

# Химия и технология топлив и масел

## 3<sub>(625)</sub>'2021

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

**Б. П. Туманян** – д.т.н., проф.

Редакционная коллегия

**И. А. Арутюнов** – д.т.н., проф.

**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.

**К. Б. Рудяк** – 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

### АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

*Н. Н. Лунева, Н. Г. Евдокимова.* 4  
Особенности управления рисками на предприятиях  
нефтехимии и нефтепереработки

*М. Г. Баширов, Э. М. Баширова, И. Г. Юсупова.* 10  
Повышение эксплуатационной безопасности технологических  
трубопроводов установок по переработке углеводородного сырья

### ТЕХНОЛОГИЯ

*М. В. Клыков, Т. В. Алушкина.* 17  
Разработка технологических схем  
по увеличению отбора вакуумного газойля

### ИССЛЕДОВАНИЯ

*Р. Г. Хасанов, Т. В. Алушкина, М. В. Клыков.* 21  
Каталитический пиролиз вакуумного газойля

*Р. Г. Хасанов, Н. М. Захаров, Р. Р. Газиев.* 25  
Некоторые закономерности термодиффузионного пиролиза пропана

*П. В. Кугатов, Б. С. Жирнов, А. Е. Еременко.* 28  
Исследование зависимости температуры размягчения  
от содержания мезофазы в нефтяных пеках, полученных  
из тяжелой пиролизной смолы и декантоля

*А. В. Сусликов, Б. С. Жирнов, Ф. Р. Муртазин.* 32  
Исследование кинетических закономерностей взаимодействия  
нефтяного кокса с фосфогипсом до сульфида кальция

*Э. К. Аминова, В. В. Фомина.* 36  
Соли сульфатированных амидов олеиновой кислоты  
как ингибиторы кислотной коррозии

### МЕТОДЫ АНАЛИЗА

*Н. Г. Евдокимова, Н. А. Егорова, Н. Н. Лунева.* 39  
Определение прочностных характеристик битумоминеральных смесей

### ЭКОЛОГИЯ

*И. Н. Михольская, Е. А. Данилова, Н. С. Осинская,  
А. А. Борисова, В. В. Спаскова, Б. С. Жирнов.* 44  
Мониторинг экосистемы вблизи градообразующих предприятий  
нефтепереработки и нефтехимии

*Е. А. Захарова, Н. А. Лихачева.* 49  
Оценка экологической эффективности  
нефтеперерабатывающих производств

*Н. А. Лихачева, Е. А. Захарова.* 53  
Исследование детоксицирующей способности окисленных гуминовых веществ  
в условиях нефтяного загрязнения почв

# Chemistry and Technology of Fuels and Oils

## 3<sub>(625)</sub>'2021

Head Editor

**B. P. Tumanyan** – Dr. Eng. Sci., prof.

Editorial Board

**I. A. Arutyunov** – Dr. Eng. Sci., prof.

**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.

**K. B. Rudyak** – 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: [httm@list.ru](mailto:httm@list.ru)

Материалы авторов не возвращаются.

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

Формат 60 × 84 1/8.

Печать офсетная.

Усл. печ. л. 7.

Тираж 1000 экз.

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

## Contents

### CURRENT PROBLEMS

*N. N. Luneva, N. G. Evdokimova.* Features of Risk Management at Petrochemical Enterprises and Oil Refining 4

*M. G. Bashirov, E. M. Bashirova, I. G. Yusupova.* Improving the Operational Safety of Process Pipelines for Hydrocarbon Processing Units 10

### TECHNOLOGIES

*M. V. Klykov, T. V. Alushkina.* Development of Technological Schemes for Increasing the Selection of Vacuum Gas Oil 17

### RESEARCH

*R. G. Khasanov, T. V. Alushkina, M. V. Klykov.* Catalytic Pyrolysis of Vacuum Gas Oil 21

*R. G. Khasanov, N. M. Zakharov, R. R. Gaziev.* Some Regularities of Thermocontact Pyrolysis of Propane 25

*P. V. Kugatov, B. S. Zhirnov, A. E. Eremenko.* Study of Dependence of Softening Point on Mesophase Content of Petroleum Pitches from Heavy Pyrolysis Resin and Decantoil 28

*A. V. Suslikov, B. S. Zhirnov, F. R. Murtazin.* Investigation of the Kinetic Regularities of the Interaction of Petroleum Coke with Phosphogypsum to Calcium Sulfide 32

*E. K. Aminova, V. V. Fomina.* Salts of Sulfated Oleic Acid Amides as Acid Corrosion Inhibitors 36

### METHODS OF ANALYSIS

*N. G. Evdokimova, N. A. Egorova, N. N. Luneva.* Determination of the Strength Characteristics of Bituminous-Mineral Mixtures 39

### ECOLOGY

*I. N. Mikholskaya, E. A. Danilova, N. S. Osinskaya, A. A. Borisova, V. V. Spaskova, B. S. Zhirnov.* Ecosystem Monitoring near the City-Forming Enterprises of Oil Refining and Petrochemicals 44

*E. A. Zakharova, N. A. Likhacheva.* Assessment of the Environmental Efficiency of Oil Refineries 49

*N. A. Likhacheva, E. A. Zaharova.* Study of Detoxifying Ability of Oxidized Humic Substances under the Conditions of Oil Pollution of Soils 53

**Н. Н. Лунева, Н. Г. Евдокимова**

Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате  
nat\_luneva@mail.ru

### **Особенности управления рисками на предприятиях нефтехимии и нефтепереработки**

*В работе представлен анализ факторов риска на предприятиях нефтехимии и нефтепереработки в целом. На примере нефтехимической компании ООО «Газпром нефтехим Салават» представлена блок-схема процесса управления рисками, которая позволяет определить возможные стратегии и рекомендации по их уменьшению. Выполнен расчет показателей эффективности разработки и внедрения новой технологии в трех вариантах на примере битумного производства в ООО «Газпром нефтехим Салават». Методом анализа чувствительности проведен расчет показателя NPV при изменении основных факторов риска — капитальных затрат, цены, себестоимости и объема производства. Показано, что все варианты технологий очень чувствительны к изменению цены на реализуемую продукцию и ее себестоимости и достаточно устойчивы к факторам объема производства и уровню инвестиций. Предложена методика расчета показателей эффективности внедрения и оценки рисков новых технологий на предприятиях нефтепереработки и нефтехимии, которая позволит учитывать особенности управления рисками при многовариантном сценарии осуществления технических проектов.*

**Ключевые слова:** управление рисками, расчет показателей эффективности, сценарный анализ, оценка рисков, метод анализа чувствительности.

*N. N. Luneva, N. G. Evdokimova.*

Ufa State Petroleum Technical University, Branch of the University in the City of Salavat

### **Features of Risk Management at Petrochemical Enterprises and Oil Refining**

*The paper presents an analysis of risk factors at petrochemical and oil refining enterprises in general. Using the example of the petrochemical company Gazprom Neftekhim Salavat LLC, a flowchart of the risk management process is presented, which allows you to determine possible strategies and recommendations for reducing them. The calculation of the efficiency indicators of the development and implementation of the new technology in three variants is carried out on the example of bitumen production in Gazprom Neftekhim Salavat LLC. The sensitivity analysis method is used to calculate the NPV indicator for changes in the main risk factors – capital costs, price, cost of production and volume of production. It is shown that all variants of technologies are very sensitive to changes in the price of products sold and their cost and are quite resistant to factors of production volume and the level of investment. A method for calculating the efficiency indicators of the introduction and risk assessment of new technologies at oil refining and petrochemical enterprises is proposed, which will allow taking into account the peculiarities of risk management in a multi-variant scenario of technical projects.*

**Key words:** risk management, calculation of performance indicators, scenario analysis, risk assessment, sensitivity analysis method.

**М. Г. Баширов, Э. М. Баширова, И. Г. Юсупова**

Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате  
eapp@yandex.ru

### **Повышение эксплуатационной безопасности технологических трубопроводов установок по переработке углеводородного сырья**

*Рассмотрено современное состояние обеспечения эксплуатационной безопасности технологических трубопроводов установок по переработке углеводородного сырья, причины их отказов, которые могут сопровождаться взрывами и пожарами, образованием смесей, оказывающих токсическое воздействие на людей и окружающую среду. Показана недостаточная эффективность применяемых при проведении экспертизы безопасности данных объектов методов и средств оценки их технического состояния, ориентированных на выявление уже развитых дефектов, необходимость выявления зарождающихся дефектов структуры металла на фоне напряженно-деформированного состояния. Предложено при оценке технического состояния и ресурса технологических трубопроводов использовать передаточную функцию — динамическую математическую модель объекта контроля, отражающую его эксплуатационные свойства. Эксплуатационные свойства трубопровода выражаются через механические, акустические, магнитные и электрические свойства материала, которые изменяются при изменении напряженно-деформированного состояния трубопровода, зарождении и развитии повреждений. Таким образом, передаточная функция позволяет оценивать текущее техническое состояние трубопровода.*

**Ключевые слова:** экспертиза промышленной безопасности, напряженно-деформированное состояние, поврежденность, передаточная функция, интегральный параметр безопасности.

*M. G. Bashirov, E. M. Bashirova, I. G. Yusupova.*

Ufa State Petroleum Technical University, Branch of the University in the City of Salavat

### **Improving the Operational Safety of Process Pipelines for Hydrocarbon Processing Units**

*The current state of ensuring the operational safety of technological pipelines of plants for the processing of hydrocarbon raw materials, the reasons for their failures, which can be accompanied by explosions and fires, the formation of mixtures that have a toxic effect on people and the environment. Insufficient efficiency of the methods and means for assessing their technical state, which are aimed at identifying already developed defects, the need to identify incipient defects in the metal structure against the background of a stress-strain state, are shown. It is proposed to use the transfer function, a dynamic mathematical model of the controlled object, reflecting its operational properties, when assessing the technical condition and resource of technological pipelines. The operational properties of the pipeline are expressed through the mechanical, acoustic, magnetic and electrical properties of the material, which change with a change in the stress-strain state of the pipeline, the initiation and development of damage. Thus, the transfer function makes it possible to assess the current technical condition of the pipeline.*

**Key words:** industrial safety expertise, stress-strain state, damage, transfer function, integral safety parameter.

**М. В. Клыков, Т. В. Алушкина**

Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате

alul@yandex.ru

### **Разработка технологических схем**

#### **по увеличению отбора вакуумного газойля**

*Анализ работы вакуумных колонн установок ЭЛОУ АВТ показал, что в ряде случаев полугудрон содержит до 30 % вакуумного газойля с температурой выкипания до 560°С. Выполнен сравнительный анализ трех вариантов углубления отбора тяжелого вакуумного газойля при ректификации мазута. Рассмотрена традиционная схема со снижением давления на верху вакуумной колонны, ректификация полугудрона без его нагрева после основной вакуумной колонны в дополнительной вакуумной колонне и ректификация мазута по двухколонной схеме, без нагрева мазута в первой колонне с отбором только легкого газойля и с нагревом полугудрона первой колонны с последующей ректификацией его во второй колонне, с отбором тяжелого вакуумного газойля. Проведен анализ работы вакуумной колонны установки вакуумной ректификации ЭЛОУ АВТ-6. Выполнено моделирование процесса в среде программного продукта Aspen HYSYS, теоретически доказана возможность увеличения отбора тяжелого вакуумного газойля в процессе глубоковакуумной ректификации гудрона. Рассмотрены достоинства и недостатки двухколонной вакуумной ректификации мазута. Предложено конструктивное оформление ректификационной колонны и устройства ввода сырья.*

**Ключевые слова:** тяжелый вакуумный газойль, глубина переработки, полугудрон, вакуумная колонна, насадка, моделирование.

*M. V. Klykov, T. V. Alushkina.*

Ufa State Petroleum Technical University, Branch of the University in the City of Salavat

### **Development of Technological Schemes**

#### **for Increasing the Selection of Vacuum Gas Oil**

*The analysis of the operation of the vacuum columns of the ELOU AVT units showed that in a number of cases the half-gas contains up to 30% of vacuum gas oil with a boiling point of up to 560 ° C. A comparative analysis of three options for deepening the selection of heavy vacuum gas oil during the distillation of fuel oil has been carried out. A traditional scheme with a pressure reduction at the top of the vacuum column, the rectification of a half-sludge without heating it after the main vacuum column in an additional its subsequent rectification in the second column, with the selection of heavy vacuum gas oil. The analysis of the operation of the vacuum column of the vacuum rectification unit ELOU AVT-6 was carried out. The process was simulated in the environment of the software product Aspen HYSYS, the possibility of increasing the selection of heavy vacuum gas oil in the process of deep vacuum rectification of tar was theoretically proved. The advantages and disadvantages of two-column vacuum distillation of fuel oil are considered. Structural design of the rectification column and raw material input device is proposed.*

**Key words:** heavy vacuum gas oil, processing depth, flux-oil, vacuum column, pressure, nozzle, modeling.

**Р. Г. Хасанов, Т. В. Алушкина, М. В. Клыков**

Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате

ugntu.khas@yandex.ru

### **Каталитический пиролиз вакуумного газойля**

*Проведены исследования по термическому и каталитическому пиролизу вакуумного газойля в реакторе проточного типа. Выявлены основные закономерности по выходу целевых продуктов процесса — этилена, пропилена и бутиленов. Описано влияние катализатора на изменение условий каталитического пиролиза по сравнению с термическим пиролизом. Предложена математическая модель процесса.*

**Ключевые слова:** пиролиз, катализатор, олефины, этилен, пропилен, вакуумный газойль, математическая модель.

*R. G. Khasanov, T. V. Alushkina, M. V. Klykov.*

Ufa State Petroleum Technical University, Branch of the University in the City of Salavat

### **Catalytic Pyrolysis of Vacuum Gas Oil**

*Studies of thermal and catalytic pyrolysis of vacuum gas oil in a flow-type reactor have been carried out. The main regularities in the yield of the target products of the process – ethylene, propylene and butylenes – are revealed. The influence of the catalyst on the change in the conditions of catalytic pyrolysis in comparison with thermal pyrolysis is described. A mathematical model of the process is proposed.*

**Key words:** pyrolysis, olefins, ethylene, propylene, catalyst, vacuum gas oil, mathematical model.

***Р. Г. Хасанов, Н. М. Захаров, Р. Р. Газиев***

Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате

ugntu.khas@yandex.ru

### **Некоторые закономерности термоконтактного пиролиза пропана**

*Для сопоставления равновесных выходов продуктов пиролиза и реальных кинетических данных проведены исследования по термоконтактному пиролизу пропана. Для определения равновесных выходов продуктов пиролиза использовался метод минимизации энергии системы, преимуществом которого является необходимость знания только начального и конечного состава компонентов реакционной системы. Показана возможность прогнозирования выходов продуктов пиролиза пропана с помощью расчётных равновесных термодинамических выходов. Показано, что точность расчётных данных зависит от задаваемых в начале расчёта образующихся в ходе пиролиза компонентов пирогаза. Установлено, что реальные концентрации продуктов пиролиза в пирогазе могут быть как выше, так и ниже расчётных равновесных концентраций, что будет свидетельствовать только о достижении или не достижении равновесного состояния системы в ходе процесса. Данный способ можно применять для пиролиза других углеводородов с целью предварительной оценки максимально возможных выходов продуктов в ходе процесса.*

**Ключевые слова:** пиролиз, пропан, этилен, пропилен, кинетика, термодинамика, прогнозирование выходов.

*R. G. Khasanov, N. M. Zakharov, R. R. Gaziev.*

Ufa State Petroleum Technical University, Branch of the University in the City of Salavat

### **Some Regularities of Thermocontact Pyrolysis of Propane**

*To compare the equilibrium yields of pyrolysis products and real kinetic data, studies on the thermal contact pyrolysis of propane were carried out. To determine the equilibrium yields of pyrolysis products, the method of minimizing the energy of the system was used, the advantage of which is the need to know only the initial and final composition of the components of the reaction system. The possibility of predicting the yields of propane pyrolysis products using calculated equilibrium thermodynamic yields is shown. It is shown that the accuracy of the calculated data depends on the pyrogas components formed during pyrolysis specified at the beginning of the calculation. It is established that the actual concentrations of pyrolysis products in the pyrogas can be both higher and lower than the calculated equilibrium concentrations, which will only indicate that the equilibrium state of the system is reached or not reached during the process. This method can be used for pyrolysis of other hydrocarbons for the purpose of preliminary assessment of the maximum possible yields of products during the process.*

**Key words:** *pyrolysis, propane, ethylene, propylene, kinetics, thermodynamics, yield prediction.*

**П. В. Кугатов, Б. С. Журнов, А. Е. Еременко**

Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате  
kugpv@mail.ru

**Исследование зависимости температуры размягчения от содержания мезофазы  
в нефтяных пеках, полученных из тяжелой пиролизной смолы и декантоиля**

*Получены образцы нефтяных пеков из тяжелой пиролизной смолы и декантоиля (тяжелого газойля каталитического крекинга) путем термополиконденсации при атмосферном давлении, температуре 380–400 и 410–440°C (для смолы и декантоиля соответственно) и продолжительности изотермической выдержки 30–480 мин. Анализ зависимости температуры размягчения от содержания мезофазы для полученных образцов показал, что при одинаковом содержании мезофазы пеки из декантоиля проявляют более низкую температуру размягчения по сравнению с пеками из пиролизной смолы, для которых уже при 30% мезофазы температура размягчения приближается к 300°C. Это говорит о невозможности получения пеков из смолы пиролиза с высоким содержанием мезофазы без предварительной подготовки. С другой стороны, показано, что для пеков из декантоиля возможно выделение мезофазы вплоть до 65% и более с температурой размягчения не выше 250°C.*

**Ключевые слова:** нефтяной пек, мезофазный пек, температура размягчения, мезофаза, тяжелая смола пиролиза, декантоиль.

*P. V. Kugatov, B. S. Zhirnov, A. E. Eremenko.*

Ufa State Petroleum Technical University, Branch of the University in the City of Salavat

**Study of Dependence of Softening Point on Mesophase Content  
of Petroleum Pitches from Heavy Pyrolysis Resin and Decantoil**

*Samples of petroleum pitches were obtained from heavy pyrolysis resin and decantoil (heavy gas-oil of catalytic cracking) by thermal polycondensation at atmospheric pressure, temperatures of 380–400 and 410–440°C (for resin and decantoil, respectively) and isothermal holding time of 30–480 min. Analysis of the dependence of the softening point on the mesophase content for the obtained samples showed that at the same mesophase content, decantoil pitches exhibit a lower softening point compared to pyrolysis resin pitches, for which, even at 30 % mesophase, the*

*softening point approaches 300°C. This suggests that it is impossible to obtain pitch from pyrolysis resin with a high mesophase content without preliminary preparation (for example, by hydrogenation). On the other hand, it has been shown that for pitches from decantoil, it is possible to isolate the mesophase up to 65% or more with a softening point not higher than 250°C.*

**Key words:** *petroleum pitch, mesophase pitch, softening point, mesophase, heavy pyrolysis resin, decantoil.*

**A. В. Сусликов, Б. С. Жирнов, Ф. Р. Муртазин**

Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате

suslikov-1991@mail.ru

### **Исследование кинетических закономерностей взаимодействия нефтяного кокса с фосфогипсом до сульфида кальция**

*В данной работе описаны результаты исследования реакции нефтяного кокса и фосфогипса ( $\text{CaSO}_4$ ) и методика, использованная для этого. В ходе выполнения работы были подготовлены стехиометрические смеси нефтяного кокса и фосфогипса. Нефтяной кокс предварительно измельчался, просеиванием выделялась необходимая фракция (0,25–0,315 мм) и просушивалась при температуре 110°C. Образец фосфогипса также измельчался, просеиванием выделялась аналогичная фракция и подвергалась предварительной термической обработке при температурах от 100 до 200°C до постоянной массы. Приготовленные навески смесей подвергали термическому воздействию в диапазоне температур от 900 до 1000°C, характерных для протекания одной из стадий взаимодействия фосфогипса с коксами, а именно его разложение до сульфида кальция и углекислого газа. Для различных температур реагирования получены зависимости скорости и степени превращения исходных материалов от времени. В результате обработки соответствующих зависимостей определены константы скорости реакции, рассчитана энергия активации процесса.*

**Ключевые слова:** нефтяной кокс, коксовая мелочь, утилизация отходов, топохимические реакции, фосфогипс, цемент.

*A. V. Suslikov, B. S. Zhirnov, F. R. Murtazin.*

Ufa State Petroleum Technical University, Branch of the University in the City of Salavat

### **Investigation of the Kinetic Regularities of the Interaction of Petroleum Coke with Phosphogypsum to Calcium Sulfide**

*This study describes the research results of petroleum coke (carbon) and phosphogypsum reaction and the methods used for the above. Stoichiometric petroleum coke and phosphogypsum mixtures were prepared for the study. The coke was cut and screened with particle size distribution of 0.25-0.315 mm and dried at 110 °C temperature. The phosphogypsum sample was also cut and screened with the same particle size and was pre-heated within the 100-200 °C range up to permanent mass. The weighed samples were heated within 900 till 1000 °C, the range being typical to one of reaction stages between coke and phosphogypsum, i.e. the decomposition reaction with the products of calcium sulfide and carbon dioxide. The extend and rate of samples conversion and their time correlations were obtained for the number of reaction temperatures. Reaction rate constant and activating energy were calculated based on this correlations results.*

**Key words:** *petroleum coke, coke fines, waste disposal, topochemical reactions, phosphogypsum, cement.*

**Э. К. Аминова, В. В. Фомина**

Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате

k.elmira.k@yandex.ru

### **Соли сульфатированных амидов олеиновой кислоты как ингибиторы кислотной коррозии**

*Данная работа является продолжением в серии исследований получения ингибиторов кислотной коррозии на основе карбоновых кислот. Разработана методика синтеза ингибиторов кислотной коррозии на основе амидов олеиновой кислоты. Для повышения ее ингибирующих свойств проведены несколько синтезов. На первой стадии к олеиновой кислоте были добавлены аминоспирты, далее полученные соединения были сульфированы серной кислотой. Для расширения поля различных ингибиторов, проведены реакции с основаниями. В результате получены соли сульфатированных амидов олеиновой кислоты синтезированной с аминоспиртами, серной кислоты и водных растворов оснований. Для установления эффективности полученных соединений проведена оценка защитной способности в разбавленной соляной кислоте. Установлено, что некоторые полученные вещества проявляют соответствующие свойства ингибиторов, при этом наиболее эффективным является аммонийная соль сульфатированного диэтанламида олеиновой кислоты.*

**Ключевые слова:** олеиновая кислота, ингибиторы коррозии, амиды, аминоспирты, кислотная коррозия.

*E. K. Aminova, V. V. Fomina.*

Ufa State Petroleum Technical University, Branch of the University in the City of Salavat

### **Salts of Sulfated Oleic Acid Amides as Acid Corrosion Inhibitors**

*This work is a continuation in a series of studies on the preparation of acid corrosion inhibitors based on carboxylic acids. A method of synthesis of acid corrosion inhibitors based on oleic acid amides has been developed. Several syntheses have been carried out to increase its inhibitory properties. The substances were obtained in several stages. At the first stage, amino alcohols were added to the OA, then the resulting compounds were sulfonated with sulfuric acid. To expand the field of various inhibitors, reactions with bases are produced. As a result, salts of sulfated amides of oleic acid synthesized with amino nitrates, sulfuric acid and aqueous solutions of bases were formed. To establish the effectiveness of the compounds obtained, the protective ability in dilute hydrochloric acid was evaluated. It is established that some of the obtained substances exhibit the corresponding properties of inhibitors. In this case, the most effective is the ammonium salt of sulfated diethanolamide oleic acid.*

**Key words:** *oleic acid, corrosion inhibitors, amides, amino alcohols, acid corrosion.*

**Н. Г. Евдокимова, Н. А. Егорова, Н. Н. Лунева**

Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате

ruskih1.r@yandex.ru

### **Определение прочностных характеристик битумоминеральных смесей**

*В работе представлены результаты по разработке и апробации лабораторной методики определения прочностных характеристик битумоминеральных смесей на прочномере Линтел ПК-21-01. Выбраны условия проведения испытания битумоминеральных смесей на прочность. Показана зависимость между показателем адгезии битума и пределом прочности при сжатии образцов битумоминеральных смесей на его основе, определенном по разработанной методике. Установлено снижение прочностных и адгезионных свойств вяжущего с увеличением содержания полимера марки DST-30-01 в битуме. Предложено на основе стандартизированных методов испытания битумов и разработанной методики определения прочностных характеристик битумоминеральных смесей оценивать возможность выполнения исследований для разработки новых видов битумной продукции, разрабатывать различные технологии производства и подбирать оптимальные параметры его получения.*

**Ключевые слова:** битум, битумоминеральная смесь, сила разрушения, предел прочности, адгезия, полимерсодержащих битум.

*N. G. Evdokimova, N. A. Egorova, N. N. Luneva.*

Ufa State Petroleum Technical University, Branch of the University in the City of Salavat

### **Determination of the Strength Characteristics of Bituminous-Mineral Mixtures**

*The paper presents the results of the development and testing of a laboratory method for determining the strength characteristics of bitumen-mineral mixtures on the Lintel PK-21-01 strength meter. The conditions for testing the strength of bitumen-mineral mixtures are selected. The dependence between the bitumen adhesion index and the compressive strength of samples of bitumen-mineral mixtures based on it, determined according to the developed method, is shown. A decrease in the strength and adhesive properties of the binder was found with an increase in the content of the DST-30-01 polymer in bitumen. It is proposed to evaluate the possibility of performing research for the development of new types of bitumen products, to develop various production technologies and to select the optimal parameters for its production on the basis of standardized methods of testing bitumen and the developed methodology for determining the strength characteristics of bitumen-mineral mixtures.*

**Key words:** bitumen, bituminous mixture, breaking strength, tensile strength, adhesion, polymer-containing bitumen.

**И. Н. Михольская<sup>1</sup>, Е. А. Данилова<sup>2</sup>, Н. С. Осинская<sup>2</sup>, А. А. Борисова<sup>1</sup>, В. В. Спаскова<sup>1</sup>, Б. С. Жирнов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате,

<sup>2</sup>Институт ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан, г. Ташкент

colbine@mail.ru

### **Мониторинг экосистемы вблизи градообразующих предприятий нефтепереработки и нефтехимии**

*Методом нейтронно-активационного анализа проведено комплексное исследование поверхностного слоя почв, питьевой (водопроводной) воды и как показателя техногенной нагрузки на организм человека – волос жителей города Салават. Показано, что в поверхностном слое почвы, повышено содержание таких элементов как мышьяк, кальций, кобальт, хром, никель, торий, уран, цинк, большая часть из которых используется в органическом синтезе. В водопроводной воде выше предельно допустимых значений обнаружено содержание железа, марганца, никеля. Анализ волос жителей города выявил группы риска по*

некоторым заболеваниями: по сердечно-сосудистым заболеваниям (74%); по заболеваниям желудочно-кишечного тракта (71%) и др., что свидетельствует о неблагоприятной экологической ситуации.

**Ключевые слова:** микроэлементы, нейтронно-активационный анализ, почва, водопроводная вода.

*I. N. Mikholskaya<sup>1</sup>, E. A. Danilova<sup>2</sup>, N. S. Osinskaya<sup>2</sup>, A. A. Borisova<sup>1</sup>, V. V. Spaskova<sup>1</sup>, B. S. Zhirnov<sup>1</sup>.*

<sup>1</sup>Ufa State Petroleum Technical University, Branch of the University in the City of Salavat,

<sup>2</sup> Institute of Nuclear Physics Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent

### **Ecosystem Monitoring near the City-Forming Enterprises of Oil Refining and Petrochemicals**

*A comprehensive study of the surface layer of soils, drinking (tap) water, and the hair of the residents of the city of Salavat as an indicator of the anthropogenic load on the human body was carried out by the method of neutron activation analysis. It is shown that in the surface layer of the soil, the content of As, Ca, Co, Cr, Ni, Th, U, Zn is increased, most of which are used in organic synthesis. In tap water above the maximum permissible concentrations, the contents of Fe, Mn, Ni were found. The analysis of the hair of residents of the city revealed risk groups for some diseases: for cardiovascular diseases (74%); for diseases of the gastrointestinal tract (71%), etc., which indicates a poor environmental situation.*

**Key words:** trace elements, neutron activation analysis, soil, tap water.

***E. A. Захарова, Н. А. Лихачева***

Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате

sacharova\_08@mail.ru

### **Оценка экологической эффективности нефтеперерабатывающих производств**

*Проанализированы критерии оценки экологической эффективности и механизмы отбора экологических индикаторов. Предложено использовать новый критерий — интенсивность выбросов парниковых газов, который определяет соотношение объема выбросов парниковых газов и результата деятельности организации. Результаты оценки экологической эффективности позволяют оценить экологические риски, выработать пути снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду и разработать перспективные планы развития производства с учетом возможных изменений в состоянии окружающей среды в регионе нефтеперерабатывающего производства.*

**Ключевые слова:** экологическая эффективность, нефтеперерабатывающее производство, экологические индикаторы, парниковые выбросы, загрязнение окружающей среды.

*E. A. Zakharova, N. A. Likhacheva.*

Ufa State Petroleum Technical University, Branch of the University in the City of Salavat

### **Assessment of the Environmental Efficiency of Oil Refineries**

*The criteria for assessing environmental efficiency and mechanisms for selecting environmental indicators are analyzed. It is proposed to use a new criterion - the intensity of greenhouse gas emissions, which determines the ratio of the volume of greenhouse gas emissions and the result of the organization's activities. The results of the environmental efficiency assessment allow us to assess environmental risks, work out ways to reduce the*

*anthropogenic load on the environment and develop long-term production development plans, taking into account possible changes in the state of the environment in the region of oil refining production.*

**Key words:** *environmental efficiency, oil refining, environmental indicators, greenhouse emissions, environmental pollution.*

***Н. А. Лухачева, Е. А. Захарова***

Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате  
likhacheva\_n@mail.ru

**Исследование детоксицирующей способности окисленных гуминовых веществ  
в условиях нефтяного загрязнения почв**

*В статье представлены результаты исследований по окислительной модификации гуминовых веществ бурого угля Тюльганского месторождения. Изучен детоксицирующий эффект полученных веществ по отношению к нефтяным углеводородам с использованием метода биотестирования. В ходе оценки обнаружено заметное возрастание детоксицирующей способности в результате химической модификации гуминовых веществ. Наибольший детоксицирующий эффект по отношению к нефтяному загрязнению почвы был отмечен для модифицированных окислением гуминовых веществ и составил 19 и 42% при дозах 0,01 и 0,1% мас. соответственно. Детоксицирующий эффект нативных гуминовых веществ значительно ниже: 9 и 2% при дозах 0,01% и 0,1% мас. соответственно. Таким образом, показана перспективность использования окисленных гуминовых веществ в качестве сорбентов-детоксикантов при проведении фиторемедиации нефтезагрязненной почвы.*

**Ключевые слова:** *бурый уголь, гуминовые вещества, детоксицирующий эффект, метод биотестирования, нефтяное загрязнение почв, окисление, уровень детоксикации, химическая модификация.*

*N. A. Likhacheva, E. A. Zaharova.*

Ufa State Petroleum Technical University, Branch of the University in the City of Salavat

**Study of Detoxifying Ability of Oxidized Humic Substances  
under the Conditions of Oil Pollution of Soils**

*The article presents the results of research on the oxidative modification of humic substances of brown coal of the Tyulgan deposit. The detoxifying effect of the obtained substances in relation to petroleum hydrocarbons was studied using the bioassay method. During the evaluation, a noticeable increase in the detoxifying ability was found in the result of chemical modification of humic substances. The greatest detoxifying effect in relation to oil pollution of the soil was observed for humic substances modified by oxidation and amounted to 19 and 42% at doses of 0.01 and 0.1% by weight. accordingly. The detoxifying effect of native humic substances is significantly lower: 9 and 2 % at doses of 0.01% and 0.1% by weight. accordingly. Thus, the prospects of using oxidized humic substances as sorbents-detoxicants during phytoremediation of oil-contaminated soil are shown.*

**Key words:** *brown coal, humic substances, detoxifying effect, bioassay method, oil pollution of soils, oxidation, detoxification level, chemical modification.*