

# Химия и технология топлив и масел

## 3<sup>(577)</sup>'2013

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 базу данных Scopus

Главный редактор  
**А. И. Владимиров**

Зам. главного редактора  
**Б. П. Туманян**

Редакционная коллегия  
**И. Б. Грудников**  
**Л. Е. Злотников**  
**Ю. Л. Ищук**  
**И. П. Карлин**  
**В. Л. Лашхи**  
**А. Лукса**  
**А. М. Мазгаров**  
**Е. Д. Радченко**  
**В. А. Рябов**  
**Е. П. Серегин**

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

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

## Содержание

### АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

#### Новые технологии и процессы

*А. И. Юсевич, М. А. Тимошкина.* 3  
Закономерности деструктивной перегонки  
смесей асфальта и рапсового масла

#### Альтернативное сырье

*Ю. В. Максимук, А. Ф. Буглак, В. С. Крук, З. А. Антонова.* 9  
Реологические характеристики мазутсодержащих  
топливных смесей с биодобавками.  
Часть 2. Биодобавки на основе метиловых эфиров рапсового масла

### ТЕХНОЛОГИЯ

*А. Ф. Вильданов, Н. Г. Бажирова, А. М. Мазгаров,* 13  
*О. И. Дмитриченко, В. Ш. Шаяхметова, В. Н. Перин.*  
Опыт эксплуатации установок очистки бутан-бутиленовой фракции  
и сточных вод от соединений серы на Омском НПЗ  
с использованием гомогенного и гетерогенного катализаторов

### АППАРАТУРА

*А. А. Абишев, С. Х. Загидуллин, В. Л. Долганов,* 17  
*В. А. Крылов, А. Н. Нечаев.*  
Локальные характеристики газо-жидкостного слоя  
в секционированном барботажном реакторе

### ХИММОТОЛОГИЯ

*С. С. Энверемаду, А. Н. Пелеово, Х. Л. Рутто.* 23  
Исследование работы дизеля на метиловом эфире  
масла семян ши (*Vitellaria paradoxa*) и его смесях  
с нефтяным дизельным топливом

### ИССЛЕДОВАНИЯ

*Д. В. Милордов, Г. Ш. Усманова, М. Р. Якубов,* 29  
*С. Г. Якубова, Г. В. Романов.*  
Сопоставительный анализ экстракционных методов  
выделения порфиринов из асфальтенов тяжелой нефти

*Ж. А. Карабаев, В. М. Капустин, С. Т. Танашев,* 33  
*С. А. Сакибаева, Б. Ж. Искендилов, Г. Ж. Бимбетова.*  
Интенсификация процесса вакуумной дистилляции мазута  
кумкольской нефти путем регулирования  
фазовых переходов нефтяных дисперсных систем

*Хуийин Чжун, Хунцзунь Йинь.* 37  
Пластовое моделирование повышения  
эффективности заводнения в низкопроницаемых коллекторах

*Цзиньчжун Чжао, Яцин Тянь, Яншень Чжао.* 40  
Выделение метана из газа угольных пластов  
посредством гидратообразования в присутствии  
тетрагидрофурана и додецилсульфата натрия

### МЕТОДЫ АНАЛИЗА

*А. А. Сандуляк, В. А. Ершова, А. В. Сандуляк.* 44  
Магнитоконтроль ферропримесей в нефтепродуктах:  
оценка предельной скорости в анализаторе

*А. А. Суханов, О. И. Гнездилов, О. А. Туранова,* 47  
*Д. М. Валиуллина, В. К. Козлов, А. Н. Туранов.*  
ЭПР- и ЯМР-спектроскопия трансформаторного масла

*М. Ю. Доломатов, Д. О. Шуляковская,* 52  
*Г. У. Ярмухаметова, Г. Р. Мукаева.*  
Оценка физико-химических свойств углеводородных систем  
по корреляциям спектр — свойства и цвет — свойства

# Chemistry and Technology of Fuels and Oils

## 3<sup>(577)</sup>'2013

Редактор

**Н. Н. Петрухина**

Ответственный секретарь

**О. В. Любименко**

Графика и верстка

**В. В. Земсков**

Адрес редакции:

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

Телефон/факс: (499) 135-8875  
e-mail: [htm@list.ru](mailto:htm@list.ru)

Формат 60 x 84 1/8.  
Бумага мелованная и офсетная.  
Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 7.  
Тираж 1000 экз.

Отпечатано ООО «Стринг»  
E-mail: [String\\_25@mail.ru](mailto:String_25@mail.ru)

## Contents

---

### CURRENT PROBLEMS

#### New Technologies and Processes

- A. I. Yusevich and M. A. Timoshkina.* 3  
Mechanisms of Destructive Distillation  
of Asphalt–Rapeseed Oil Mixtures

#### Alternative Feedstock

- Yu. V. Maksimuk, A. F. Buglak, V. S. Kruk, and Z. A. Antonova.* 9  
Rheological Properties of Residual Fuel Oil Containing  
Fuel Blends with Bioadditives.  
Part 2. Bioadditives Based on Methyl Esters of Rapeseed Oil

---

### TECHNOLOGY

- A. F. Vil'danov, N. G. Bazhirova, A. M. Mazgarov,* 13  
*O. I. Dmitrichenko, V. Sh. Shayakhmetova, and V. N. Perin.*  
Experience of Operation of Plants for Butane-Butylene Fraction  
and Waste Water Purification from Sulfur Compounds at Omsk Refinery  
Using Homogeneous and Heterogeneous Catalysts

---

### APPARATUS ASSEMBLY

- A. A. Abishev, S. Kh. Zagidullin, V. L. Dolganov,* 17  
*V. A. Krylov, and A. N. Nechaev.*  
Local Characteristics of a Gas-Liquid Layer  
in a Sectionalized Bubble Reactor

---

### CHEMMOTOLOGY

- S. S. Enweremadu, A. N. Peleowo, and H. L. Rutto.* 23  
Experimental Study of a Diesel Engine Fueled with Shea Butter  
(*Vitellaria Paradoxa*) Methyl Ester and Its Blends with Diesel Oil

---

### RESEARCH

- D. V. Milordov, G. Sh. Usmanova, M. R. Yakubov,* 29  
*S. G. Yakubova, and G. V. Romanov.*  
Comparative Analysis of Extractive Methods  
of Porphyrin Separation from Heavy Oil Asphaltenes

- Zh. A. Karabaev, V. M. Kapustin, S. T. Tanashev,* 33  
*S. A. Sakibaeva, B. Zh. Iskenderov, and G. Zh. Bimbetova.*  
Intensification of Vacuum Distillation of Residual Fuel Oil  
from Kumkol Oil by Controlling Phase Transitions  
of Oil Disperse Systems

- Huiying Zhong and Hongjun Yin.* 37  
Reservoir Simulation for Improving Water Flooding Efficiency  
in Low-Permeable Oil Field

- Jianzhong Zhao, Yaqin Tian, and Yangsheng Zhao.* 40  
Separation of Methane from Coal Bed Gas via Hydrate Formation  
in Tetrahydrofuran and Sodium Dodecyl Sulfate Solutions

---

### METHODS OF ANALYSIS

- A. A. Sandulyak, V. A. Ershova, and A. V. Sandulyak.* 44  
Magnetic Monitoring of Iron Impurities in Petroleum Products:  
Determination of Limiting Rate in Analyzer

- A. A. Sukhanov, O. I. Gnezdilov, O. A. Turanova,* 47  
*D. M. Valiullina, V. K. Kozlov, and A. N. Turanov.*  
EPR and NMR Spectroscopy of Transformer Oil

- M. Yu. Dolomatov, D. O. Shulyakovskaya,* 52  
*G. U. Yarmukhametova, and G. R. Mukaeva.*  
Determination of Physicochemical Properties  
of Hydrocarbon Systems Based on Spectrum–Properties  
and Color–Properties Correlations

*А. И. Юсевич, М. А. Тимошкина*

Белорусский государственный технологический университет (г. Минск)

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЕСТРУКТИВНОЙ ПЕРЕГОНКИ СМЕСЕЙ АСФАЛЬТА И РАПСОВОГО МАСЛА

Изучено влияние добавок рапсового масла на выход, состав и характеристики продуктов деструктивной перегонки асфальта десфальтизации. Установлено изменение механизма термического крекинга триглицеридов жирных кислот в присутствии углеводородов. Показана возможность получения углеводородных моторных топлив из растительных масел в условиях НПЗ с использованием термодеструктивных процессов переработки тяжелых нефтяных остатков.

**Ключевые слова:** нефтяные остатки, растительное масло, термический крекинг, углеводородное биотопливо.

The effect of rapeseed oil addition on the yield, composition, and properties of products of destructive distillation of asphalt from deasphalting operation is studied. The mechanism of thermal cracking of fatty acid triglycerides is shown to change in the presence of hydrocarbons. The feasibility of producing hydrocarbon motor fuels from vegetable oils under refinery conditions by thermal cracking of heavy petroleum resids is demonstrated.

**Key words:** petroleum resids, vegetable oil, thermal cracking, hydrocarbon biofuel.

*Ю. В. Максимук, А. Ф. Буглак, В. С. Крук, З. А. Антонова*

Белорусский государственный университет, НИИ физико-химических проблем (г. Минск)

## РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАЗУТСОДЕРЖАЩИХ ТОПЛИВНЫХ СМЕСЕЙ С БИОДОБАВКАМИ. ЧАСТЬ 2. БИОДОБАВКИ НА ОСНОВЕ МЕТИЛОВЫХ ЭФИРОВ РАПСОВОГО МАСЛА

В интервале температур 20–80°C исследованы реологические характеристики мазута, водомазутных эмульсий и их смесей с некондиционными метиловыми эфирами жирных кислот (МЭЖК) рапсового масла. Установлено, что добавление 1–10% МЭЖК снижает вязкость мазутов М100 на 12–73%, добавление 1–3% МЭЖК снижает вязкость водомазутных эмульсий на 15–65%. Показана эффективность использования биодобавок МЭЖК и рапсового масла для модифицирования обводненных мазутов.

**Ключевые слова:** динамическая вязкость, мазут, водомазутные эмульсии, метиловые эфиры жирных кислот, рапсовое масло, реологические характеристики.

The rheological properties of residual fuel oil, water–residual fuel oil emulsions, and their blends with off-grade methyl esters of fatty acids (MEFA) of rapeseed oil are studied in the 20–80°C range. It is demonstrated that addition of 1–10% of MEFA reduces the viscosity of residual fuel oil of the trademark M100 by 12–73% and addition of 1–3% of MEFA reduces the viscosity of water–residual fuel oil emulsions by 15–65%. Use of MEFA bioadditives and rapeseed oil is shown to be effective for modification of water-containing residual fuel oils.

**Key words:** dynamic viscosity, residual fuel oil, water–residual fuel oil emulsion, methyl esters of fatty acids, rapeseed oil, rheological properties.

*А. Ф. Вильданов, Н. Г. Бажирова, А. М. Мазгаров, О. И. Дмитриченко,  
В. Ш. Шаяхметова, В. Н. Перин*

ОАО «ВНИИУС», ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ»

## ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТАНОВОК ОЧИСТКИ БУТАН-БУТИЛЕНОВОЙ ФРАКЦИИ И СТОЧНЫХ ВОД ОТ СОЕДИНЕНИЙ СЕРЫ НА ОМСКОМ НПЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОМОГЕННОГО И ГЕТЕРОГЕННОГО КАТАЛИЗАТОРОВ

Приведены данные, свидетельствующие об успешной эксплуатации блока демеркаптанизации бутан-бутиленовой фракции секции газодифракционирования установки КТ-1/1 и блока демеркаптанизации непределной «головки» стабилизации (рефлюкса) секции газоочистки и газоразделения установки каталитического крекинга 43-103. В процессе демеркаптанизации регенерация раствора щелочи осуществляется с применением гомогенного катализатора ИВКАЗ. На практике доказаны очевидные преимущества гомогенного катализатора ИВКАЗ над гетерогенным катализатором марки КСМ в процессах демеркаптанизации легкого углеводородного сырья и окислительной очистки сернисто-щелочных стоков.

**Ключевые слова:** бутан-бутиленовая фракция, непределная «головка» стабилизации, сернисто-щелочные стоки, меркаптаны, сульфиды, дисульфиды, демеркаптанизация, гомогенный катализатор ИВКАЗ, гетерогенный катализатор КСМ.

Data attesting to successful operation of the butane-butylene fraction demercaptanizing unit of the gas fractionating section of the KT-1/1 plant and the unit for demercaptanizing the nonlimiting stabilizer overhead stream (reflux) of the gas purifying and gas fractionating section of the catalytic cracking plant 43-103 are reported. In the demercaptanization process, the alkali solution was regenerated using homogeneous catalyst of the trademark IVKAZ. The obvious advantages of IVKAZ homogeneous catalyst over heterogeneous catalyst of the trademark KSM were proved in practice in the processes of light hydrocarbon feedstock demercaptanization and oxidative purification of sulfurous-alkaline effluents.

**Key words:** butane-butylene fraction, nonlimiting stabilizer overhead stream, sulfurous-alkaline effluents, mercaptans, sulfides, disulfides, demercaptanization, IVKAZ homogeneous catalyst, KSM heterogeneous catalyst.

*А. А. Абишев, С. Х. Загидуллин, В. Л. Долганов, В. А. Крылов, А. Н. Нечаев*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,

ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез»

## ЛОКАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗО-ЖИДКОСТНОГО СЛОЯ В СЕКЦИОНИРОВАННОМ БАРБОТАЖНОМ РЕАКТОРЕ

Представлены результаты экспериментальных исследований локальных свойств газо-жидкостной системы в секционированном барботажном реакторе. Рассмотрены радиальные профили локального газосодержания, удельной поверхности контакта фаз, частоты следования пузырьков газа и средние диаметры пузырьков при различных расходах газа и жидкости и геометрических параметрах реактора. Сделаны выводы о характере и причинах изменения этих свойств. Полученные данные использованы при модернизации окислительных колонн для производства нефтяных битумов в ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез»

**Ключевые слова:** барботажный колонный реактор, газосодержание, площадь поверхности контакта фаз, нефтяной битум, окислительная колонна.

The results of experimental study of local properties of a gas-liquid system in a sectionalized bubbler-type reactor are furnished. The radial profiles of local gas content, specific phase contact surface, gas bubbles tracking frequency, and average bubble diameter at various gas and liquid flow rates and geometric parameters of the reactor are studied. Conclusions are drawn regarding the pattern and causes of variation of these properties. The derived data were used at OOO LUKOIL-Permnefteorgsintez to upgrade oxidation columns for petroleum asphalt production.

**Key words:** bubbler-type column reactor, gas content, phase contact surface area, petroleum asphalt, oxidation column.

**С. С. Энвермаду, А. Н. Пелево, Х. Л. Рутто**

University of South Africa (Florida, South Africa),

Vaal University of Technology (Vanderbijlpark, South Africa)

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ НА МЕТИЛОВОМ ЭФИРЕ МАСЛА СЕМЯН ШИ (*Vitellaria paradoxa*) И ЕГО СМЕСЯХ С НЕФТЯНЫМ ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ

Представлены сравнительные результаты исследования состава отработавших газов и характеристик работы одноцилиндрового дизеля на нефтяном дизельном топливе, метиловом эфире масла семян ши и их смесях В20, В50 и В75. Показано, что удельный расход биодизеля выше, чем нефтяного топлива, а эффективный термический КПД выше при работе дизеля на нефтяном топливе. Содержание СО и NO<sub>x</sub> в газах сгорания биодизеля и его смесей выше, тогда как выбросы углеводородов и дымность больше при сгорании нефтяного дизельного топлива.

**Ключевые слова:** масло семян ши, метиловый эфир, дизель, биодизель, характеристики двигателя, выбросы.

Comparative results of study of performance and emission characteristics of a single-cylinder diesel engine run on petroleum diesel (D), shea butter methyl ester biodiesel (B), and their blends B20, B50, and B75 are reported. It is shown that the specific consumption of biodiesel is higher than that of petroleum diesel, but the effective thermal efficiency of the engine run on petroleum diesel is higher. While CO and NO<sub>x</sub> emissions are higher for shea butter biodiesel and its blends, hydrocarbon (HC) and smoke emissions are higher for petroleum diesel. No specific biodiesel blend exhibited superior engine performance and emission characteristics in all cases. However, biodiesel parameters are comparable to diesel ones. Hence, methyl esters of *Vitellaria paradoxa* can be used successfully in existing diesel engines, but this requires further comprehensive tests.

**Key words:** shea butter, methyl ester, diesel, biodiesel, engine characteristics, emissions.

**Д. В. Милордов, Г. Ш. Усманова, М. Р. Якубов, С. Г. Якубова, Г. В. Романов**

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

### СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСТРАКЦИОННЫХ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОРФИРИНОВ ИЗ АСФАЛЬТЕНОВ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ

Проведен сопоставительный анализ методов экстракционного выделения порфиринов полярными растворителями и серной кислотой из асфальтенов тяжелой нефти с повышенным содержанием ванадия. Хроматографическое разделение экстрактов с последующим анализом порфириновых фракций методом УФ-спектроскопии позволило определить основные типы экстрагированных порфиринов. Показана перспективность метода получения порфириновых концентратов сернокислотной обработкой асфальтенов нефтей с повышенным содержанием ванадия.

**Ключевые слова:** нефтяные порфирины, экстракция, тяжелые нефти, ванадий, асфальтены.

A comparative analysis has been made of the methods of porphyrin extraction from high-vanadium heavy oil asphaltenes using polar solvents and sulfuric acid. Chromatographic separation of the extracts, followed by analysis of the porphyrin fractions by UV spectroscopy, helped determine the main types of extracted porphyrins. The prospect of the method of getting porphyrin concentrates by sulfuric acid treatment of high-vanadium petroleum asphaltenes is shown.

**Key words:** petroleum porphyrins, extraction, heavy oils, vanadium, asphaltenes.

**Ж. А. Карабаев, В. М. Капустин, С. Т. Танашев, С. А. Сакибаева, Б. Ж. Искендеров,  
Г. Ж. Бимбетова**

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова (г. Шымкент, Республика Казахстан),

РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

### ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ВАКУУМНОЙ ДИСТИЛЛЯЦИИ МАЗУТА КУМКОЛЬСКОЙ НЕФТИ ПУТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ НЕФТЯНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Исследована возможность интенсификации процесса вакуумной дистиляции высокопарафинистого мазута кумкольской нефти (Казахстан) путем регулирования фазовых переходов нефтяных дисперсных систем с помощью введения в мазут активирующих добавок. Добавление к мазуту смолы пиролиза и ее фракций, различающихся фракционным и углеводородным составом, приводит к экстремальным изменениям выхода вакуумного газойля и способствует значительному уменьшению продолжительности дистиляции. Наиболее эффективной является добавка широкой фракции смолы пиролиза в количестве 1% мас. на мазут.

**Ключевые слова:** вакуумная дистиляция, активирующие добавки, нефтяные дисперсные системы, регулирование фазовых переходов.

The feasibility of intensification of vacuum distillation of high-paraffin residual fuel oil from Kumkol crude oil (Kazakhstan) by controlling phase transitions of oil disperse systems through injection of activating additives into the residual fuel oil is investigated. Addition to residual fuel oil of pyrolysis resin and its fractions, which differ in fractional and hydrocarbon composition, produces extreme changes in vacuum gas oil yield and substantially contributes to shortening of distillation time. Addition of 1 wt. % of wide pyrolysis resin fraction to residual fuel oil is highly effective.

**Key words:** vacuum distillation, activating additives, oil disperse systems, control of phase transitions.

**Хуйин Чжун, Хунцзунь Инь**

Northeast Petroleum University (China)

### ПЛАСТОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАВОДНЕНИЯ В НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ КОЛЛЕКТОРАХ

Исследовано месторождение YSL (Китай) с проницаемостью коллектора  $10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>, разрабатываемое заводнением. По результатам предварительной оценки оптимальных отношения объемов закачанной воды и добытой нефти и отношения нефть : вода была разработана геологическая модель, с помощью которой на основе численного моделирования определяли точные значения указанных отношений. Предложена тактика заводнения исследуемого месторождения.

**Ключевые слова:** численное моделирование, тактика заводнения, отношение объемов закачанной воды и добытой нефти, отношение нефть : вода.

A study has been made of the low-permeability YSL oil field in Daqing, China, with average reservoir permeability of  $10^{-3}$   $\mu\text{m}^2$  that has been developed by water flooding. Based on tentative estimation of the optimal injected water to oil production volume ratio and oil to water ratio, we have developed a geological model that allowed accurate determination of these ratios based on numerical simulation. A water injection policy for enhancing oil recovery from the YSL oil field is proposed.

**Key words:** numerical simulation, rational injection policy, optimal injection to production ratio, oil to water ratio.

*Цзиньчжун Чжао, Яцинъ Тянь, Яншень Чжао*

Mining Technology Institute, Taiyuan University of Technology (Taiyuan, China),

College of Materials Science and Engineering, Taiyuan University of Science and Technology (Taiyuan, China)

### ВЫДЕЛЕНИЕ МЕТАНА ИЗ ГАЗА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПОСРЕДСТВОМ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ В ПРИСУТСТВИИ ТЕТРАГИДРОФУРАНА И ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ

Предложена новая технология выделения метана из кислородсодержащего газа угольных пластов посредством гидратообразования из растворов промоторов — тетрагидрофурана и додецилсульфата натрия. Эксперименты по выделению метана из модельного газа проводили при разном начальном давлении. Как показывают результаты, образование гидратов в присутствии тетрагидрофурана и концентрирование метана возможны при температуре 5°C и давлении 0,3 МПа. При этом концентрация метана может быть повышена с 16,45 до 61,7%. При снижении давления с 1 до 0,3 МПа при неизменной температуре селективность выделения метана возрастает.

**Ключевые слова:** гидраты, газ угольных пластов, сепарация, промотор, термобарические условия.

A new technology is proposed for separating or concentrating CH<sub>4</sub> from oxygen-containing coal bed gas via hydrate formation using tetrahydrofuran (THF) and sodium dodecyl sulfate (SDS) solutions as promoters. The experiments on methane separation from a model gas, conducted at various initial pressures, demonstrated that hydrate formation and methane concentration can be achieved at 5°C and 0.3 MPa in THF solution. The CH<sub>4</sub> concentration can be raised from 16.45% to 61.7% by forming oxygen-containing coal bed gas hydrate. If the pressure is reduced from 1 to 0.3 MPa, keeping the temperature unchanged, the CH<sub>4</sub> separation selectivity improves.

**Key words:** hydrates, coal bed gas, separation, promoter, P-T condition.

*А. А. Сандуляк, В. А. Еришова, А. В. Сандуляк*

Московский государственный университет приборостроения и информатики

### МАГНИТОКОНТРОЛЬ ФЕРРОПРИМЕСЕЙ В НЕФТЕПРОДУКТАХ: ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ В АНАЛИЗАТОРЕ

Отмечено, что существующие методы магнитоконтроля ферропримесей в нефтепродуктах нуждаются в совершенствовании, в том числе в обосновании ограничений скорости потока пробы в анализаторе. Исходя из упрощенного условия конкуренции магнитной и гидродинамической сил, получено выражение для оценки предельного значения скорости потока пробы в анализаторе. Выявлено, что скорость параболически зависит от отношения размера феррочастицы к расстоянию до источника поля магнитной системы анализатора.

**Ключевые слова:** ферропримеси, магнитное выделение, скорость течения пробы.

It is noted that the existing methods of magnetic monitoring of iron impurities in petroleum products need refinement, including validation of the specimen flow rate limits in the analyzer. Based on simplified condition of competition between magnetic and hydrodynamic forces, an expression has been derived to determine the limiting specimen flow rate in the analyzer. It is shown that the rate depends parabolically on the ratio between the iron particle size and the distance up to the source of the magnetic system field in the analyzer.

**Key words:** iron impurities, magnetic separation, specimen flow rate.

*А. А. Суханов, О. И. Гнездилов, О. А. Туранова, Д. М. Валиуллина, В. К. Козлов, А. Н. Туранов*

Казанский физико-технический институт им. Е. К. Завойского КазНЦ РАН,

Казанский государственный энергетический университет

### ЭПР- И ЯМР-СПЕКТРОСКОПИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Записаны и проанализированы спектры ЭПР в X-диапазоне частот, а также  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  и  $^{17}\text{O}$  ЯМР свежего, отработанного и состаренного в модельных условиях трансформаторного масла марки ГК. В спектрах ЭПР обнаружены сигналы от ионов  $\text{Er}^{3+}$ ,  $\text{Yb}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^+$  в окружении кислорода, а также  $\text{Ti}^{3+}$  в окружении серы. Показано, что  $^1\text{H}$  ЯМР-спектроскопия является быстрым, информативным и надежным методом определения влагосодержания трансформаторного масла. Полученные результаты подтвердили большую эффективность применения ЭПР- и ЯМР-спектроскопии для анализа трансформаторного масла и контроля процессов, происходящих при его деградации.

**Ключевые слова:** спектроскопия, ЭПР, ЯМР, трансформаторное масло.

EPR spectra in the characteristic frequency range and  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ , and  $^{17}\text{O}$  NMR spectra of fresh, used, and aged (under model conditions) GK grade transformer oil are recorded and analyzed. The EPR spectra show signals from  $\text{Er}^{3+}$ ,  $\text{Yb}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , and  $\text{Fe}^+$  in the oxygen environment and  $\text{Ti}^{3+}$  in the sulfur environment. It is shown that  $^1\text{H}$  NMR spectroscopy is a fast, informative, and reliable method of determination of moisture content of transformer oil. The obtained data confirmed high efficiency of EPR and NMR spectroscopy for analyzing transformer oil and monitoring its dehydration processes.

**Key words:** spectroscopy, EPR, NMR, transformer oil.

*М. Ю. Долматов, Д. О. Шуляковская, Г. У. Ярмухаметова, Г. Р. Мукаева*

Уфимская государственная академия экономики и сервиса

### ОЦЕНКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СИСТЕМ ПО КОРРЕЛЯЦИЯМ СПЕКТР — СВОЙСТВА И ЦВЕТ — СВОЙСТВА

Предложены экспресс-методы оценки физико-химических свойств многокомпонентных углеводородных систем на основе закономерностей, связывающих физико-химические и оптические свойства веществ, — по корреляциям спектр — свойства и цвет — свойства. В результате статистической обработки данных показано, что предложенные экспресс-методы по точности не уступают общепринятым методам исследования.

**Ключевые слова:** углеводородные системы, коксуемость, средняя молекулярная масса, энергия активации вязкого течения, относительная плотность, цветовые характеристики.

Express methods are proposed for determining the physicochemical properties of multicomponent hydrocarbon systems based on principles correlating physicochemical and optical properties of substances, i.e., based on spectrum–properties and color–properties correlations. Statistical data processing results show that the proposed express methods are not inferior to conventional investigation methods in accuracy.

**Key words:** hydrocarbon systems, coking capacity, average molecular weight, viscous flow activation energy, relative density, color characteristics.