

# Химия и технология топлив и масел

## 1 (575) '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

**Альтернативное сырье**  
*М. С. Котелев, И. А. Антонов,*  
*А. В. Бескоровайный, В. А. Винокуров.* 3

Оптимизация режима работы фотобиореактора для синтеза высокоэнергетической биомассы цианобактерий с целью получения биотоплив третьего поколения

### ТЕХНОЛОГИЯ

*С. К. Чуракова, И. Д. Нестеров, К. Ф. Богатых.* 6  
Способы снижения энергозатрат на стадии частичного отбензинивания нефти

### ХИММОТОЛОГИЯ

*А. Л. Чудиновских, В. Л. Лашхи, В. Г. Спиркин.* 10  
Выбор информативных характеристик моторного масла для оценки его работоспособности

### ИССЛЕДОВАНИЯ

*Сяоху Дун, Хуицин Лю, Чжаньси Пан.* 13  
Моделирование и кинетика процесса низкотемпературного окисления легкой нефти

*Л. М. Петрова, Н. А. Аббакумова, Д. Н. Борисов,*  
*М. Р. Якубов, И. М. Зайдуллин, Г. В. Романов.* 18  
Взаимосвязь флоккуляции, осаждения и строения фракций асфальтенов

*Мяо Тун, Цзу Шеньгуй, Хэ Цзэсяо, Лю Хуи,*  
*Ли Юся, Чжоу Фэн, Ци Вэйцзянь.* 22  
Влияние модифицирования цеолита Cu<sup>+</sup>-13X лантаном на динамическую конкурирующую адсорбцию 3-метилтиофена и бензотиофена

*Н. К. Кондрашева.* 27  
Получение компонентов судовых топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами

*А. А. Мухамедзянова, Ю. А. Лебедев,*  
*А. Н. Чувыров, А. Т. Мухамедзянов.* 31  
Изменение молекулярной структуры компонентов изотропных фракций нефтяных пеков в процессе термополиконденсации

### МЕТОДЫ АНАЛИЗА

*Р. В. Архипов, Б. И. Гизатуллин, А. В. Шкаликов,*  
*О. Е. Куракина, О. А. Туранова, В. К. Козлов, А. Н. Туранов.* 37  
Исследование трансформаторного масла методами ядерной магнитной релаксации и Z-сканирования

### ЭКОЛОГИЯ

*Р. Ш. Суфиянов, Я. С. Мухтаров, Р. М. Фатхутдинова.* 41  
Оценка эффективности процесса экстрагирования углеводов из нефтезагрязненных грунтов

*Дун Цунь, Ма Сяолань, Ли Цзинцзе.* 44  
Очистка водоносных горизонтов от ароматических углеводов путем их окисления в сочетании с диссимилиационным бактериальным восстановлением железа

### ОХРАНА ТРУДА

*В. И. Глазунов, А. Б. Магид, Э. Р. Ахмадиева.* 50  
Расчетная оценка шумового воздействия предприятия на прилегающую территорию

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ. Новые решения в нефтепереработке

*С. Е. Бабаш, П. О. Гуськов, Г. Е. Амеличкина,*  
*С. Ю. Коновалов, А. Г. Остахов, Д. С. Соколов.* 53

Повышение эффективности работы печных блоков этиленовых производств за счет паро-воздушного декоксования закалочно-испарительных аппаратов

### ИНФОРМАЦИЯ

Круглый стол, посвященный 75-летию со дня рождения И. Г. Фукса 55

К юбилею Ахмета Мазгаровича Мазгарова 56

# Chemistry and Technology of Fuels and Oils

# 1 (575) '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

#### Alternative Feedstock

- M. S. Kotelev, I. A. Antonov, A. V. Beskorovainyi, and V. A. Vinokurov.* 3  
Photobioreactor Operating Condition Optimization  
for High-Energy Cyanobacterial Biomass Synthesis  
to Produce Third-Generation Biofuels

### TECHNOLOGY

- S. K. Churakova, I. D. Nesterov, and K. F. Bogatykh.* 6  
Methods of Reducing Energy Consumption  
at the Partial Crude Oil Topping Stage

### CHEMMOTOLOGY

- A. L. Chudinovskikh, V. L. Lashkhi, and V. S. Spirkin.* 10  
Selection of Informative Characteristics  
of Lube Oil for Evaluating Its Performance

### RESEARCH

- Xiaohu Dong, Huiqing Liu, and Zhanxi Pang.* 13  
Combustion Kinetics of Light Crude Oil:  
Models for Low-Temperature Oxidation

- L. M. Petrova, N. A. Abbakumova, D. N. Borisov,  
M. R. Yakubov, I. M. Zaidullin, and G. V. Romanov.* 18  
Interrelation of Flocculation, Precipitation,  
and Structure of Asphaltene Fractions

- Miao Tong, Ju Shengui, He Zexiao, Liu Hui,  
Li Yuxia, Zhou Feng, and Qi Weijian.* 22  
Effect of Cu<sup>+</sup>-13x Zeolite Modification by La  
on Dynamic Competitive Adsorption  
of 3-Methyl-Thiophene and Benzothiophene

- N. K. Kondrasheva.* 27  
Production of Marine Oil Components  
with Improved Low-Temperature Properties

- A. A. Mukhamedzyanova, Yu. A. Lebedev,  
A. N. Chuvyrov, and A. T. Mukhamedzyanov.* 31  
Change in Molecular Structure of Components of Isotropic  
Petroleum Pitch Fractions in Thermopolycondensation Process

### METHODS OF ANALYSIS

- R. V. Arkhipov, B. I. Gizatullin, A. V. Shkalikov,  
O. E. Kurakina, O. A. Turanova, V. K. Kozlov, and A. N. Turanov.* 37  
Investigation of Transformer Oil  
by Nuclear Magnetic Relaxation and Z-Scanning Methods

### ECOLOGY

- R. Sh. Sufiyanov, Ya. S. Mukhtarov, and R. M. Fatkhutdinova.* 41  
Determination of the Effectiveness of Hydrocarbon Extraction  
from Oil-Contaminated Soils

- Dong Jun, Ma Xiaolan, Li Jingjie.* 44  
Oxidation of BTEX Coupled with Bacterial Dissimilatory  
Iron Reduction in Subsurface Environment

### LABOR PROTECTION

- V. I. Glazunov, A. B. Magid, and E. R. Akhmedieva.* 50  
Computational Assessment of the Impact  
of Industrial Noise on Neighboring Area

### BRIEF COMMUNICATIONS

#### New Solutions in Oil Refining

- S. E. Babash, P. O. Gus'kov, G. E. Amelichkina,  
S. Yu. Konovalov, A. G. Ostakhov, and D. S. Sokolov.* 53  
Enhancing Operational Efficiency of Oven Trains of Ethylene Plants  
by Vapor-Air Decoking of Quenching-Vaporizing Apparatuses

### INFORMATION

- Round Table Dedicated to 75th Birthday of I. G. Fuks 55  
Anniversary of Akhmet Mazgarovich Mazgarov 56

**М. С. Котелев, И. А. Антонов, А. В. Бескорвайный, В. А. Винокуров**

РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ФОТОБИОРЕАКТОРА ДЛЯ СИНТЕЗА ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БИОМАССЫ ЦИАНОБАКТЕРИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТОПЛИВ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Исследованы особенности культивирования двух штаммов термофильных цианобактерий *Mastigocladus laminosus* и *Anabaena variabilis* в фотобиореакторе в отливно-доливном режиме. Изучены зависимости скорости роста и времени удвоения концентрации биомассы от содержания диоксида углерода в подаваемом воздухе, оптимизирован состав культуральной среды. Показано, что использование водопроводной воды с добавлением макро- и микроэлементов вместо аналогичной питательной среды на основе дистиллированной воды обеспечивает бóльшую скорость роста биомассы. Минимальное время удвоения количества биомассы обоих испытанных штаммов было достигнуто при содержании 4% об. диоксида углерода в подаваемом воздухе и составило 0,9 сут. для *Mastigocladus laminosus* и 1,1 сут. для *Anabaena variabilis*.

**Ключевые слова:** биотопливо третьего поколения, фотобиореактор, цианобактерии, биомасса.

The distinctive features of cultivation of two strains of thermophilic cyanobacteria, *Mastigocladus laminosus* and *Anabaena variabilis*, in a pouring-off-filling-up type of photobioreactor are investigated. The dependence of the biomass growth rate and concentration doubling time on the carbon dioxide content in the injected air is studied and the culture medium composition is optimized. It is shown that tap water added with macro- and microelements, instead of analogous distilled water based nutrient medium, facilitates faster biomass growth. The minimum biomass doubling time is 0.9 day for *Mastigocladus laminosus* and 1.1 days for *Anabaena variabilis* when the carbon dioxide content in the injected air is 4 vol. %.

**Key words:** third-generation biofuel, photobioreactor, cyanobacteria, biomass.

**С. К. Чуракова, И. Д. Нестеров, К. Ф. Богатых**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

## СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА СТАДИИ ЧАСТИЧНОГО ОТБЕНЗИНИВАНИЯ НЕФТИ

С учетом данных, полученных при обследовании двух промышленных установок первичной переработки нефти в ОАО «Орскнефтеоргсинтез», методом математического моделирования выполнен сравнительный анализ энергозатрат на стадии частичного отбензинивания при различных схемах работы перекрестноточной насадочной колонны К-1. Показано, что эксплуатация колонны К-1 с двухуровневым вводом потоков обессоленной нефти по сравнению с использованием «горячей струи» обеспечивает значительное снижение энергозатрат на фракционирование нефти при повышении отбора бензиновой фракции с требуемой температурой конца кипения.

**Ключевые слова:** отбензинивание нефти, бензиновая фракция, ректификационная колонна, перекрестноточная насадка, способы теплоподвода, математическое моделирование, энергозатраты.

Based on the data obtained in test runs of two industrial-scale primary crude oil refining plants at ОАО Orsknefteorgsintez (Open Joint-Stock Company Orsk Oil Refining and Organic Synthesis), a comparative analysis of energy consumptions at the partial topping stage in various versions of operation of a K-1 type of cross-current packed column is performed using mathematical modeling method. It is shown that use of K-1 column with feeding of desalted oil streams at two levels reduces energy consumption for oil fractionation with greater extraction of gasoline fraction having the required final boiling point much more than by use of “hot stream”.

**Key words:** crude oil topping, gasoline fraction, fractionating column, cross-current packing, heat supply methods, mathematical modeling, energy consumptions.

*А. Л. Чудиновских, В. Л. Лаихи, В. Г. Спиркин*

ЗАО «НАМИ-ХИМ»,

РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

## ВЫБОР ИНФОРМАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНОГО МАСЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЕГО РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Предложен подход к определению изменения качества моторного масла при его работе в двигателе внутреннего сгорания, основанный на использовании положений неравновесной термодинамики для описания процесса старения масла. Показано, что основной характеристикой процесса старения масла в двигателе является кислотное число, а также содержание в масле твердой фазы.

**Ключевые слова:** моторное масло, двигатель внутреннего сгорания, кислотное число, энтропия.

An approach based on the use of the postulates of nonequilibrium thermodynamics for describing oil aging process is proposed for determining the change in the quality of lube oil performance in internal combustion engine. It is shown that the basic characteristics of the oil aging process in the engine are the acid number and the solid phase content in the oil.

**Key words:** lube oil, internal combustion engine, acid number, entropy.

*Сяоху Дун, Хуицин Лю, Чжаньси Пан*

МОЕ Key Laboratory of Petroleum Engineering in China University of Petroleum (Beijing, China)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И КИНЕТИКА ПРОЦЕССА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛЕГКОЙ НЕФТИ

Посредством физического моделирования исследовано поведение различных нефтей в процессе низкотемпературного окисления. С уменьшением содержания нефти в породе количество поглощенного в реакции кислорода снижается. Выявлено, что содержание в нефти ароматических углеводородов в значительной степени влияет на скорость процесса окисления. Уравнение Аррениуса для расчета кинетических параметров реакции дорабатывали с учетом содержания ароматических углеводородов в нефти.

**Ключевые слова:** легкая нефть, нагнетание воздуха, горение нефти, низкотемпературное окисление, кинетика реакции.

Air injection into water-flooded light crude oil reservoirs has been proved to be a potential technique for improving oil recovery. The low-temperature oxidation (LTO) properties of different types of light crude oils are studied using physical simulation method. The amount of oxygen absorbed in the reaction is found to diminish with diminution of the oil content in the oil-bearing rock. It is shown that the aromatic hydrocarbon content in the oil exerts considerable influence on the oxidation rate. The Arrhenius equation used for analyzing the reaction kinetics parameters is improved taking account of the aromatic hydrocarbon content in the oil.

**Key words:** light crude oil, air injection, oil combustion, low-temperature oxidation, reaction kinetics.

*Л. М. Петрова, Н. А. Аббакумова, Д. Н. Борисов, М. Р. Якубов, И. М. Зайдуллин, Г. В. Романов*

Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ФЛОККУЛЯЦИИ, ОСАЖДЕНИЯ И СТРОЕНИЯ ФРАКЦИЙ АСФАЛЬТЕНОВ

На примере асфальтенов двух тяжелых нефтей показано, что характер протекания процессов флоккуляции и осаждения асфальтенов согласуется с различием в содержании фракций А1 и А2 асфальтенов и особенностями строения этих фракций. Показано, что флоккуляция и осаждение асфальтенов имеют место для фракции А1 и не характерны для фракции А2 при одинаковом отношении *n*-гептан : толуол. Отличия молекулярной структуры фракции А1 от фракции А2

заклучаются в большей ароматичности, меньшем содержании боковых алкильных цепей и гетероатомов, более высокой молекулярной массе.

**Ключевые слова:** флоккуляция асфальтенов, устойчивость асфальтенов, УФ-спектрофотометрия, фракции асфальтенов, тяжелая нефть, ароматичность.

Using asphaltenes of two heavy crude oils as examples, it is shown that the pattern of occurrence of asphaltene flocculation and precipitation processes concurs with the difference in the content of A1 and A2 asphaltene fractions and the structural peculiarities of these fractions. It is shown that flocculation and precipitation are usual for fraction A1, but not typical for fraction A2 at identical *n*-heptane/toluene ratio. The difference in the molecular structures of A1 from A2 consists in greater aromaticity, lower content of side alkyl chains and heteroatoms, and higher molecular weight.

**Key words:** asphaltene flocculation, stability of asphaltenes, UV spectrophotometry, asphaltene fractions, heavy crude oil, aromaticity.

*Мяо Тун, Цзу Шеньгуй, Хэ Цзэсяо, Лю Хуи, Ли Юся, Чжоу Фэн, Ци Вэйцзянь*

Nanjing University of Technology (Nanjing, China)

#### ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЦЕОЛИТА $\text{Cu}^+$ -13X ЛАНТАНОМ НА ДИНАМИЧЕСКУЮ КОНКУРИРУЮЩУЮ АДСОРБЦИЮ 3-МЕТИЛТИОФЕНА И БЕНЗОТИОФЕНА

Методом ионного обмена приготовлены цеолитные сорбенты  $\text{Cu}^+$ -13X и  $\text{La/Cu}^+$ -13X. Исследована динамическая адсорбция 3-метилтиофена и бензотиофена в неподвижном слое адсорбентов. Выявлено, что введение редкоземельного элемента в состав цеолита 13X увеличивает его емкость и селективность адсорбции соединений серы, а также ослабляет адсорбционную конкуренцию. Изучено влияние на параметры адсорбции высоты слоя адсорбента, расхода сырья и продолжительности контактирования жидкой фазы и адсорбента.

**Ключевые слова:** редкоземельный элемент, динамическая адсорбция, цеолит 13X, 3-метилтиофен, бензотиофен.

The zeolite sorbents  $\text{Cu}^+$ -13X and  $\text{La/Cu}^+$ -13X were prepared by ion-exchange method. An investigation was made of dynamic adsorption of 3-methyl-thiophene and benzothiophene on fixed beds of the adsorbents. It was found that introduction of the rare-earth element La into 13X zeolite promotes its 3-methyl-thiophene and benzothiophene adsorption capacity and selectivity and reduces adsorption competition. The best results are obtained if the adsorbent bed height is 14 cm, feed rate is 14 ml/h, and the liquid phase and adsorbent contact time is 30 min.

**Key words:** rare-earth element, dynamic adsorption, 13X zeolite, 3-methyl-thiophene, benzothiophene.

*Н. К. Кондрашева*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» (г. Санкт-Петербург)

#### ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ СУДОВЫХ ТОПЛИВ С УЛУЧШЕННЫМИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Исследована эффективность сополимерных депрессорных присадок в нефтяных фракциях прямогонного и деструктивного происхождения: прямогонной дизельной фракции 180–350°C, масляной фракции 275–400°C и экстракте ее селективной очистки, вакуумных газойлях, продуктах замедленного коксования и каталитического крекинга. Показана возможность получения судовых топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами введением в указанные фракции сополимерных присадок в оптимальных концентрациях.

**Ключевые слова:** депрессорная присадка, судовое топливо, температура застывания, твердые парафины, низкозастывающие нефтепродукты.

The effectiveness of copolymer depressing dopants in straight-run and degraded oil fractions, namely, 180–350°C straight-run diesel fraction, 275–400°C oil fraction and extract of its selective purification, vacuum gas oils, and products of delayed coking and catalytic cracking is investigated. It is shown that marine oils with improved low-temperature properties can be obtained by adding to these fractions copolymer depressing dopants in optimal concentrations.

**Key words:** depressing dopant, marine oil, pour point, solid paraffins, low-congealing oil products.

*А. А. Мухамедзянова, Ю. А. Лебедев, А. Н. Чувывров, А. Т. Мухамедзянов*

Башкирский государственный университет,

Институт физики молекул и кристаллов УНЦ РАН

#### ИЗМЕНЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ КОМПОНЕНТОВ ИЗОТРОПНЫХ ФРАКЦИЙ НЕФТЯНЫХ ПЕКОВ В ПРОЦЕССЕ ТЕРМОПОЛИКОНДЕНСАЦИИ

Методами флуоресцентной и УФ-спектроскопии исследовано влияние температуры и продолжительности термообработки на процесс образования мезофазы при термополиконденсации изотропного нефтяного пека. Установлена молекулярная структура основных компонентов изотропной фракции нефтяных пеков. Показано, что применение УФ-спектроскопии для анализа нефтяных многокомпонентных систем малоэффективно, в то время как флуоресцентная спектроскопия позволяет изучать механизм молекулярных трансформаций при мезофазных превращениях в нефтяных пеках.

**Ключевые слова:** нефтяной пек, флуоресценция, УФ-спектроскопия, молекулярная структура, мезофазные превращения, термополиконденсация.

The effect of heat treatment temperature and time on the mesophase formation process in thermopolycondensation of isotropic petroleum pitch is studied by fluorescence and UV spectroscopy. The molecular structure of the basic components of isotropic petroleum pitch fractions is established. It is shown that UV spectroscopy is ineffective for analysis of multicomponent oil systems, whereas fluorescence spectroscopy allows study of the mechanism of molecular transformations in mesophase petroleum pitch conversion process.

**Key words:** petroleum pitch, fluorescence, UV spectroscopy, molecular structure, mesophase conversions, thermopolycondensation.

*Р. В. Архипов, Б. И. Гизатуллин, А. В. Шкаликов, О. Е. Куракина, О. А. Туранова, В. К. Козлов, А. Н. Туранов*

Казанский (Приволжский) федеральный университет,

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

Казанский государственный энергетический университет

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА МЕТОДАМИ ЯДЕРНОЙ МАГНИТНОЙ РЕЛАКСАЦИИ И Z-СКАНИРОВАНИЯ

Методами ядерной магнитной релаксации и Z-сканирования исследовано трансформаторное масло марки ГК. Размер неоднородных структур увеличивается в процессе эксплуатации масла. Однако содержание твердых частиц в жидкой фазе остается практически неизменным, а их избыток выпадает в осадок. Обсуждается возможность количественного определения отношения неоднородные структуры : жидкость в исследованных образцах масла.

**Ключевые слова:** трансформаторное масло, ядерная магнитная релаксация, Z-сканирование.

GK grade transformer oil is investigated by nuclear magnetic relaxation and Z-scanning methods. The heterogeneous structures grow in size in the oil performance process. The solid particle content in the liquid phase, however, remains practically unchanged and the excess particles precipitate. The feasibility of

quantitative determination of the heterogeneous structure to liquid ratio in the investigated oil specimens is discussed.

**Key words:** transformer oil, nuclear magnetic relaxation, Z-scanning.

*Р. Ш. Суфиянов, Я. С. Мухтаров, Р. М. Фатхутдинова*

Московский государственный машиностроительный университет,

Казанский национальный исследовательский технологический университет,

Альметьевский государственный нефтяной институт

### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУНТОВ

На примере процесса экстрагирования углеводородов из нефтезагрязненных грунтов низкокипящим растворителем рассмотрена методика расчета плотности потока массы углеводородов на основе гипотезы о минимуме производства энтропии. Изучено влияние отношения экстрагент : нефтезагрязненный грунт на плотность потока массы и КПД экстрактора. Проведено сопоставление результатов расчета с экспериментальными данными.

**Ключевые слова:** нефтезагрязненные грунты, экстрагирование углеводородов, плотность потока массы, нефтесодержание.

The procedure for calculating hydrocarbon mass flux density based on the hypothesis of minimum entropy generation is examined using the process of hydrocarbon extraction from oil-contaminated soils by a low-boiling solvent as an example. The effect of extractant to oil-contaminated soil ratio on the mass flux density and the extractor efficiency is studied. The calculated data are compared with the experimental ones.

**Key words:** oil-contaminated soils, extraction of hydrocarbons, mass flux density, oil content.

*Дун Цунь, Ма Сяолань, Ли Цзинцзе*

Jilin University (Changchun, Jilin, China)

### ОЧИСТКА ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ ОТ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ПУТЕМ ИХ ОКИСЛЕНИЯ В СОЧЕТАНИИ С ДИССИМИЛЯЦИОННЫМ БАКТЕРИАЛЬНЫМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ ЖЕЛЕЗА

Диссимиляторные железовосстанавливающие бактерии получают энергию, необходимую для жизнедеятельности, посредством окисления органических соединений или водорода в сочетании с восстановлением железа (III) в железо (II) в подземных средах. В данной работе указанные бактерии в анаэробной среде использовали для окисления бензола, толуола, этилбензола и ксилолов — загрязнителей водоносных горизонтов.

Показано, что кинетика окисления ароматических углеводородов в сочетании с бактериальным восстановлением железа подчиняется первому порядку. Константа скорости максимальна при отношении ароматические углеводороды : Fe, равном 1. Константа скорости окисления увеличивается в ряду бензол < толуол < этилбензол < ксилолы. Эффективность преобразования ароматических углеводородов возрастает с концентрацией субстрата — лимонной кислоты.

**Ключевые слова:** бензол, толуол, этилбензол, ксилолы, диссимиляционные железовосстанавливающие бактерии, оксиды железа, водоносный горизонт.

Dissimilatory iron-reducing bacteria (DIRB) derive energy for vital activity by oxidizing organic compounds or molecular hydrogen coupled with iron (III) reduction to iron (II) in subsurface environment. These anaerobic bacteria were used to oxidize benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes (mixture of o-, m-, and p-xylenes) (BTEX) which are aquifer pollutants.

The experimental results indicated that the kinetics of BTEX oxidation coupled with bacterial iron reduction follows first-order equation. The oxidation rate constant increased in the order benzene < toluene <

ethylbenzene < xylenes (0.0169, 0.0214, 0.0251, and 0.0314 for akaganeite reducing system and 0.0148, 0.0064, 0.0089, and 0.0091 for goethite reducing system, respectively). The BTEX degradation rate increased initially and then declined at BTEX/Fe ratio above 1. The rate constant was the maximum at BTEX/Fe ratio of 1. The BTEX degradation efficiency increased with citric acid (substrate) concentration.

**Key words:** BTEX, dissimilatory iron-reducing bacteria (DIRB), iron oxides, aquifer.

*В. И. Глазунов, А. Б. Магид, Э. Р. Ахмадиева*

ГУП «Институт нефтехимпереработки РБ» (г. Уфа)

#### РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИЛЕГАЮЩУЮ ТЕРРИТОРИЮ

Проанализированы результаты расчетной оценки акустического загрязнения атмосферного воздуха для нескольких нефтехимических предприятий. Рассмотрена целесообразность корректирования санитарно-защитной зоны предприятия по результатам акустических расчетов. Предложены способы решения выявленных проблем.

**Ключевые слова:** шум, источник шума, затухание шума, спектр шума, октавная полоса, санитарно-защитная зона.

The results of computational assessment of acoustic pollution of atmospheric air for several petrochemical enterprises are analyzed. The advisability of proper positioning of the sanitary-and-safety area of the enterprise based on acoustic computation results is examined. Ways are proposed for solving the indicated problems.

**Key words:** noise, source of noise, noise attenuation, noise spectrum, octave band, sanitary-and-safety area.

*С. Е. Бабаи, П. О. Гуськов, Г. Е. Амеличкина, С. Ю. Коновалов, А. Г. Остахов, Д. С. Соколов*

ООО «ВНИИОС-наука»,

ООО «Томскнефтехим»

#### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЕЧНЫХ БЛОКОВ ЭТИЛЕНОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ ЗА СЧЕТ ПАРОВО-ВОЗДУШНОГО ДЕКОКСОВАНИЯ ЗАКАЛОЧНО-ИСПАРИТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Приведены результаты внедрения на этиленовом производстве ЭП-300 ООО «Томскнефтехим» технологии процесса паро-воздушного выжигания кокса из закалочно-испарительных аппаратов (ЗИА), способствующей повышению эффективности работы печных блоков пиролиза за счет снижения времени декоксирования ЗИА, и, следовательно, увеличению выработки целевой продукции. Показаны недостатки традиционной механической чистки трубок ЗИА в сравнении с процессом паро-воздушного декоксирования.

**Ключевые слова:** этиленовое производство, печной блок пиролиза, закалочно-испарительный аппарат, кокс, паро-воздушное декоксирование.

The results of adopting in the EP-300 ethylene plant of ООО Tomskneftekhim (Tomsk Petrochemicals Ltd.) the technology of vapor-air burning-out of coke from the quenching-vaporizing apparatuses (QVA), which enhances the operational efficiency of pyrolysis oven trains by reducing QVA decoking time and, consequently, raises the yield of target products, are reported. The deficiencies of conventional mechanical cleaning of QVA pipes vis-a-vis vapor-air decoking process are indicated.

**Key words:** ethylene plant, pyrolysis oven train, quenching-vaporizing apparatus, coke, vapor-air decoking.