

# Химия и технология топлив и масел

## 3(613)'2019

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

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

Издатель —  
Международный центр науки и технологий  
«ТУМА ГРУПП»

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

Английская версия включена в ведущие  
мировые реферативные базы данных

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

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

Редакционная коллегия  
**С. Н. Волгин** – д.т.н., проф.  
**И. Б. Грудников** – д.т.н., проф.  
**И. П. Карлин** – д.х.н., проф.  
**В. Л. Лашхи** – д.т.н., проф.  
**А. Лукса** – д.т.н., проф. (Польша)  
**А. М. Мазгаров** – д.т.н., проф.  
**В. А. Рябов** – Генеральный  
директор Ассоциации  
нефтепереработчиков России  
**Е. П. Серегин** – д.т.н., проф.

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

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

## Содержание

### 55 ЛЕТ ХИММОТОЛОГИИ

*В. В. Середа, А. В. Улитко, С. Н. Волгин.* 4  
Химмотологии 55 лет.  
Современные вызовы и успешные решения

*Г. М. Балак, О. Ю. Кузнецова, А. Н. Приваленко.* 9  
Газохроматографическая идентификация и определение содержания  
нормальных алканов в топливах для реактивных двигателей  
и керосиновых фракциях переработки нефти

*Ю. М. Пименов, А. В. Улитко.* 16  
Метод исследования склонности дизельных топлив  
к образованию высокотемпературных отложений

*С. Н. Волгин, И. В. Белов, Н. М. Лихтерова, Д. А. Уханов.* 22  
Исследование возможности применения топлива  
для реактивных двигателей в дизельных двигателях

### АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ.

#### Альтернативное сырье

*Е. Г. Горлов, А. В. Шумовский, Ю. П. Ясьян,* 32  
*М. Ю. Нисковская, А. А. Асатрян, А. А. Ольгин.*  
Особенности газификации смесей биомассы и гидрона

### ТЕХНОЛОГИЯ

*Н. Г. Евдокимова, А. И. Воробьева, Н. Н. Лунева.* 37  
Интенсификация процесса атмосферной перегонки нефти  
регулируемым составом сырья

### ИССЛЕДОВАНИЯ

*Л. Р. Гайнуллина, В. П. Тутубалина.* 40  
Исследование структурно-группового состава  
сероорганических соединений окислительными методами

*А. С. Стопорев, А. А. Сизиков, Е. А. Яркова, Н. С. Молокитина,* 45  
*А. П. Семенов, А. Ю. Манаков, В. А. Винокуров.*  
Применение трансформаторного масла и «сухой воды»  
для хранения и транспортировки гидрата метана

### МЕТОДЫ АНАЛИЗА

*Р. Н. Магомедов, А. В. Припахайло,* 49  
*Л. С. Фотеева, Т. А. Марютина.*  
Метод выделения асфальтенов из состава нефти путем их осаждения  
в среде сверхкритического диоксида углерода

# Chemistry and Technology of Fuels and Oils

## 3<sub>(613)</sub>'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](mailto: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. Sereida, A. V. Ulit'ko, S. N. Volgin.* 4  
The 55th Anniversary of Chimmotology.  
Contemporary Challenges and Successful Solutions

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

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

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

### CURRENT PROBLEMS.

#### Alternative Feedstock

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

### TECHNOLOGIES

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

### RESEARCH

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

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

### METHODS OF ANALYSIS

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

**В. В. Середина, А. В. Улитко, С. Н. Волгин**

ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России»,

25gosniihim@mil.ru

**Химмотологии 55 лет.**

**Современные вызовы и успешные решения**

*Представлены основные результаты научных работ, проведенных за последние пять лет  
ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России» в интересах повышения надежности и  
эффективности эксплуатации техники при применении горюче-смазочных материалов,  
приведены перспективные направления исследований.*

**Ключевые слова:** направления исследований, горюче-смазочные материалы, технические средства нефтепродуктообеспечения, унификация, надежность, импортозамещение, хранение, разработка.

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

The 25<sup>th</sup> State Research Institute for Chimnotology, Ministry of Defense of Russian Federation

**The 55th Anniversary of Chimnotology.**

**Contemporary Challenges and Successful Solutions**

**Г. М. Балак, О. Ю. Кузнецова, А. Н. Приваленко**

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 25<sup>th</sup> State Research Institute for Chimnotology, 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 25<sup>th</sup> 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 оптимизированных их состав. Приведены результаты исследования предложенных топливных композиций на основе топлива для реактивных двигателей и функциональных присадок с использованием лабораторных, квалификационных методов и индцированием 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 25<sup>th</sup> State Research Institute for Chimnotology, 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.

*E. G. Gorlov<sup>1</sup>, A. V. Shumovskii<sup>1</sup>, Yu. P. Yasyan<sup>2</sup>, M. Yu. Niskovskaya<sup>2</sup>, A. A. Asatryan<sup>2</sup>, A. A. Olgin<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ООО «ИГИ-НТЦ»,

<sup>2</sup>Кубанский государственный технологический университет,

<sup>3</sup>ООО 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.

*E. G. Gorlov<sup>1</sup>, A. V. Shumovskii<sup>1</sup>, Yu. P. Yasyan<sup>2</sup>, M. Yu. Niskovskaya<sup>2</sup>, A. A. Asatryan<sup>2</sup>, A. A. Olgin<sup>3</sup>.*

<sup>1</sup>Fossil Fuel Institute, Moscow,

<sup>2</sup>Kuban State Technological University, Krasnodar,

<sup>3</sup>LLC 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.*

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

Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салават,

ruskih1.r@yandex.ru

**Интенсификация процесса атмосферной перегонки нефти  
регулируемым составом 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 сероорганических 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 тианданами, 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 tiaindana, 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<sup>1,2,3</sup>, А. А. Сизиков<sup>2</sup>, Е. А. Яркова<sup>4</sup>, Н. С. Молокитина<sup>5</sup>,**

**А. П. Семенов<sup>1</sup>, А. Ю. Манаков<sup>2,3</sup>, В. А. Винокуров<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина,

<sup>2</sup>Институт неорганической химии имени А. В. Николаева СО РАН, г. Новосибирск,

<sup>3</sup>Новосибирский государственный университет,

<sup>4</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург,

<sup>5</sup>Институт 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<sup>1,2,3</sup>, A. A. Sizikov<sup>2</sup>, E. A. Yarkova<sup>4</sup>, N. S. Molokitina<sup>5</sup>, A. P. Semenov<sup>1</sup>,  
A. Yu. Manakov<sup>2,3</sup>, V. A. Vinokurov<sup>1</sup>.*

<sup>1</sup>Gubkin University, Moscow

<sup>2</sup>Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry SB RAS, Novosibirsk

<sup>3</sup>Novosibirsk State University,

<sup>4</sup>Ural Federal University, Ekaterinburg

<sup>5</sup>Institute 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,

pripakhaylo.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-СО<sub>2</sub>) 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-СО<sub>2</sub> 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 C<sub>7</sub>-асфальтенами СО<sub>2</sub>-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-CO<sub>2</sub>) 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-CO<sub>2</sub> 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 C<sub>7</sub>-asphaltenes, CO<sub>2</sub>-asphaltenes have lower aromaticity, polarity and metal content.*

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