with Sand

METHODS OF ANALYSIS

- A. P. Mamedov, Ch. K. Rasulov, Ch. K. Salmanova,
S. F. Ahmadbayova, R. Z. Bagirzade, and U. J. Yolchuyeva. 53
Chemiluminescence of Photo-Oxidized and Inhibited Hydrocarbons
of Balakhan Heavy-Oil Residue

INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF OIL AND GAS

- Huohai Yang, Xiangyi Yi, Qiang Fang, Jun an Lu. 57
Effects of Fluid-Saturation Variations on the Acoustic Parameters
of Reservoir Rocks under Simulated Formation Conditions

- Yili Kang, Jiping She, Hao Zhang, Xiaopeng Yan. 62
Impact of Alkali Flow on Stress-Sensitivity of Fractured Shale Formations

- Yulin Chen, Liehui Zhang, Jianchao Li. 68
Nano-Scale Pore Structure and Fractal Dimension of Lower Silurian Longmaxi Shale

- Xingli Yang, Ping Guo, Xinchun Zhang, Jiangming Deng. 75
Foam-Assisted Air Injection in Ultralow-Temperature Tight Oil Reservoirs

- Huohai Yang, Zhaozhong Yang, Liangjie Mao. 78
Longitudinal Vibration of a Deep-Water Drilling Riser in Disconnected Mode

- Zhang Yi, Duan Menglan, Kong Xiangji, Sun Tengfei, Yang Feng. 83
Research on Drillability Evaluations in Deep Formations
Based on the Kriging Interpolation Method

А. Ю. Крылова¹, Е. Г. Горлов¹, А. В. Шумовский¹, Ю. П. Ясьян², М. Ю. Нисковская²

¹ООО «ИГИ-НТЦ»,

²Кубанский государственный технологический университет,

E-mail: nismar@mail.ru

Получение химических продуктов каталитическим превращением биомассы

Исследовано влияние состава генераторного газа на выход и состав продуктов его превращения в присутствии кобальтовых и железных катализаторов. Приводятся данные о зависимости характера получаемых органических соединений от состава приготовленных катализаторов и условий проведения синтеза. Экспериментально установлено, что генераторные газы, полученные при газификации воздухом растительной биомассы, могут быть использованы для получения парафинов, олефинов и одноатомных спиртов без осуществления кондиционирования, то есть без выделения из них синтез-газа стехиометрического состава.

Ключевые слова: биомасса, газификация, генераторный газ, синтез-газ, катализаторы, парафины, олефины, спирты.

A. Yu. Krylova,¹ E.G. Gorlov,¹ A.V. Shumovsky,¹ Yu. P. Yas'yan,² and M. Yu. Niskovskaya²

¹Institute of Fossil Fuels, Scientific and Technological Center LLC;

²Kuban State Technological University

CHEMILUMINESCENCE OF PHOTO-OXIDIZED AND INHIBITED HYDROCARBONS OF BALAKHAN HEAVY-OIL RESIDUE

The influence of the generating-gas composition on the yield and composition of its transformation products in the presence of cobalt and iron catalysts is investigated. Data for the dependence of the obtained organic compounds on the composition of the prepared catalysts and synthetic conditions are provided. Experiments found that generating-gases obtained from aerobic gasification of plant biomass can be used to produce paraffins, olefins, and monatomic alcohols without conditioning, i.e., without separating stoichiometric syngas from them.

Keywords: biomass, gasification, generating gas, syngas, catalysts, paraffins, olefins, alcohols.

А. Г. Рзаев¹, Г. И. Келбалиев², Г. Р. Мустафаева³, С. Р. Расулов³

¹Институт систем управления Национальной АН Азербайджана,

²Институт катализа и неорганической химии НАН Азербайджана,

³Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

rasulovsakit@gmail.com

Моделирование процессов образования и разрушения эмульсии при термохимической подготовке нефти

Показано, что процессы подготовки нефти относятся к нанотехнологиям, поскольку эти процессы осуществляются на наноразмерном уровне, заключающемся в зарядовом взаимодействии моно- и поливалентных ионов, присутствующих во взаимодействующих средах нефти и пластовой воды. С учетом специфических особенностей (наноявлений) образования и разрушения нефтяной эмульсии предложена математическая модель процессов термохимического обезвоживания нефти. Предложены методики оценки

эффективности промежуточного эмульсионного слоя и аналитические выражения для определения времени пребывания нефтяных эмульсий в отстойных аппаратах установки термохимической подготовки нефти.

Ключевые слова: двойной электрический заряд, адсорбция, нефтяная эмульсия, межфазное натяжение, смачивание, коалесценция, фильтрация.

A. G. Rzaev,¹ G. I. Kelbaliev,² G. R. Mustafaeva,³ and S. R. Rasulov³

¹Institute of Control Systems, National Academy of Sciences of Azerbaijan;

²Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry, National Academy of Sciences of Azerbaijan;

³Azerbaijan State Oil and Industry University

SIMULATION OF EMULSION FORMATION AND DESTRUCTION DURING THERMOCHEMICAL OIL PREPARATION

Nanotechnology comprises oil preparation processes because they occur on the nano-scale and involve interaction of charged mono- and polyvalent ions found in the interacting oil and reservoir water. A mathematical model for thermochemical dehydration of oil was proposed considering the specific features (nano-scale effects) of oil-emulsion formation and destruction. Procedures for estimating the effectiveness of the intermediate emulsion layer and analytical expressions for determining the lifetime of oil emulsions in settlers of thermochemical oil preparation facilities were proposed.

Keywords: *electrical double layer, adsorption, oil emulsion, interfacial tension, wetting, coalescence, filtration.*

A. G. Сафиулина¹, Р. Р. Заббаров¹, С. И. Хуснутдинов², А. А. Алексеева¹,

И. Ш. Хуснутдинов¹, С. М. Петров^{1,3}

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет,

²Санкт-Петербургский горный университет,

³Казанский (приволжский) федеральный университет,

E-mail: aliyahanova@mail.ru

Термомеханическое обезвоживание высокоустойчивых дисперсных систем жидких продуктов пиролиза

Работа посвящена изучению жидких продуктов пиролиза широкой фракции легких углеводородов и этановой фракции, представляющих собой высокоструктурированные и высокоустойчивые водо-углеводородные дисперсные системы. В качестве способа обезвоживания был использован метод, основанный на испарении воды. Изучались смеси с содержанием водной фазы от 20 до 75% масс. Проведено разделение сырья термомеханическим методом на кубовый остаток и дистиллятные фракции. Оценка эффективности обезвоживания осуществлялась на основе содержания воды в кубовом остатке. Для всех изученных смесей были достигнуты следовые количества воды в кубовом остатке. Показано, что увеличение содержания воды в эмульсиях способствует увеличению соотношения отбираемого углеводородного дистиллята к кубовому продукту, а разбавление исходной эмульсии легкой пиролизной смолой, в зависимости от исходного сырья пиролиза, оказывает противоречивое влияние на выход продуктов обезвоживания.

Ключевые слова: дисперсная система, жидкие продукты пиролиза, тяжелая пиролизная смола, эмульсия, обезвоживание, испарение, термомеханическое воздействие.

¹A.G. Safiulina, ¹R.R. Zabbarov, ²S.I. Khusnutdinov, ¹A.A. Alekseeva, ¹I.Sh. Khusnutdinov, ^{1,3}S.M. Petrov

¹Kazan national research technological university,

² Saint Petersburg Mining University,

³ Kazan Federal University

Thermomechanical dehydration of highly-stable dispersed systems of liquid pyrolysis products

Samples of highly-organized and highly-stable dispersed systems of liquid pyrolysis products were obtained from PJSC «Kazanorgsintez». These samples cannot be exposed to traditional dehydration methods, based on settling of water phase. Method, based on evaporation, was used as an alternative dehydration technique. Model mixtures with water cut in the range of 20-75 % were prepared. The feedstock was then divided into distillate fraction and bottom product. Assessment of efficiency of dehydration was carried out based on final water cut of bottom products. For all the samples water content dropped to trace amounts. It was shown that, dilution of the emulsions with light pyrolysis oil, acting as an azeotropizer, promotes separation of the feedstock.

Keywords: dispersed systems, liquid pyrolysis products, heavy pyrolysis resin, emulsion, dehydration, evaporation, thermomechanical effect.

A. A. Алексеева¹, С. И. Хуснутдинов², С.М. Петров^{1,3},

И.Ш. Хуснутдинов¹, А.Г. Сафиулина¹, Н.Ю. Башкирцева¹

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет,

²Санкт-Петербургский горный университет,

³Казанский (приволжский) федеральный университет,

E-mail: alexeeva.a.a@bk.ru

Свойства и направления реализации дистиллятных фракций высокоустойчивых дисперсных систем жидких продуктов пиролиза

В статье приводится анализ современных методов переработки и утилизации жидких продуктов пиролиза углеводородного сырья. Объектом исследования являются углеводородные дистиллятные фракции, полученные при перегонке высокоустойчивых дисперсных систем жидких продуктов пиролиза широкой фракции легких углеводородов и этановой фракции. Были определены основные физико-химические показатели, фракционные и компонентные составы полученных дистиллятов. Проведен анализ получаемых продуктов на соответствие требованиям к жидким продуктам пиролиза марок Е-1, Е-18. Установлено, что полученные углеводородные дистилляты соответствуют требованиям ТУ 2451-179-00203335–2008 на жидкие продукты пиролиза марки Е-1.

Ключевые слова: жидкие продукты пиролиза, легкий углеводородный дистиллят, дисперсная система, обезвоживание, испарение, термомеханическое воздействие.

¹ A.A. Alekseeva, ²S.I. Khusnutdinov, ^{1,3}S.M. Petrov

¹I.Sh.Khusnutdinov, ¹A.G. Safiulina, ¹N.Yu.Bashkirtseva

¹Kazan national research technological university,

² Saint Petersburg Mining University,

³ Kazan Federal University

Properties and selling destinations of highly-stable dispersed systems of liquid pyrolysis products

In the article modern methods of processing and utilization of liquid products of pyrolysis of hydrocarbon feedstock were analyzed. Highly-stable dispersed samples of liquid pyrolysis products of PJSC "Kazanorgsintez" were chosen as an object of research for thermomechanical dehydration. Physico-chemical properties, fractional and component composition of light distillates were determined. Obtained products were analyzed and compared with the requirements of liquid pyrolysis products of grade E-1. E-18. It was shown that, obtained hydrocarbon distillates comply with the standards of liquid pyrolysis products of grade E-1 (TU 2451-179-00203335-2008)

Keywords: liquid pyrolysis products, light hydrocarbon distillate, dispersed system, dehydration, evaporation, thermomechanical effect.

Ю. А. Хамзин, Р. Р. Ширязданов, А. Р. Давлетшин, А. Б. Мурзабекова, Н. В. Якупов, А. Э. Шадрина

Уфимский государственный нефтяной технический университет

E-mail: Yunirkh@bk.ru

Применение окислительной регенерации цеолитсодержащих катализаторов

в процессе твердокислотного алкилирования изобутана олефинами

Исследовано применение окислительной регенерации цеолитсодержащих катализаторов в процессе алкилирования изобутана олефинами в процессе длительных испытаний образцов катализатора на пилотной установке. Установлено, что данный подход регенерации сокращает межрегенерационный срок службы катализатора. Предположительно локальные перегревы катализатора приводят к необратимым процессам спекания и, как следствие, к снижению выхода алкилата.

Ключевые слова: твердокислотное алкилирование, цеолиты, алкилат, окислительная регенерация.

Yu. A. Khamzin, R. R. Shiryazdanov, A. R. Davletshin, A. B. Murzabekova, N. V. Yakupov, and A. E. Shadrina

Ufa State Petroleum Technological University

APPLICATION OF OXIDATIVE REGENERATION OF ZEOLITE-CONTAINING CATALYSTS TO SOLID-ACID ALKYLATION OF ISOBUTANE BY OLEFINS

Application of oxidative regeneration of zeolite-containing catalysts to alkylation of isobutane by olefins was investigated during long-term catalyst tests at a pilot plant. This approach to regeneration was found to shorten the catalyst service life between regenerations. Local overheating of the catalyst is presumed to cause irreversible sintering and, as a result, a decrease of the alkylate yield.

Keywords: solid-acid alkylation, zeolites, alkylate, oxidative regeneration.

Л. Р. Гайнуллина, В. П. Тутубалина

Казанский государственный энергетический университет

E-mail: gainullina7819@mail.ru

Адсорбционное разделение и исследование узких масляных фракций 300–400°С

западно-сургутской нефти

С ростом добычи и переработки сернистых нефтей возникла проблема комплексного исследования их состава и свойств, связанная с разработкой современных технологий обессеривания масляных фракций и с использованием сераорганических соединений в качестве нового сырья для нефтехимической промышленности. Для изучения состава и свойств сераорганических соединений был применен адсорбционный метод разделения масляного дистиллята на узкие фракции на силикагеле ШСМ. При помощи ИК- и масс-спектроскопии установлено, что сераорганические соединения масляной фракции западно-сургутской нефти представлены сульфидами алифатического и циклического рядов при отсутствии сульфидов ароматического строения и соединениями тиофенового ряда (алкил-, цикло- и бицикланобензтиофенами).

Ключевые слова: масляная фракция, сераорганические соединения, адсорбционное разделение.

L. R. Gainullina and V. P. Tutubalina

Kazan State Power Engineering University

ADSORPTIVE SEPARATION AND STUDY OF NARROW OIL FRACTIONS (bp 300-400°С) OF WEST SURGUT OIL

Increased production and processing of sulfur crudes has necessitated a comprehensive study of their compositions and properties because of the development of modern desulfurization technologies for oil fractions and the use of organosulfur compounds as new feedstocks for the petrochemical industry. The compositions and properties of organosulfur compounds were studied using adsorptive separation of the oil distillate into narrow fractions over ShSM silica gel. IR and mass spectroscopy found that organosulfur compounds of West Surgut oil fractions are aliphatic and cyclic but not aromatic sulfides and thiophenes (alkyl-, cycloalkano-, and bicycloalkanobenzothiophenes).

Keywords: oil fraction, organosulfur compounds, adsorptive separation.

Ф. В. Юсубов, Ч. Ш. Ибрагимов

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,

E-mail: yusfax@mail.ru

Адсорбционное разделение газовых смесей в неподвижном слое адсорбента

Рассмотрено изменение перепада давления в неподвижном слое синтетического цеолита NaA и природного клиноптилолита месторождения "Ай-Даг" (Азербайджан) в зависимости от расхода поступающего газа. Показано, что при поддержании перепада давления в определенном интервале, в неподвижном слое цеолита создаются условия достижения максимальной адсорбционной емкости адсорбента при адсорбционном разделении газовой смеси CH₄/CO/CO₂/N₂. Предложена система уравнений, для описания взаимосвязи перепада давления при газофазной адсорбции в неподвижном слое клиноптилолита и расхода поступающего газа, обеспечивающего наиболее полное использование адсорбционной емкости адсорбента.

Ключевые слова: газовая смесь, адсорбция, цеолиты, адсорбционная емкость.

F. V. Yusubov and Ch. Sh. Ibragimov

Azerbaijan State Oil and Industry University

SEPARATION OF GAS MIXTURES IN A FIXED-BED ADSORBENT

The change of pressure drop in a fixed bed of synthetic zeolite NaA and natural clinoptilolite from Ai-Dag field of Azerbaijan is studied as a function of the incoming gas flow rate. Conditions for attaining the maximum adsorbent capacity during adsorptive separation of a CH₄/CO/CO₂/N₂ gas mixture are created in the zeolite fixed bed if the pressure drop is maintained in a certain range. A system of equations describing relationships of the pressure drop during gas-phase adsorption in a clinoptilolite fixed bed and the incoming gas flow rate that ensure the most complete utilization of the adsorbent capacity is proposed.

Keywords: gas mixture, adsorption, zeolites, adsorption capacity.

E. M. Захарян¹, Н. Н. Петрухина¹, А. И. Дмитриев², А. И. Нехаев¹, Б. П. Туманян², А. Л. Максимов^{1,3}

¹Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН,

²РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина,

³Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,

E-mail: n.petrukhina@ips.ac.ru

Синтез нефтеполимерных смол термической полимеризацией непредельных соединений пиролизных фракций

Получены нефтеполимерные смолы путем термической полимеризации непредельных соединений фракций жидких продуктов пиролиза (фракция C₉₊, тяжелая смола пиролиза). Нефтеполимерные смолы охарактеризованы методами ¹H ЯМР-спектроскопии, MALDI спектрометрии и гелпроникающей хроматографии. Исследовано влияние температуры, продолжительности реакции, состава сырья и содержания растворителя на выход, среднюю молекулярную массу, цвет и структуру молекул нефтеполимерных смол. Показано, что в случае полимеризации фракции тяжелой смолы пиролиза оптимальная температура составляет 230°C, при этой температуре выход нефтеполимерной смолы достигает 50% мас. Показано, что добавление к тяжелой смоле пиролиза фракции C₉₊ позволяет повысить выход полимера при уменьшении содержания в его структуре ароматических фрагментов.

Ключевые слова: нефтеполимерная смола, жидкие продукты пиролиза, тяжелая смола пиролиза, термическая полимеризация.

E.M. Zakharyan¹, N.N. Petrukhina¹, A.I. Dmitriev², A.I. Nekhaev¹, B.P. Tumanyan², A.L. Maximov^{1,3}

¹ A.V. Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis RAS,

² Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University),

³ Moscow State University, Chemical Department

Thermal Polymerization of Steam Cracking Liquid Fractions for Hydrocarbon Resins Production

Hydrocarbon resins were synthesized by thermal polymerization of olefinic compounds of steam cracking liquid products (C₉₊ cut, heavy tar). The hydrocarbon resins were characterized by ¹H NMR spectroscopy, MALDY and gel permeation chromatography. The effect of temperature, reaction time, feed composition and solvent on yield,

molecular weight, color and molecular structure of hydrocarbon resins was investigated. It was shown that C₉₊ fraction addition to heavy tar provides polymer yield increase while reducing aromatic fragments in its structure. Key words: hydrocarbon resin, steam cracking liquid products, steam cracking ter, thermal polymerization.

Р. И. Кадыров, М. С. Глухов, Е. О. Стаценко, Б. М. Галиуллин

Казанский (Приволжский) федеральный университет,

E-mail: Rail7777@gmail.com

Трансформация структуры пустотно-порового пространства известкового коллектора в процессе соляно-кислотной обработки

В статье представлены результаты исследования морфологических изменений структуры порового пространства карбонатного коллектора, возникающих под воздействием фильтрации раствора соляной кислоты (10% мас.). Предложен новый метод измерения боковой площади «червоточины» для расчета числа Дамкелера, заключающийся в сегментации её границ на цифровой модели образца, вычисления площади поверхности полученной сложной формы фильтрационного канала и вычитания площади ее торцевых площадей. Выявлено, что морфометрические характеристики структуры поровых каналов, по которым впоследствии образуется «червоточина», существенно отличаются от поровой системы исходного образца большей структурной упрощенностью, связностью, меньшей извилистостью системы порового пространства, большими размерами поровых каналов, что обуславливает их изначально высокую проницаемость. В исходном образце поры образованы контактом угловатых обломочных зерен, поверхность поровых каналов — неровная, с многочисленными выступами зерен, а сами каналы обладают значительной извилистостью. После фильтрации кислотного раствора отмечается выравнивание поверхности фильтрационного канала, поровое пространство принимает форму системы соединенных между собой труб, образующих древовидную структуру.

Ключевые слова: известняк, карбонатный коллектор, соляно-кислотная обработка, червоточина, число Дамкелера, морфометрия, микротомография.

R. I. Kadyrov, M. S. Glukhov, E. O. Statsenko, and B. M. Galiullin

Kazan (Volga Region) Federal University

STRUCTURAL TRANSFORMATION OF THE VOID-PORE SPACE OF A LIME RESERVOIR DURING HCl TREATMENT

Morphological changes of a lime reservoir pore structure that occurred during flooding with HCl solution (10 mass%) are studied. A new method of measuring the lateral area of a wormhole is proposed for calculating the Damkohler number and consists of segmenting its boundaries into a digital model, calculating the surface area of resulting complicated shape of the flooding channel, and subtracting the area of its ends. The morphological sizes of the pore-channel structures through which the wormhole is subsequently formed differ considerably from the starting pore system by a simpler structure, greater connectivity, less tortuosity of the pore space, and larger pore channels, which are responsible for the initially high permeability. Pores in the starting sample are formed by contact of angular clastic grains. The surface of pore channels is uneven with many outcropping grains. The channels

themselves are highly tortuous. After acid flooding, the channel surface evens out and the pore space becomes a dendritic structure of interconnecting tubes.

Keywords: limestone, lime reservoir, HCl treatment, wormhole, Damkohler number, morphological size, microtomography.

Ван Сюдун¹, Чень Чжаохой^{1,2}, Лян Дань^{1,2}, Чень Гуаньчжун^{1,2}

¹State Key Laboratory of Offshore Oil Exploitation, Beijing, China,

²State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploration, Chengdu, China,

E-mail: wangxd9@cnooc.com.cn

Исследование закономерности распределения коэффициента проницаемости в призабойной зоне скважины при холодной добыче тяжелой нефти с песком

Применение технологии холодной добычи тяжелой нефти с песком (CHOPS) позволяет повысить темпы добычи скважины. Породы, прилегающие к песчаному фильтру, легко разрушаются под действием выпучивания (выгибания) песчаного прослоя и миграции частиц. Эффективность метода повышения нефтеотдачи скважины зависит от внутреннего закупоривания песчаного прослоя и образования каналов при запесчанивании. В данном исследовании, для определения размера песчаной подвижной зоны и распределения коэффициента проницаемости в призабойной зоне, была предложена модель макроскопических радиальных потоков в микропористой среде. Результаты работы по определению закономерности распределения коэффициента проницаемости в призабойной зоне скважины могут быть полезны для определения стратегии и оптимизации параметров при использовании технологии холодной добычи тяжелой нефти.

Ключевые слова: умеренное запесчанивание, закупоривание песчаного прослоя, увеличение проницаемости, моделирование микропористой среды, распределение коэффициента проницаемости.

Xudong Wang,¹ Zhaohui Chen,^{1,2} Dan Liang,^{1,2} and Guanzhong Chen^{1,2}

¹State Key Laboratory of Offshore Oil Exploitation, Beijing, 100028, China;

²State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploration, Chengdu, Sichuan, China

STUDY OF THE PERMEABILITY DISTRIBUTION LAW NEAR THE WELLBORE IN COLD HEAVY-OIL PRODUCTION WITH SAND

Cold heavy-oil production with sand (CHOPS) can be used to enhance well production rates. The formation adjacent to the sand filter can be easily damaged due to arching (bulging) of the sand layer and particle migration. The effectiveness of stimulating well production depends on internal blockage of the sand arch and improvement of communication during sanding. In this study, macroscopic radial flows in a micropore network were proposed for simulating the range of the sanding mobile zone and the in situ permeability distribution near the wellbore. The permeability distribution law near the wellbore can be useful for determining a strategy and optimizing the CHOPS parameters.

Keywords: moderate sanding, sand arch blockage, enhanced permeability, micropore network simulation, permeability distribution.

А. П. Мамедов, Ч. К. Расулов, Ч. К. Салманова, С. Ф. Ахмедбекова, Р. З. Багирзаде, У. Дж. Йолчуева
Институт нефтехимических процессов им. Ю. Г. Мамедалиева НАН Азербайджана, г. Баку
saida_ahmadbayova@yahoo.com

**Хемилюминесценция фотоокисленных и ингибированных углеводородов
тяжелого остатка балаханской нефти**

Исследованы термо- и фототермохемилюминесценции углеводородов тяжелого нефтяного остатка (>500°C) Балаханской (масляной) нефти. Рассмотрены влияния ингибиторов на основе замещенных фенолов на эффективность фотоокисления этих углеводородов. Описаны механизмы термо- и фотоокисления исследуемых систем.

Ключевые слова: свободные радикалы, углеводороды тяжелого нефтяного остатка, термо- и фототермохемилюминесценция, воздействия фотооблучения, ингибирование фотоокислительных процессов, антиоксиданты.

A. P. Mamedov, Ch. K. Rasulov, Ch. K. Salmanova, S. F. Ahmadbayova, R. Z. Bagirzade, and U. J. Yolchuyeva
Yu. H. Mammadaliyev Institute of Petrochemical Processes, National Academy of Sciences of Azerbaijan

**CHEMILUMINESCENCE OF PHOTO-OXIDIZED AND INHIBITED HYDROCARBONS OF BALAKHAN
HEAVY-OIL RESIDUE**

Thermal and photothermal chemiluminescence of hydrocarbons in heavy-oil residue (>500°C) from Balakhani oil were studied. The effects of substituted-phenol inhibitors on the photooxidation efficiency of these hydrocarbons were considered. The mechanisms of thermal and photooxidation of the studied systems were discussed.

Keywords: free radicals, heavy-oil residue hydrocarbons, thermal and photothermal chemiluminescence, photoirradiation exposure, inhibition of photooxidation, antioxidants.

Huohai Yang,^{1,2} Xiangyi Yi,² Qiang Fang,¹ and Jun'an Lu³

¹School of Petroleum & Natural Gas Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan, China;

²College of Energy Resources, Chengdu University of Technology, Chengdu, China;

³Natural Gas Department, Tarim Oil Field, Korla, China;

E-mail: yhh1986_swpu@163.com

**EFFECTS OF FLUID-SATURATION VARIATIONS ON THE ACOUSTIC PARAMETERS OF
RESERVIOR ROCKS UNDER SIMULATED FORMATION CONDITIONS**

Effects of fluid-saturation variations on the acoustic parameters of reservoir rocks under simulated formation conditions are studied. Experimental velocities of ultrasonic waves traversing cores saturated with CO₂, formation water, and crude oil are measured at various temperatures and pressures and analyzed. Experimental results showed that the velocities of longitudinal and transverse waves in cores increased if the confining pressure and rock elasticity modulus increased. The transverse wave velocity did not depend on the saturating substance. The longitudinal wave velocity was greater for water saturation than for CO₂ and oil saturation.

Keywords: carbon dioxide, saturation, formation, acoustic parameters, simulation.

Yili Kang,¹ Jiping She,¹ Hao Zhang,² Xiaopeng Yan¹

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

²College of Energy Resources, Chengdu University of Technology, Chengdu, China;

E-mail: 437290779@qq.com

IMPACT OF ALKALI FLOW ON STRESS-SENSITIVITY OF FRACTURED SHALE FORMATIONS

High-pH drilling fluids invading a formation can change significantly the stress sensitivity of shale. Previous investigations discussed the mechanism of the stress-sensitivity change of shale soaked with alkaline solutions. However, the mechanism for the shale sensitivity change with alkaline solution flow was not examined. In this paper, experiments are conducted on simulation of alkaline solution flow in shale and measurement of the sensitivity change in longitudinally fractured cylindrical plugs. The experimental results show that the sensitivity change passes through four stages as the flow time increases. The stress-sensitivity change is determined by three factors, i.e., hydration swelling, alkali erosion, and particle migration, each of which plays a dominant role in some stage. Hydration swelling determines stress-sensitivity strengthening in stage I because the fracture width is decreased by swollen mineral particles and the roughness of the rock. Alkaline erosion plays the dominant role in stage III because products generated by alkaline erosion and mineral particles destroyed chemically can also decrease the fracture width. Conversely, broken mineral particles migrate with the fluid flow in stages II and IV so that the sensitivity weakening is determined by particle migration. The present work proposes a mechanism for the sensitivity change under the influence of alkaline solution flow and provides theoretical support for flow-back of high-pH drilling fluids.

Keywords: shale, stress sensitivity, alkaline erosion, migration, hydration swelling, fracture width.

Yulin Chen, Liehui Zhang, Jianchao Li

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

NANO-SCALE PORE STRUCTURE AND FRACTAL DIMENSION OF LOWER SILURIAN LONGMAXI SHALE

Nanopores of gas shale have important influences on gas adsorption and transport. The nanopore structure of gas shale from Sichuan basin is studied using x-ray diffraction, total organic carbon (TOC), and nitrogen adsorption. Fractal dimensions D_1 and D_2 are calculated from the nitrogen adsorption isotherms and fall in the ranges 2.302-2.638 and 2.847-2.891, respectively. Dependences between the fractal dimensions and TOC, mineral composition, and pore structure can be determined from the experimental data. TOC and clay mineral composition are the key parameters affecting the fractal dimension. Parameter D_1 shows positive correlations with TOC, specific surface area, and total pore volume. Parameter D_2 depends on only the clay mineral component content. Both parameters show a weak negative dependence on the average pore diameter. Fractal analysis can be used successfully to study the pore structure of shale gas reservoirs.

Keywords: adsorption isotherm, gas shales, pore structure.

Xingli Yang,¹ Ping Guo,^{1*} Xinchun Zhang,² and Jiangming Deng¹

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

²Ganguyi Oil Production Plant, Yanchang Oilfield Co., Ltd, China;

E-mail: mat_swpu@126.com

FOAM-ASSISTED AIR INJECTION IN ULTRALOW-TEMPERATURE TIGHT OIL RESERVOIRS: EXPERIMENTAL STUDY AND PILOT TEST

Foam-assisted air injection is widely used for enhanced oil recovery (EOR) in reservoirs of China. However, its application to ultralow-temperature tight oil reservoirs is poorly studied. In this paper, the dynamic and static oxidation characteristics in Chang 6 tight oil reservoirs are studied experimentally. A mechanism for the physical and oxidation processes is proposed based on the experimental data. The results show that the oxidation rate increases at high pressure so that oxygen consumption increases and CO₂ production decreases. The CO₂ production rate under static oxidation conditions is 0.66% as compared with 0.31% for dynamic conditions at a reservoir temperature of 28°C. Foam is found to prevent oxidation although increasing pressure can diminish this effect. The oxygen concentration under dynamic oxidation conditions decreases to 10% in 3600 to 2400 h at pressures of 4-14 MPa. Pilot tests show that the well water-cut drops from 87.13 to 66.15% whereas the daily oil production increases from 0.22 to 0.46 m³. The results confirm that foam-assisted air injection is promising for EOR in ultralow-temperature tight oil reservoirs.

Keywords: ultralow-temperature reservoirs, foam—air mixture, well water cut.

Huohai Yang,^{1,2} Zhaozhong Yang,¹ and Liangjie Mao¹

¹School of Oil & Natural Gas Engineering, Southwest Petroleum University, Sichuan, Chengdu, China;

²College of Energy Resources, Chengdu University of Technology, Chengdu, China;

E-mail: yhh1986_swpu@163.com

LONGITUDINAL VIBRATION OF A DEEP-WATER DRILLING RISER IN DISCONNECTED MODE

A drilling riser is a connecting channel in deep-water drilling. It may vibrate significantly in the axial direction during disconnection, which can then lead to its destruction. A mathematical model based on classical wave equations that are solved using the finite difference method is built to study drilling-riser longitudinal vibrations. Longitudinal vibration behaviors of a riser under production conditions in the South China Sea are simulated as functions of location, top tension, damping coefficient, lower marine riser package (LMRP) weight, riser inner diameter, and riser length. The results show that longitudinal vibrations increase with distance from the water surface to the LMRP. The vibration amplitude also increases with increasing top tension and riser inner diameter and length and decreases with increasing LMRP weight. The vibration amplitude decreases as compared with the initial value as the damping coefficient increases with time.

Keywords: drilling riser, longitudinal vibration, disconnected mode, riser design, dynamic stress.

Zhang Yi,¹ Duan Menglan,¹ Kong Xiangji,² Sun Tengfei,³ and Yang Feng⁴

¹China University of Petroleum, Beijing, 102249, China;

²Petrochina International Petroleum Exploration & Development Technology Co., Ltd., Beijing,

³CNOOC Research Institute, Beijing, China;

⁴Dongxin Oil Production Plant, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, DongYing, China

RESEARCH ON DRILLABILITY EVALUATIONS IN DEEP FORMATIONS BASED ON THE KRIGING INTERPOLATION METHOD

Deep wells have gradually become the main oilfield development during exploration and production of deep formations. A comprehensive understanding of the formation drillability and regional distribution is needed foremost to formulate a rational development program because of the depths and complex strata features. In this paper, laboratory experiments with cores established the drillability of deep formations in a given region using the method based on vector-machine Kriging interpolation to provide such geological information.

Keywords: *deep wells, regional drilling, core tests, Kriging interpolation.*