

Chemistry and Technology of Fuels and Oils

3₍₆₁₃₎'2019

Head Editor

A. I. Vladimirov – Cand. Eng. Sci., prof.

Associate Editor

B. P. Tumanyan – Dr. Eng. Sci., prof.

Editorial Board

S. N. Volgin – Dr. Eng. Sci., prof.

I. B. Grudnikov – Dr. Eng. Sci., prof.

I. P. Karlin – Dr. Chem. Sci., prof.

V. L. Lashkhi – Dr. Eng. Sci., prof.

A. Luksa – Dr. Eng. Sci., prof. (Poland)

A. M. Mazgarov – Dr. Eng. Sci., prof.

V. A. Ryabov – Director General of the Oil Refiners and Petrochemists Association

E. P. Seregin – Dr. Eng. Sci., prof.

Publisher— ICST «TUMA Group» LLC

Редактор

В. С. Дмитриева

Ответственный секретарь

О. В. Любименко

Графика и верстка

В. В. Земсков

Подготовка материалов

С. О. Бороздин,

А. Д. Остудин

Адрес редакции:

119991, ГСП-1, Москва, В-296,
Ленинский просп., 65. РГУ нефти и газа
им. И. М. Губкина, редакция «ХТТМ»

Телефон/факс: (499) 507-80-45
e-mail: htm@list.ru

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

55TH ANNIVERSARY OF CHIMMOTOLOGY

V. V. Sereda, A. V. Ulit'ko, S. N. Volgin.
The 55th Anniversary of Chimmotology.
Contemporary Challenges and Successful Solutions 4

G. M. Balak, O. Yu. Kuznetsova, A. N. Privalenko.
Gas Chromatographic Identification and The Quantitative Determination
of Normal Alkanes in Jet Fuels and Kerosene Fractions 9

Yu. M. Pimenov, A. V. Ulit'ko.
Method of Testing for Determination of Diesel Fuels Propensity
for High-Temperature Deposit Formation 16

S. N. Volgin, I. V. Belov, N. M. Likhterova, D. A. Ukhanov.
Feasibility Study of Fuels Intended for Jet Engines
to be Applied in Diesel Engines 22

CURRENT PROBLEMS.

Alternative Feedstock

*E. G. Gorlov, A. V. Shumovskii, Yu. P. Yasyan,
M. Yu. Niskovskaya, A. A. Asatryan, A. A. Olgin.*
Features of Gasification of Biomass and Tar Mixes 32

TECHNOLOGIES

N. G. Evdokimova, A. I. Vorobyeva, N. N. Luneva.
The Intensification of Oil Atmospheric Distillation Process
by Method of Regulation Properties of Raw Materials 37

RESEARCH

L. R. Gaynullina, V. P. Tutubalina.
Study of the Structural-Group Composition
of Organometric Compounds by Oxidative Methods 40

*A. S. Stoporev, A. A. Sizikov, E. A. Yarkova, N. S. Molokitina,
A. P. Semenov, A. Yu. Manakov, V. A. Vinokurov.*
Application of Transformer Oil and "Dry Water" for the Storage
and Transportation of Methane Hydrate 45

METHODS OF ANALYSIS

R. N. Magomedov, A. V. Pripakhaylo, L. S. Foteeva, T. A. Maryutina.
Method of Isolating Asphaltenes from Crude Oil by Precipitation
in Supercritical Carbon Dioxide Environment 49

INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF OIL AND GAS

*Zhaozhong Yang, Rui He, Xiaogang Li,
Zhanling Li, Ziyuan Liu, Yanjun Lu.*
Multi-Vertical Well Synchronous Fracturing Technology
for Deep Coalbed Methane and Its Field Application 57

Chao Ding, Xiao Lin, Jian Wang, Haihang Li.
Study of Flammable Liquid Boilover
under Low Pressure at High Altitude 64

*Jiang Jianxun, Du Jingguo, Wang Yongqing,
Wang Fenglin, Feng Kun, Leng Chunpeng.*
An Improved Model for the Characterization of the Fractal Features
of Pore Structure for High-Rank CBM Formation 70

Bin Nie.
Investigation of Storage Capacity Calculation in a Gas Reservoir
with Oil Ring and Bottom Water 77

Yingjie Chen, Jianhong Fu, Yang Liu, Feng Li.
The Influence of Thermal-Chemical Effects on Fracture Pressure
for Shale Formation with Anisotropic Tensile Strength 82

Wenlong Jiang, Honghai Fan, Rongyi Ji.
A New Calculation Model to Predict Fluctuation Pressure
for Robertson-Stiff Fluid in a Vertical Well 90

V. V. Sereda, A. V. Ulit'ko, S. N. Volgin

ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России»,

25gosniihim@mil.ru

Химмотологии 55 лет.

Современные вызовы и успешные решения

V. V. Sereda, A. V. Ulit'ko, S. N. Volgin.

The 25th State Research Institute for Chimmotology, Ministry of Defense of Russian Federation

The 55th Anniversary of Chimmotology.

Contemporary Challenges and Successful Solutions

G. M. Balak, O. Yu. Kuznetsova, A. N. Privalenko

ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России»,

25gosniihim@mil.ru

Газохроматографическая идентификация и определение содержания нормальных алканов в топливах для реактивных двигателей и керосиновых фракциях переработки нефти

Разработан газохроматографический метод идентификации и определения содержания нормальных алканов в топливах для реактивных двигателей в режиме имитированной дистилляции. Идентификацию n-алканов проводят по времени удерживания, концентрацию определяют с использованием значений высоты их хроматографических пиков методом абсолютной градуировки, выбор которого проведен на основании сопоставления его результатов с результатами определений методами добавок и внутреннего стандарта. Метод прост в исполнении, отличается высокой производительностью и может быть реализован на штатном аналитическом оборудовании.

Ключевые слова: топлива для реактивных двигателей, нормальные алканы, капиллярная газовая хроматография, имитированная дистилляция, абсолютная градуировка, метод добавок, метод внутреннего стандарта.

G. M. Balak, O. Yu. Kuznetsova, A. N. Privalenko.

The 25th State Research Institute for Chimmotology, Ministry of Defense of Russian Federation

Gas Chromatographic Identification and The Quantitative Determination of Normal Alkanes in Jet Fuels and Kerosene Fractions

The new method for the identification and the quantitative determination of normal alkanes in jet fuels and kerosene fractions based on SimDist gas chromatography have been developed. Normal alkanes have been identified on the chromatogram by their retention time values, and their concentrations have been calculated by absolute calibration which results correspond to the ones of standard addition and internal standard methods. The developed method is simple and productive and may be carried out using standard analytical equipment.

Key words: jet fuels, normal alkanes, capillary gas chromatography, simulated distillation, absolute calibration, standard addition method, internal standard method.

Ю. М. Пименов, А. В. Улитко

ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России»,

25gosniihim@mail.ru

Метод исследования склонности дизельных топлив к образованию высокотемпературных отложений

Предложен оперативный малозатратный метод исследования склонности дизельных топлив к образованию высокотемпературных отложений на деталях в зоне цилиндра двигателя. Метод позволяет моделировать динамику процесса образования отложений в зависимости от определяющих этот процесс факторов, устанавливать количественные закономерности влияния состава и условий применения топлив на образование отложений.

Ключевые слова: дизельное топливо, склонность к высокотемпературным отложениям, методы исследования, подобие, моделирование, интегральная оценка.

Yu. M. Pimenov, A. V. Ulit'ko.

The 25th State Research Institute for Chimmotology, Ministry of Defense of Russian Federation

Method of Testing for Determination of Diesel Fuels Propensity for High-Temperature Deposit Formation

The rapid and low-cost method of testing of diesel fuels having propensity for the high-temperature deposit formation on parts near the engine cylinder allowing to simulate the process dynamics of the deposit formation depending on the factors determining the process, to establish quantitative regularities of the effects of the composition and conditions of the fuel application on the deposit formation.

Key words: diesel fuels, high temperature deposit formation, methods of study, diesel, similarity, modeling, experiment, integral estimate.

С. Н. Волгин, И. В. Белов, Н. М. Лихтерова, Д. А. Уханов

25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России

volginsn@mail.ru

Исследование возможности применения топлива для реактивных двигателей в дизельных двигателях

Определены основные эксплуатационные свойства топлив для реактивных двигателей, оказывающие наибольшее влияние на эффективность их применения в дизелях, которые требуют улучшения с помощью функциональных присадок. Исследованы закономерности влияния цетаноповышающей присадки на основе 2-этилгексилнитрата и противоизносной присадки на основе высших карбоновых кислот на уровень эксплуатационных свойств топлив для реактивных двигателей при их применении в дизелях и оптимизирован их состав. Приведены результаты исследования предложенных топливных композиций на основе топлива для реактивных двигателей и функциональных присадок с использованием лабораторных, квалификационных методов и индицированием рабочего процесса двигателя Д-245.12С.

Ключевые слова: топливо для реактивных двигателей, дизельное топливо, воспламеняемость, смазывающая способность, 2-этилгексилнитрат, высшие карбоновые кислоты, планирование эксперимента, оптимизация, индцирование рабочего процесса дизельного двигателя.

S. N. Volgin, I. V. Belov, N. M. Likhterova, D. A. Ukhanov.

The 25th State Research Institute for Chimmotology, Ministry of Defense of Russian Federation

Feasibility Study of Fuels Intended for Jet Engines to be Applied in Diesel Engines

The main jet fuel performance properties are determined; these performance properties cause the greatest impact on effectiveness when applied in diesel engines, which require for improvements by adding the functional additives. The regularities of influencing a cetane improver additive based on 2-EHN and anti-wearing additive based on the higher carboxylic acids on the level of fuel performance properties intended for jet engines have been studied when used in diesel engines and in case their composition is optimized. The findings of the proposed fuel compositions based on the jet fuels and functional additives along with the application of laboratory qualification methods and indexing of D-245.12C engine's workflow are presented.

Key words: fuels for jet engines, diesel fuels, ignition quality, lubricity, 2-EHN, higher carboxylic acids, design of experiment, optimization, diesel engine operation indexing.

Е. Г. Горлов¹, А. В. Шумовский¹, Ю. П. Ясьян², М. Ю. Нисковская², А. А. Асатрян², А. А. Ольгин³

¹ООО «ИГИ-НТЦ»,

²Кубанский государственный технологический университет,

³ООО НПП «Ноупром»,

nismar@mail.ru

Особенности газификации смесей биомассы и гудрона

Исследованы особенности газификации смесей биомассы (лузга семян подсолнечника и стержни початков кукурузы) и тяжелых нефтяных остатков (гудрон) с добавлением воды и предварительной механохимической активацией сырья. Изучено влияние условий проведения процесса газификации на выход и состав получаемого синтез-газа.

Ключевые слова: газификация, биомасса, тяжелые нефтяные остатки, синтез-газ, механоактивация.

Е. Г. Gorlov¹, А. В. Shumovskii¹, Yu. P. Yasyan², М. Yu. Niskovskaya², А. А. Asatryan², А. А. Olgin³.

¹Fossil Fuel Institute, Moscow,

²Kuban State Technological University, Krasnodar,

³LLC Research and Development Enterprise NOUprom, Krasnodar

Features of Gasification of Biomass and Tar Mixes

Features of gasification of mixed biomass (sunflower seed shells and corn cobs) and heavy oil residues (tar) with addition of water and preliminary mechanochemical activation of raw materials are investigated. Influence of conditions of carrying out the process of gasification on an exit and structure received synthesis gas is studied.

Key words: gasification, biomass, heavy oil residues, syngas, mechanoactivation.

Н. Г. Евдокимова, А. И. Воробьева, Н. Н. Лунева

Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салават,

ruskih1.r@yandex.ru

Интенсификация процесса атмосферной перегонки нефти

регулированием состава сырья

В работе представлены результаты исследований по оптимизации состава нефтяного сырья, состоящего из нефти, мазута и газового конденсата, для интенсификации процесса атмосферной перегонки на установке атмосферно-вакуумной дистилляции компании ООО «Газпром нефтехим Салават». Для прогнозирования влияния газового конденсата в сырьевой смеси на основные физико-химические свойства и выход светлых нефтепродуктов были использованы результаты определения размеров частиц дисперсной фазы и фактора устойчивости. В смесевом сырье установлена область активного состояния дисперсной системы при содержании газового конденсата 40% мас. Показано, что проведение процесса атмосферной перегонки активированного сырья позволяет увеличить выход светлых нефтепродуктов на 28% мас.

Ключевые слова: переработка нефти, газовый конденсат, атмосферная дистилляция, выход светлых фракций, фактор устойчивости, размер частиц дисперсной фазы, активность дисперсной системы

N. G. Evdokimova, A. I. Vorobyeva, N. N. Luneva.

Ufa State Petroleum Technical University, Branch in Salavat

The Intensification of Oil Atmospheric Distillation Process

by Method of Regulation Properties of Raw Materials

The paper presents the results of studies to determine the optimal composition of crude oil, consisting of oil, fuel oil and gas condensate, to intensify the process of atmospheric distillation at «Gazprom Neftekhim Salavat» LLC. To predict the effect of gas condensate in the raw material mixture on the basic physical and chemical properties and the yield of light petroleum products, the results of determining the particle size of the dispersed phase and the stability factor were used. In mixed raw materials, the active state of a dispersed system is when the content of the gas condensate is 40% wt. The process of atmospheric distillation of activated raw materials allows to increase the yield of light petroleum products by 28% by weight.

Key words: crude oil distillation, gas condensate, light fraction yield, stability factor, particle size of dispersed phase, activity of oil dispersed system.

Л. Р. Гайнуллина, В. П. Тутубалина

Казанский государственный энергетический университет

gainullina7819@mail.ru

Исследование структурно-группового состава сероорганических соединений окислительными методами

В данной работе с использованием метода двухстадийного окисления сероорганических соединений 30%-ным раствором пероксида водорода в присутствии кислого катализатора при температуре 80 и 100°C изучен состав сероорганических соединений масляной фракции арланской нефти. В результате вакуумной разгонки

выделенных окисленных сераорганических соединений на узкие фракции установлено, что сульфоксиды, полученные путем окисления сероорганических соединений масляной фракции, представлены тиамоноби- и трициклоалканами, алифатическими сульфидами и алкилциклоалкилсульфидами. Наличие ароматических соединений в сульфоксидах не было обнаружено. В узких фракциях сульфоны в основном представлены тиаинданами, алкилциклано- и бицикланобензтиофенами с длинными алкильными заместителями, содержащими от 10 до 15 углеродных атомов.

Ключевые слова: масляная фракция, сероорганические соединения, адсорбционное разделение, двухстадийное окисление, вакуумная разгонка.

L. R. Gaynullina, V. P. Tutubalina.

Kazan State Power Engineering University

Study of the Structural-Group Composition of Organometric Compounds by Oxidative Methods

In this work with use of a method of two-phasic oxidation of organosulfur connections as 30% solution of hydrogen peroxide in the presence of the sour catalyst at temperatures of 80 °C and 100 °C the structure of organometric compounds of oil fraction of arlan oil is studied. Sulfons subjected to a vacuum separation on narrow fractions for determination of their structure. As a result of a separation of the allocated oxidized organometric compounds in a vacuum on narrow fractions it was found that the sulfoxide received by oxidation of organometric compounds of oil fraction are presented tiamonobi-and tricycloalkanes, aliphatic sulfides and alkyl cyclan alkyl sulfides. Existence of aromatic compounds in the sulfokside compounds was not revealed. The narrow fractions of sulfon received as a result of a vacuum separation showed that sulfona are generally presented by tiaiindana, alkyl cyclan- bicyclan bezen tiophene with the long alkil radicals containing from 10 to 15 carbon atoms.

Key words: oil fraction, organometric compounds, adsorptive division, two-phasic oxidation, vacuum separation, reactor.

A. С. Стопорев^{1,2,3}, А. А. Сизиков², Е. А. Яркова⁴, Н. С. Молокитина⁵,

А. П. Семенов¹, А. Ю. Манаков^{2,3}, В. А. Винокуров¹

¹РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина,

²Институт неорганической химии имени А. В. Николаева СО РАН, г. Новосибирск,

³Новосибирский государственный университет,

⁴Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург,

⁵Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень,

stopor89@bk.ru

Применение трансформаторного масла и «сухой воды» для хранения и транспортировки гидрата метана

В данной работе предлагается новая система для хранения и транспортировки газа в гидратной форме (на примере гидрата метана). В качестве ускорителей образования гидрата для предполагаемых целей наиболее эффективным представляется использовать твёрдые частицы (Aerosil® R202). Соотношение воды к трансформаторному маслу в исходных системах было постоянным (1:1 по массе); содержание Aerosil® R202 в «сухой воде» составляло 5% мас. Из полученных результатов следует, что наличие в системе «сухой

воды» способствует ускоренному формированию гидрата, в то время как трансформаторное масло обеспечивает проявление эффекта самоконсервации и, тем самым, замедленное разложение гидрата. Доля гидрата метана, подвергшегося самоконсервации в присутствии трансформаторного масла, в 80 раз превышает данный параметр для гидрата, полученного из «сухой воды» без дополнительных добавок. Данные, полученные в настоящей работе, могут быть использованы при разработке гидратных способов хранения и транспортировки газов.

Ключевые слова: газовые гидраты, эффект самоконсервации, «сухая вода», трансформаторное масло.

A. S. Stoporev^{1,2,3}, A. A. Sizikov², E. A. Yarkova⁴, N. S. Molokitina⁵, A. P. Semenov¹, A. Yu. Manakov^{2,3}, V. A. Vinokurov¹.

¹Gubkin University, Moscow

²Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry SB RAS, Novosibirsk

³Novosibirsk State University,

⁴Ural Federal University, Ekaterinburg

⁵Institute of Earth's Cryosphere, Tyumen SC SB RAS, Tyumen

Application of Transformer Oil and “Dry Water” for the Storage and Transportation of Methane Hydrate

In this paper a new system is proposed for the storage and transportation of gas in the hydrate form (on the example of methane hydrate). It seems to be likely to use solid particles (Aerosil® R202) as promoters of hydrate formation for the intended purposes. The ratio of water to transformer oil in the initial systems was constant (1: 1 by weight); the content of Aerosil® R202 in “dry water” was 5 mass %. From the obtained results it follows that the presence of “dry water” in the system contributes to the accelerated formation of hydrate, while the transformer oil provides a manifestation of the self-preservation effect, namely slow decomposition of the hydrate phase. The part of methane hydrate subjected to self-preservation in the presence of transformer oil is 80 times higher than this parameter for the hydrate obtained from “dry water” without any other additives. The data obtained in this work can be used in the development of hydrate methods of gases storage and transportation.

Key words: gas hydrates, self-preservation effect, “dry water”, transformer oil.

P. Н. Магомедов, А. В. Припахайло, Л. С. Фотеева, Т. А. Марютина

Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН,
prpakhaylo.av@cet-mipt.ru

Метод выделения асфальтенов из состава нефти путем их осаждения в среде сверхкритического диоксида углерода

В работе представлено исследование осаждения тяжелых фракций и выделения асфальтенов из состава образца нефти с использованием сверхкритического диоксида углерода (СК-СО₂) в качестве антирастворителя. Эксперименты проводились на проточной лабораторной установке сверхкритической флюидной экстракции в режиме процесса GAS (gas antisolvent) в диапазоне температуры от 50 до 140°C и давления от 10 до 30 МПа. Установлено влияние температуры и давления, а также добавления углеводородного разбавителя на выход выделяемых фракций. Определен элементный и микроэлементный

состав, а также структурные свойства компонентов, выделяемых в среде СК-СО₂ при различных значениях температуры процесса. Показано, что увеличение температуры при давлении выше 20 МПа, а также добавление небольших количеств толуола к исходному нефтяному образцу способствует увеличению селективности разделения, концентрированию асфальтенов в составе осаждаемых фракций и получению более сухих твердых частиц. По сравнению с С₇-асфальтенами СО₂-асфальтены отличаются меньшей ароматичностью, полярностью и содержанием металлов. Предлагаемый аналитический метод анализа позволяет проводить выделение асфальтенов всего за несколько часов, не требует больших объемов органических растворителей и позволяет получать асфальтены в количестве, достаточном для последующего детального изучения их состава и свойств.

Ключевые слова: асфальтены, нефтяная дисперсная система, сверхкритический диоксид углерода, антирастворитель, сверхкритическая флюидная экстракция.

R. N. Magomedov, A. V. Pripakhaylo, L. S. Foteeva, T. A. Maryutina.

Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Russian Academy of Sciences

Method of Isolating Asphaltenes from Crude Oil by Precipitation in Supercritical Carbon Dioxide Environment

In this paper, the study of precipitation of heavy fractions and isolation of asphaltenes from a crude oil sample using supercritical carbon dioxide (SC-CO₂) as an anti-solvent has been carried out. Experiments were conducted on a laboratory setup of supercritical fluid extraction in the mode of GAS process (gas anti-solvent) at temperature from 50 to 140°C and pressure from 10 to 30 MPa. The influence of temperature and pressure, as well as the addition of a hydrocarbon diluent on the yield of the separated fractions, has been established. The elemental and microelement composition, as well as the structural properties of the components precipitated in the SC-CO₂ environment at different process temperatures have been determined. It has been shown that an increase in temperature in the pressure range above 200 bar, as well as the addition of small amounts of toluene to the initial oil sample, increases the selectivity of separation, the concentration of asphaltenes in the composition of the precipitated fractions and facilitates obtaining drier solid particles. Compared with C₇-asphaltenes, CO₂-asphaltenes have lower aromaticity, polarity and metal content.

Key words: asphaltenes, oil dispersed system, supercritical carbon dioxide, anti-solvent, supercritical fluid extraction.

Zhaozhong Yang^{1*}, Rui He¹, Xiaogang Li¹, Zhanling Li², Ziyuan Liu³, Yanjun Lu⁴

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

²China Nuclear Engineering & Construction Group Corporation Limited, Beijing, China;

³Sichuan Energy Investment Group Co., Ltd., Chengdu, China;

⁴Moscow Lomonosov State University

*yangzhaozhongswpu@163.com

Multi-vertical well synchronous fracturing technology for DCBM and its field application

Based on theoretical analysis and triaxial fracturing experiments, it shows that 'face interference' produced by multi-vertical well synchronous fracturing helps connect the cleats and generate more complex fracture networks. A new design method including three steps for multi-vertical well synchronous fracturing technology was creatively introduced, and this method was applied in field application. The results show that synchronous fracturing wells not only see gas earlier but also have a good DCBM production. Moreover, stress interference generated by multi-vertical well synchronous fracturing also helped adjacent wells to reduce consumed time to see gas.

Key words: *deep coalbed methane, synchronous fracturing, stress interference, design method.*

Chao Ding^{1*}, Xiao Lin¹, Jian Wang¹, Haihang Li^{2*}

¹State Key Laboratory of Fire Science, University of Science and Technology of China, HeFei, China,

²Safety Engineering Institute, College of Quality and Safety Engineering, China Jiliang University, Hangzhou, China,

*dc707@ustc.edu.cn, lihainhang@cjlu.edu.cn

Study of Flammable Liquid Boilover under Low Pressure at High Altitude

A boilover type of fire refers to an extremely hazardous combustion of flammable liquids, where the results due to the difference in boiling point between these liquids and water. A series of boilover tests at different altitudes in HeFei (altitude 0 m, 101 kPa) and Lhasa (altitude 3650 m, 64 kPa) were carried out based on the influence of liquid pressure on its boiling point. Parameters including temperature inside/on the boundary of flammable liquids and water, flaming temperature, as well as thermal radiation, sound level and mass loss in ambient environment were measured by the aid of two identical transparent quartz pan in either place. The experimental result indicates that the boilover is delayed and degraded at low pressure and, reaches an extinction below a specific air pressure under the same size of oil pan. Besides, we observed that the size of pan plays no decisive role on the boilover onset and intensity.

Key words: *high altitude, flammable liquid, combustion, boilover, intensity.*

Jiang Jianxun¹, Du Jingguo^{1,2}, Wang Yongqing^{1*}, Wang Fenglin³, Feng Kun³, Leng Chunpeng²

¹College of Oil and Natural Gas Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu, China,

²College of Mining Engineering, North China University of Science and Technology, China,

³China United Coalbed Methane Corporation, Ltd, Beijing, China,

*feigq167486@126.com

An improved model for the characterization of the fractal features of pore structure for high-rank CBM formation

Pore structure of coal rock is very complicated and the exact characterization of the fractal features the pore structure of coal rock has great significance on the efficiency of CBM development. The previous models for conventional reservoirs are discussed and an improved model for the exact characterization of the fractal features of CBM formation is put forth by theoretical derivation. And mercury intrusion experiments are carried out to evaluate those models' adaptability. The results show that there is no linear relationship between normalized wetting phase saturation, wetting phase saturation or mercury saturation and the capillary pressure on log-log plot, indicating that the Brooks and Corey' model, C. He' model and K. Li' model are not applied to the high-rank CBM formation

because of the low permeability and porosity. The single interval fractal features not the multi-interval fractal features is verified by the improved model and the definition of fractal geometry, and the fractal dimensions can be used to evaluate the physical properties of CBM formation and higher the fractal dimensions, the poorer the physical properties.

Key words: *fractal features, characterization model, pore structure, high-rank CBM formation, improved model, mercury intrusion experiments.*

Bin Nie

Petroleum Engineering College of Yangtze University, Hubei, China

1909548392@qq.com

Investigation of storage capacity calculation in a gas reservoir with oil ring and bottom water

Due to the complexity of fluid composition and the dynamic characteristics of gas reservoir with bottom water and oil ring, the storage capacity oil is difficult to calculate. Numerical simulation is applied in historical dynamic analysis of gas reservoir with oil ring and bottom water in this paper, and the distribution of three phases is obtained, which indicates expansion of gas cap and invasion of bottom water in oil ring. Thus a transition zone with three phases is formed, which increased seepage resistance. The capacity is figured out by using numerical simulation method with consideration of three phases seepage resistance and material balance method without consideration of three phases seepage resistance, and calculation result shows that the former is only 74% of the latter, which verify the three phases transition zone is a main influencing factor. Therefore, this effect must be put into consideration in capacity calculation.

Key words: *bottom water, oil ring, gas storage, multi-phase flow, numerical simulation.*

Yingjie Chen^{1,2}, Jianhong Fu^{1*}, Yang Liu¹, Feng Li³

¹State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation,

Southwest Petroleum University, Chengdu, China,

²Exploration Business Division, CNPC Southwest Oil and Gas Field, Chengdu, China,

³Guangxi Oil Production Plant of Southwest Oil and Gas Company, Sinopec, Deyang, China

*fujianhong@126.com

The influence of thermal-chemical effects on fracture pressure for shale formation with anisotropic tensile strength

Drilling mud property affects the stress distribution around the borehole, while the anisotropic tensile strength determines the fracture behavior of formation. However, their coupling function are rarely considered in the prediction of fracture pressure. Therefore, the tensile strength anisotropy of shale rock was analyzed based on Brazilian disc test (BDT), and the corresponding anisotropic tensile criteria were reviewed and contrasted using the experiment results. The N-Z criterion is adopted to describe the tensile strength anisotropy of shale rock due to its compatibility. Based on the stress distribution model and N-Z criterion, a fracture pressure model coupling thermal and chemical effects is established for shale rock. The solutions indicate that both the chemical and thermal effects has different influence on the pore pressure distribution around borehole. The effects of bedding occurrence,

anisotropic tensile strength, in-situ stress and pore pressure on equivalent density of fracture pressure (EDFP) are also investigated. Namely, the EDFP decreases with increasing dip angle at given strike of the bedding plan and gets the minimum when the strike of the bedding plane is along minimum horizontal stress direction. The variation of EDFP caused by anisotropic tensile strength approaches or surpasses 10% of the isotropic EDFP. The more obvious the degree of anisotropy tensile strength is, the lower EDFP can get. The higher the horizontal stress ratio and pore pressure are, the larger the impact of anisotropy on the EDFP is. Besides, it can be noted that heating wellbore can improve the EDFP and enlarge SMDW to some extent.

Key words: *fracture pressure, shale rocks, anisotropic tensile strength, thermal- chemical effect; failure criterion.*

Wenlong Jiang, Honghai Fan*, Rongyi Ji

Petroleum Engineering College, China University of Petroleum, Beijing, China

*jiang.wenlong@foxmail.com

A New Calculation Model to Predict Fluctuation Pressure for Robertson-Stiff Fluid in a Vertical Well

Determination of the reasonable and safe tripping or running casing speed to avoid downhole complex needs accurate drilling fluid rheological model and fluctuation pressure prediction model. Based on the narrow slot flow model, a new calculation model of steady fluctuation pressure for Robertson-Stiff (RS) fluid in a vertical well is derived in this paper. Unlike the fluctuation pressure prediction method based on the narrow slot flow in the field, this model considers the actual situation that the pipe wall stress of the moving drill string is not equal to that of the borehole wall, i.e., the narrow slot flow model is not simplified and the theoretical analysis is more reasonable. It is shown that the fluctuation pressures predicted by this model are close to that of the field method, the maximum error is not more than 7%, and most are less than 2%. The fluctuation pressure (gradient) is closely related to the tripping speed, rheological parameters and the inner and outer diameter ratio of annuli, and it increases with any of these parameters increases. The conclusions obtained in this paper can provide certain reference for the drilling operation in narrow gap and narrow safety density window wells, such as casing drilling and deep water drilling, to reasonably control the tripping speed, design the rheological parameters of drilling fluid and optimize the casing program.

Key words: *Robertson-Stiff model, fluctuation pressure, narrow slot flow, vertical well, steady flow.*