

Химия и технология топлив и масел

2⁽⁵⁸⁸⁾'2015

Научно-технический журнал
Издается с 1956 года
Выходит один раз в два месяца

Свидетельство о регистрации
№ 01441.
Выдано 4 августа 1992 г.
Министерством печати
и информации
Российской Федерации

Издается в США фирмой
«Springer Science + Business Media, Inc.»

Английская версия включена в ведущие
мировые реферативные базы данных

Главный редактор
А. И. Владимиров – к.т.н., проф.

Зам. главного редактора
Б. П. Туманян – д.т.н., проф.

Редакционная коллегия
И. Б. Грудников – д.т.н., проф.
Ю. Л. Ищук – д.т.н., проф. (Украина)
И. П. Карлин – д.х.н., проф.
В. Л. Лашхи – д.т.н., проф.
А. Лукса – д.т.н., проф. (Польша)
А. М. Мазгаров – д.т.н., проф.
Е. Д. Радченко – д.т.н., проф.
В. А. Рябов – Генеральный
директор Ассоциации
нефтепереработчиков России
Е. П. Серегин – д.т.н., проф.

Издается в Российском
государственном университете
нефти и газа им. И. М. Губкина

Включен в перечень изданий
Высшей аттестационной комиссии
Министерства образования
и науки РФ

Содержание

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

А. И. Владимиров. 3
Научно-педагогические школы факультета химической технологии
и экологии РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина

К ЮБИЛЕЮ ИНСТИТУТА

А. М. Мазгаров. 7
ОАО «ВНИИУС» – 50 лет

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Альтернативное сырье 9
*В. Макарявичене, Э. Сенджикене,
Р. Чютелите, С. Китрис, А. Яскунас.*
Кинетические особенности и эффективность сорбции
диоксида углерода из биогаза суспензиями доломита

ИССЛЕДОВАНИЯ

И. С. Завалинская, И. В. Маликов, Ю. П. Ясьян. 14
Превращения прямогонной бензиновой фракции
на комбинированных цеолитсодержащих катализаторах

Лю Икунь, Чжун Хойин, Пэн Сяоцзуань, Чжао Чанлян. 18
Факторы, определяющие эффективность охвата
микропор пласта заводнением вязкоупругими
полимерными растворами

Цзи Гофа, Ян Чжаочжун, Ли Сяоган, Лу Яньцзунь, Ло Дань. 22
Моделирование фрактального коэффициента фильтрации
в пласт жидкости для гидроразрыва и его влияние на длину трещин
и продуктивность газовой скважины

Хоу Дали, Чжан Хао, Ли Гуанхуа. 29
Изучение особенностей пьезопроводности
с целью учета чувствительности к изменению
напряженно-деформированного состояния
низкопроницаемого газового коллектора

Ло Чжифэн, Чжао Лицян, Лю Пинли, Ван Чжэнку. 34
Комплексная технология ограничения водопритока,
включающая тампонирующее и кислотную обработку скважин
после гидроразрыва

Лю Чжуди, Чжао Цзинчжоу, Лю Хунсянь, Ван Цзянь. 40
Экспериментальное исследование фильтрационных
характеристик низкопроницаемых вулканических
газовых коллекторов с разной водонасыщенностью

Хань Цзиньсуань, Ян Чжаочжун, Ли Сяоган, Чжан Цзянь. 44
Влияние воды на извлечение метана
угольных пластов: обзор

ЭКОЛОГИЯ

*М. Р. Якубов, С. Г. Якубова, Д. Н. Борисов,
И. П. Косачев, П. И. Грязнов, Г. Ш. Усманова,
Д. В. Милордов, Г. В. Романов.* 52
Состав и свойства оксидатов асфальтенов
тяжелых нефтяных остатков

Chemistry and Technology of Fuels and Oils

2⁽⁵⁸⁸⁾'2015

Head Editor

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

Associate Editor

B. P. Tumanyan – Dr. Eng. Sci., prof.

Editorial Board

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

Yu. L. Ishchuk – Dr. Eng. Sci., prof.
(Ukraine)

I. P. Karlin – Dr. Chem. Sci., prof.

V. L. Lashkhi – Dr. Eng. Sci., prof.

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

A. M. Mazgarov – Dr. Eng. Sci., prof.

E. D. Radchenko – Dr. Eng. Sci., prof.

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

E. P. Seregin – Dr. Eng. Sci., prof.

Редактор

Н. Н. Петрухина

Ответственный секретарь

О. В. Любименко

Графика и верстка

В. В. Земсков

Подготовка материалов

С. О. Бороздин

Адрес редакции:

119991,

ГСП-1, Москва, В-296,

Ленинский просп., 65.

РГУ нефти и газа

им. И. М. Губкина,

редакция «ХТТМ»

Телефон/факс: (499) 135-8875

e-mail: httm@list.ru

Материалы авторов не возвращаются.

Формат 60 x 84 1/8.

Бумага мелованная и офсетная.

Печать офсетная.

Усл. печ. л. 7.

Тираж 1000 экз.

Отпечатано ООО «Стринг»

E-mail: String_25@mail.ru

Contents

EDITOR-IN-CHIEF'S COLUMN

A. I. Vladimirov, 3
Scientific-Education Schools at Faculty
of Chemical and Environmental Engineering
of Gubkin Russian State University of Oil and Gas

BY THE JUBILEE OF THE INSTITUTE

A. M. Mazgarov. 7
50th Anniversary of OAO VNIIUS

CURRENT PROBLEMS

Alternative Feedstock

V. Makaryavichene, E. Sendzhikene, 9
R. Chyutelite, S. Kitris, and A. Yaskunas.
Kinetic Characteristics and Efficiency of Carbon Dioxide Sorption
from Biogas by Dolomite Suspension

RESEARCH

I. S. Zavalinskaya, I. V. Malikov, and Yu. P. Yas'yan. 14
Conversion of Straight-Run Gasoline Fraction
on Combined Zeolite-Containing Catalysts

Liu Yikun, Zhong Huiying, Peng Xiaojuan, 18
and Zhao Changliang.
Factors Influencing Micropore Sweep Efficiency of Flooding
with Viscoelastic Polymer Solutions

Ji Guofa, Yang Zhaozhong, Li Xiaogang, 22
Lu Yanjun, and Luo Dan.
A Model of Fractal Fluid Loss Coefficient and Its Effect
on Fracture Length and Gas Well Productivity

Hou Dali, Zhang Hao, and Li Guanghua. 29
Study of Pressure Propagation Characteristics
to Determine Stress Sensitivity of Low-Permeability Gas Reservoir

Luo Zhifeng, Zhao Liqiang, Liu Pingli, and Wang Zhengku. 34
Integrated Technology of Water Plugging
and Acidizing of Hydrofractured Oil Wells

Liu Zhidi, Zhao Jingzhou, Liu Hongxian, and Wang Jian. 40
An Experimental Simulation Study on Gas Seepage Characteristics
of a Low-Permeability Volcanic Rock Gas Reservoir
with Varying Degrees of Water Saturation

Han Jinxuan, Yang Zhaozhong, 44
Li Xiaogang, and Zhang Jian.
Influence of Coal-Seam Water
on Coalbed Methane Production: a Review

ECOLOGY

M. R. Yakubov, S. G. Yakubova, D. N. Borisov, 52
I. P. Kosachev, P. I. Gryaznov, G. Sh. Usmanova,
D. V. Milordov, and G. V. Romanov.
Composition and Properties of Oxidation Products
of Heavy Oil Resid Asphaltenes

КИНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОРБЦИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ИЗ БИОГАЗА СУСПЕНЗИЯМИ ДОЛОМИТА

В. Макарявичене¹, Э. Сенджикене¹, Р. Чютелите¹, С. Китрис², А. Яскунас²

¹Университет Александра Стульгинскиса (Каунас, Литва),

²Каунасский технологический университет (Каунас, Литва),

E-mail: agrotech@asu.lt

Представлены кажущиеся кинетические параметры сорбции диоксида углерода из биогаза с использованием растворов, полученных в результате суспензирования прокаленного доломита. Оптимальная и эффективная температура абсорбции CO₂ составляет 20°C. Кинетические расчеты доказывают, что при повышении температуры абсорбции уменьшаются кажущийся порядок абсорбции и кажущаяся константа скорости абсорбции. Установлено, что скорость абсорбции CO₂ находится в прямой зависимости от парциального давления CO₂ и в обратной зависимости от температуры. Для абсорбции диоксида углерода рекомендуется использовать раствор доломита, полученный в результате фильтрации 1%-ной суспензии доломита в воде.

Ключевые слова: биогаз, диоксид углерода, сорбция, кинетические параметры.

Apparent kinetic parameters of carbon dioxide sorption from biogas using solutions produced by suspending calcined dolomite are given. The optimum and effective CO₂ absorption temperature is 20°C. Kinetic calculations show that the apparent absorption degree and apparent absorption rate constant decrease with rise of temperature. It is shown that CO₂ absorption rate is a direct function of CO₂ partial pressure and inverse function of temperature. Dolomite solution obtained by filtration of 1% dolomite suspension in water is recommended for CO₂ absorption.

Key words: biogas, carbon dioxide, sorption, kinetic parameters.

ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРЯМОГОННОЙ БЕНЗИНОВОЙ ФРАКЦИИ НА КОМБИНИРОВАННЫХ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРАХ

И. С. Завалинская, И. В. Маликов, Ю. П. Ясьян

Кубанский государственный технологический университет,

E-mail: zavalinskaya@mail.ru

Проведены эксперименты по каталитическому безводородному обогащению низкооктановых бензиновых фракций на цеолитсодержащих катализаторах с разными силикатными модулями. На основе хроматографического анализа установлено влияние изменения молекулярно-ситовых характеристик цеолитсодержащих катализаторов на индивидуальный и групповой углеводородный состав получаемых бензинов. Показано, что для увеличения конверсии сырьевой фракции целесообразно комбинировать в составе каталитической композиции цеолитсодержащие катализаторы с разными силикатными модулями.

Ключевые слова: цеолит, крекинг, прямогонный бензин, силикатный модуль.

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОХВАТА МИКРОПОР ПЛАСТА ЗАВОДНЕНИЕМ ВЯЗКОУПРУГИМИ ПОЛИМЕРНЫМИ РАСТВОРАМИ

Лю Икунь¹, Чжун Хойин¹, Пэн Сяоцзуань², Чжао Чанлянь³

¹Key Laboratory of Enhanced Oil & Gas Recovery, Ministry of Education, Northeast Petroleum University (China),

²Oil Recovery Plant N 1, Daqing Oilfield Company Limited (China),

³Offshore Petroleum Development Company, Liaohe Oilfield Company (China),

E-mail: zhhy987@126.com

Предложена математическая модель течения полимерных растворов в тупиковых порах, которое изучали на примере микрофильтрации полимерных растворов. Модель, включающую уравнение неразрывности, уравнение сохранения импульса и уравнение состояния, решали методом конечных разностей. Были получены профиль функций потока и профиль скоростей. Эффективность охвата микропор пласта заводнением вычисляли исходя из профиля скорости. Оценено влияние на эффективность охвата микропор упругости, скорости потока и вязкости полимерного раствора. Показано, что вязкость и скорость нагнетания оказывают меньшее влияние на эффективность охвата микропор, чем упругость полимерного раствора.

Ключевые слова: вязкоупругий полимерный раствор, эффективность охвата заводнением, профиль скоростей, полимерное заводнение.

A mathematical model is proposed for polymer solution flow in dead end pores, which was studied with reference to micro-seepage of polymer solutions. The mathematical model, which includes continuity equation, momentum equation, and equation of state, is solved by finite difference method. The flow function and velocity profiles are determined. The micropore sweep efficiency is calculated by the velocity profile method. The effect of elasticity, flow velocity, and viscosity of the polymer solution on the micropore sweep efficiency is evaluated. It is demonstrated that elasticity of the polymer solution exerts greater effect on the micropore sweep efficiency than viscosity and injection rate.

Key words: influencing factors, viscoelastic polymer solutions, sweep efficiency, velocity profile, mathematical model.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ В ПЛАСТ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ГИДРОРАЗРЫВА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ДЛИНУ ТРЕЩИН И ПРОДУКТИВНОСТЬ ГАЗОВОЙ СКВАЖИНЫ

Цзи Гофа, Ян Чжаочжун, Ли Сяоган, Лу Яньцзунь, Ло Дань

Southwest Petroleum University (Chengdu, China),

E-mail: jiguofa@163.com

Разработана фрактальная модель для расчета коэффициента фильтрации жидкости для гидроразрыва пласта (ГРП) через трещину. Модель учитывает фрактальный характер и извилистость пористой среды. На основе кривых капиллярного давления, полученных в результате замеров на девяти образцах керна, рассчитана фрактальная проницаемость. Значения проницаемости, рассчитанные на основе теории фракталов, хорошо коррелируют с измеренными значениями. Коэффициент фильтрации жидкости для ГРП, определенный по фрактальной модели, превышает полученный стандартными расчетами из-за значительного влияния извилистости. Рассматривается прогнозирование длины трещины и продуктивности газовой скважины, которые зависят от коэффициента фильтрации жидкости для ГРП через трещину. Есть все основания предполагать, что точное определение коэффициента фильтрации жидкости для ГРП через трещину очень важно для оптимизации процесса ГРП.

Ключевые слова: теория фракталов, коэффициент фильтрации флюида, длина трещины ГРП, продуктивность газовой скважины.

Fracturing fluid loss is a complex flow process that impacts hydraulic fracturing effectiveness, such as fracture length and gas well productivity. Many calculation models were built for fluid loss coefficient, but the fractal character and the porous medium tortuosity were ignored. This study considers these two parameters and proposes a fractal model to calculate fluid loss coefficient. Based on the capillary pressure curves of nine core samples, the fractal permeability is calculated. The permeability values based on fractal theory agrees well with the measured ones. The fluid loss coefficient determined by the fractal model is higher than what is obtained by standard calculations because of high tortuosity of the porous medium. Predictions of fracture length and gas well productivity, which depend on the fluid loss coefficient, are discussed and compared, and it is suggested that accurate determination of fluid loss coefficient is essential for optimizing hydraulic fracturing.

Key words: fractal theory, fluid loss coefficient, fracture length, gas well productivity.

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЬЕЗОПРОВОДНОСТИ С ЦЕЛЬЮ УЧЕТА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К ИЗМЕНЕНИЮ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НИЗКОПРОНИЦАЕМОГО ГАЗОВОГО КОЛЛЕКТОРА

Хоу Дали^{1,2}, Чжан Хао^{1,2}, Ли Гуанхуа³

¹School of Energy, Chengdu University of Technology (Chengdu, China),

²State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology (Chengdu, China),

³The Cainan Block of Xinjiang Oilfield Company (Changji, Xinjiang Province, China),

E-mail: cdutzhh08@163.com

Чувствительность проницаемости к изменению напряженно-деформированного состояния пласта является одной из основных причин повреждения низкопроницаемых коллекторов, что делает важной оценку чувствительности проницаемости. На примере кернов, взятых из низкопроницаемых пластов нефтяного месторождения Чанцин (Китай), проведены эксперименты по измерению пьезопроводности. По результатам эксперимента с использованием программного обеспечения CMG для численного моделирования получены значения пьезопроводности с учетом чувствительности проницаемости к изменению напряженно-деформированного состояния пласта. Как показывают результаты эксперимента и моделирования, продуктивность газовой скважины в низкопроницаемом газовом коллекторе не может значительно возрасти за счет повышения разности значений давления на забое и в пласте. С увеличением чувствительности проницаемости к изменению напряженно-деформированного состояния пласта коэффициент пьезопроводности снижается, задержка распространения давления становится более значительной, а период стабильной добычи газа становится короче при большем дебите газа.

Ключевые слова: чувствительность к изменению напряженно-деформированного состояния пласта, пьезопроводность, низкопроницаемый газовый коллектор.

The permeability sensitivity of formation is one of the primary causes of damage to low-permeability reservoir. Experiments were conducted on change in pressure propagation characteristics with reference to matrix rock (core) samples taken from a low-permeability reservoir in Chongqing oilfield, China. Based on the experimental results, pressure propagation values were obtained using CMG numerical simulation software that takes account of permeability sensitivity of the formation. The experimental and simulation results indicate that gas well productivity in low-permeability gas reservoir cannot be increased significantly by increasing pressure difference in low-permeability gas reservoir. With increase of permeability sensitivity of formation stressed state the pressure propagation coefficient decreases, pressure propagation delay increases, and steady gas production time becomes shorter with higher gas flow rate.

Key words: stress sensitivity, pressure propagation characteristics, low-permeability gas reservoir.

КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОГРАНИЧЕНИЯ ВОДОПРИТОКА, ВКЛЮЧАЮЩАЯ ТАМПОНИРОВАНИЕ И КИСЛОТНУЮ ОБРАБОТКУ СКВАЖИН ПОСЛЕ ГИДРОРАЗРЫВА

Ло Чжифэн¹, Чжао Лицян¹, Лю Пинли¹, Ван Чжэнку²

¹Southwest Petroleum University (Chengdu, China),

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

E-mail: wangzhengkuwang@126.com

Исследована комплексная технология тампонирувания и кислотной обработки обводненной нефтяной скважины с целью ограничения обводненности добываемой продукции; сочетание тампонирувания и кислотной обработки направлено на достижение синергизма. Разработаны поровая модель с микро- и макротрещинами, и четыре модели с другими видами трещин. Оценена возможность применения гелеобразующего тампонажного раствора в рамках комплексной технологии. Как показывают результаты экспериментов, гелевая тампонажная система эффективна в высокопроницаемых пропластках (степень изоляции >99%), но малоэффективна в

низкопроницаемых пропластках. Нагнетание вязкой пачки ослабляет влияние последующей кислотной обработки на эффективность тампонажного материала. В то же время, степень извлечения нефти при вытеснении водой для трещиноватой поровой модели невелика, после нагнетания полимерной тампонажной системы степень извлечения возрастает, достигая значения более 60%. Предложенная комплексная технология апробирована на двух скважинах месторождения Чанцин, было зафиксировано увеличение нефтедобычи в среднем на 1 т/сут. для каждой скважины в течение более одного года.

Ключевые слова: прорыв воды в скважину, ограничение водопритока к скважине, кислотная обработка, поровая модель, гелеобразующая система, повышение нефтеотдачи.

An integrated technology combining water plugging and acidizing in the same flooded oil well is studied with the goal of controlling the water content of the oil and attaining a comprehensive synergy. For this, a micro- and macro-fracture porosity model and four models with other kinds of fractures are built. The feasibility of application of gel water plugging system in this integrated technology is evaluated. The experimental results show that the gel system is effective in high-permeability interlayer plugging (plugging degree >99%), but not very effective in low-permeability interlayers. Multi-slug injection reduces the impact of subsequent acidizing on the effectiveness of the plugging material. At the same time, the degree of oil recovery by displacement with water for the fracture porosity model is not high, but after polymer plugging system injection, recovery increases, reaching more than 60%. The proposed integrated technology was applied in two wells in the Chongqing oilfield. Oil production of each well increased on an average by 1 ton/day for more than one year.

Key words: water inrush into well, water plugging and acidizing, integration, pore model, gel system, enhanced oil recovery.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ГАЗОВЫХ КОЛЛЕКТОРОВ С РАЗНОЙ ВОДОНАСЫЩЕННОСТЬЮ

Лю Чжуди¹, Чжао Цзинчжоу¹, Лю Хунсянь², Ван Цзянь¹

¹Xi'an Shiyou University (Xi'an, China),

²Exploration and Development Institute, Xinjiang Oilfield Company (Karamay, Xinjiang, China),

E-mail: liuzhidiliu@126.com

С целью изучения фильтрационных характеристик низкопроницаемых вулканических газовых коллекторов при разной водонасыщенности разработаны экспериментальные методы измерения проницаемости, насыщения и дебита при осуществлении вытеснения газа из керна. Для исследования были отобраны 8 образцов вулканического керна из трех скважин, вскрывших вулканический газовый коллектор Каламай (бассейн Цзунгар, Китай). Изучали фильтрационные характеристики образцов при разной водонасыщенности. Выявлено, что проницаемость по газу в основном зависит от водонасыщенности и порового давления. Несмотря на эффект проскальзывания газа, проницаемость коллекторов в значительной мере обуславливается исходной водонасыщенностью. Критическим значением водонасыщенности низкопроницаемых вулканических газовых коллекторов можно считать 40%. Когда водонасыщенность выше 40%, проницаемость возрастает с поровым давлением, но незначительно. В этих условиях фильтрация газа проявляет свойства фильтрации жидкости, взаимосвязь фильтрации газа и воды сложна, а сопротивление фильтрации газа велико. Все указанные факторы затрудняют эксплуатацию коллектора и делают ее малоэффективной. При водонасыщенности менее 40% проницаемость возрастает с уменьшением порового давления, и фильтрационные характеристики по газу подчиняются таковым для однофазного газового потока. В указанных условиях водонасыщенность влияет только на проницаемость коллектора и оказывает незначительное влияние на фильтрационные характеристики по газу.

Ключевые слова: вулканическая порода, газовый коллектор, фильтрационные характеристики, водонасыщенность.

Experimental methods of measuring permeability, saturation, and flow rate of gas displaced from cores were developed to study seepage characteristics of low-permeability volcanic rock gas reservoirs at varying degrees of water saturation. Eight volcanic core samples taken from three wells in the Kalamay (Karamay) volcanic gas reservoir of the Junggar Basin of China were studied because this reservoir has typical seepage characteristics. It was found that gas permeability depends essentially on water saturation and pore pressure. Regardless of the gas slippage effect, the reservoir permeability largely depends on the initial water saturation level. The critical water saturation of low-permeability volcanic gas reservoirs is 40%, above which permeability increases, not substantially, with increasing pore pressure. Under these conditions, gas seepage shows the characteristics of liquid-phase seepage, the gas-water seepage relation becomes complex, and resistance to gas seepage increases significantly. All these factors make exploitation of the reservoir difficult and ineffective. Below the 40% water saturation level, permeability generally increases with decreasing pore pressure and gas seepage characteristics comply with those of a single-phase gas. Under these conditions, water saturation influences only the reservoir permeability, but has little impact on the gas seepage characteristics.

Key words: volcanic rock, gas reservoir, seepage characteristics, different water saturations.

ВЛИЯНИЕ ВОДЫ НА ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЕТАНА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ: ОБЗОР

Хань Цзиньсуань¹, Ян Чжаочжун¹, Ли Сяоган¹, Чжан Цзянь²

¹Southwest Petroleum University (Chengdu, China),

²China United Coalbed Methane Corporation, Ltd. (Beijing, China),

E-mail: swpulyj@sina.cn

Представлен обзор особенностей влияния воды на извлечение метана угольных пластов. Влияние воды на добычу метана угольных пластов связано с адсорбцией воды в порах, капиллярной конденсацией, заполнением микропор, гистерезисом адсорбции и его влиянием на способность метана к диффузии, вспучиванием угля вследствие адсорбции воды и изменением вследствие этого проницаемости по метану, насыщением водой пор и двухфазным течением газ–вода в кливажах. Рассмотрены методы снижения негативного влияния воды на извлечение метана угольных пластов: нагнетание диоксида углерода и микроволновое воздействие. Обозначены перспективные области исследования.

Ключевые слова: метан угольных пластов, адсорбция воды, дренирование воды, нагнетание диоксида углерода, микроволновое воздействие.

This paper presents a comprehensive overview of the influences of coal-seam water on coalbed methane (CBM) production processes. These influences are associated with CH₄ adsorption, capillary condensation, micropore filling, adsorption/desorption hysteresis and its impact on CH₄ diffusivity, coal swelling induced by moisture adsorption that affects effective CH₄ permeability, water imbibition into pores, and gas-water two-phase flow in cleats that affects relative CH₄ permeability. Processes proposed to reduce impact of water on CBM production include CO₂ injection and application of microwave technology. CO₂ injection changes wettability characteristics of coal from water-wet to CO₂-wet. Microwave technology causes water to evaporate and expand, which causes fissure formation. Major research gaps and areas identified for further study from both experimental and simulation perspective include 1) CH₄ diffusivity under different mechanisms of water adsorption in coal, 2) CH₄ permeability with variations in matrix moisture contents, 3) water imbibition into coal pores during dewatering, 4) CO₂ permeation rate in coal pores with various moisture contents, and 5) feasibility of application of microwave technology.

Key words: coalbed methane, water adsorption, gas transport, dewatering, CO₂ injection, microwave impact.

СОСТАВ И СВОЙСТВА ОКСИДАТОВ АСФАЛЬТЕНОВ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ

М. Р. Якубов, С. Г. Якубова, Д. Н. Борисов, И. П. Косачев, П. И. Грязнов, Г. Ш. Усманова, Д. В. Милордов, Г. В. Романов

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

E-mail: yakubov@iopc.ru

Проведено окисление асфальтенов различных тяжелых нефтяных остатков водным раствором перкарбоната натрия при температуре 200°C и давлении 4 МПа, проанализированы состав и свойства полученных продуктов. Содержание водорастворимых оксидатов в продуктах окисления асфальтенов составляет 47,4–49,4%. В составе нерастворимых в воде оксидатов преобладают продукты окислительной конденсации асфальтенов, обогащенные гидроксильными, простыми эфирными и карбоксильными группами. Водорастворимые оксидаты представляют собой концентрат карбоновых кислот. Выявлены особенности структурно-группового состава полученных оксидатов. Показана возможность практического использования оксидатов асфальтенов в качестве адгезионной добавки к дорожному битуму, а также для очистки воды от фенола.

Ключевые слова: нефтяные остатки, асфальтены, окисление асфальтенов, адгезия, сорбция.

Asphaltenes of various heavy oil resids are oxidized by aqueous sodium percarbonate solutions at 200°C and 4 MPa pressure, and the composition and properties of the obtained products are analyzed. Water soluble oxidation products in the asphaltene oxidation products comprise 47.4–49.4%. Products of oxidative condensation of asphaltenes enriched with hydroxyl, ether, and carboxyl groups dominate in the composition of water-insoluble oxidation products. The water-soluble oxidation products represent carboxylic acid concentrate. The characteristics of the structural-group composition of the obtained oxidation products are disclosed. The possibility of practical utilization of asphaltene oxidation products as adhesion additives to road asphalt and for removal of phenol from water is demonstrated.

Key words: oil resids, asphaltenes, asphaltene oxidation, adhesion, sorption.