

# ТЕХНОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА

научно-технологический журнал

№6<sup>(101)</sup> 2015

Главный редактор

Б. П. ТУМАНЯН – д.т.н., проф.

Научно-редакционный совет

К. С. БАСНИЕВ – д.т.н., проф.

А. Ф. ВИЛЬДАНОВ – д.т.н., проф.

А. И. ВЛАДИМИРОВ – к.т.н., проф.

А. И. ГРИЦЕНКО – д.т.н., проф.

А. Н. ДМИТРИЕВСКИЙ – д.г.-м.н., проф.

О. Н. КУЛИШ – д.т.н., проф.

А. Л. ЛАПИДУС – д.х.н., проф.

ЛИ ГО ЮЙ – проф. (Китай)

Н. А. МАХУТОВ – д.т.н., проф.

И. И. МОИСЕЕВ – д.х.н., проф.

Б. П. ТОНКОНОГОВ – д.х.н., проф.

К. ТРАВЕР – проф. (Франция)

В. А. ХАВКИН – д.т.н., проф.

М. ЦЕХАНОВСКА – д.т.н., проф.  
(Польша)

Head Editor

B. P. TUMANYAN – Dr. Eng. Sci., prof.

Editorial Board

K. S. BASNIEV – Dr. Eng. Sci., prof.

A. F. VIL'DANOV – Dr. Eng. Sci., prof.

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

A. I. GRITSENKO – Dr. Eng. Sci., prof.

A. N. DMITRIEVSKY –

Dr. Geo.-Min. Sci., prof.

O. N. KULISH – Dr. Eng. Sci., prof.

A. L. LAPIDUS – Dr. Chem. Sci., prof.

LI GO IUY – prof. (China)

N. A. MAKHUTOV – Dr. Eng. Sci., prof.

I. I. MOISEEV – Dr. Chem. Sci., prof.

B. P. TONKONOGOV –

Dr. Chem. Sci., prof.

Ch. TRAVERS – prof. (France)

V. A. KHAVKIN – Dr. Eng. Sci., prof.

M. TSEKHANOVSKA –

Dr. Eng. Sci., prof. (Poland)

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

П. В. Клишин, А. П. Латышев, Р. И. Алибеков,  
Ю. Л. Морозов, И. К. Юнисов

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ  
НА ИЗМЕНЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К МОТОРНЫМ ТОПЛИВАМ  
И МАСЛАМ ..... 3

### ЭКОЛОГИЯ

Нго Куен Куи, А. А. Сибгатуллин,  
А. А. Петухов, Е. И. Григорьев

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ  
НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ СТОЧНЫХ ВОД  
МЕТОДОМ ОЗОНИРОВАНИЯ..... 9

Ф. Р. Исмагилов, Т. С. Богатырев

ПОИСК НОВЫХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТИ  
ОТ СЕРОВОДОРОДА И МЕРКАПТАНОВ..... 13

### ИССЛЕДОВАНИЯ

Н. Д. Зинина, К. Ю. Симанская, И. Д. Гришин, Д. Ф. Гришин

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ДЕПРЕССОРНОЙ ПРИСАДКИ  
ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА  
С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ..... 16

Л. Е. Фосс, Г. В. Романов

ГИДРОФИЛИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЭПОКСИДНОГО  
ПОЛИМЕРА ПОЛИМЕРНЫМИ АМФИФИЛАМИ..... 22

А. В. Бриков, С. В. Суховерхов, А. Н. Маркин, П. А. Задорожный

ПРИМЕНЕНИЕ ГЛИКОЛЕЙ В ПРОЦЕССАХ НЕФТЕ-  
И ГАЗОДОБЫЧИ: ОБРАЗОВАНИЕ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЕЙ  
В ГЛИКОЛЕВЫХ СИСТЕМАХ ..... 25

О. И. Дошлов

СОЗДАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
НА УГЛЕРОДИСТЫЙ ВОССТАНОВИТЕЛЬ  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КАРБИДА КРЕМНИЯ..... 30

### РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Г. С. Ли, Р. Т. Галлеев, Н. А. Литвинов

АНАЛИЗ ПРОДУКТИВНОСТИ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИН  
УРЕНГОЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОСЛЕ СТРОИТЕЛЬСТВА  
В НИХ БОКОВОГО СТВОЛА..... 33

К. А. Ястребкова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАПИЛЛЯРНЫХ ЭФФЕКТОВ  
НА НАЧАЛЬНУЮ ОБВОДНЕННОСТЬ СКВАЖИН  
В НЕДОНАСЫЩЕННЫХ ПЛАСТАХ..... 38

### ОБОРУДОВАНИЕ

Э. Р. Ахметов

ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
СВЕРХЗВУКОВЫХ СЕПАРАТОРОВ..... 43

### ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

А. Ю. Прокопенко, С. В. Нефёдов

ИМИТАЦИОННЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
КОРРОЗИОННОЙ ПОВРЕЖДЕННОСТИ  
МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ..... 47

В. В. Мусатов, А. А. Сазонов, В. А. Колпаков

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА  
И ОЦЕНКА РИСКА АВАРИИ ..... 51

### АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

А. К. Горюнова, К. В. Шаталов, Н. М. Лихтерова

НОВЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ  
СТАБИЛЬНОСТИ ТОПЛИВ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ..... 56

В. Т. Бугай, Е. А. Шарин, М. И. Фахрутдинов, Ю. В. Ядревская

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МЕТОДА ОЦЕНКИ  
ПРЯМОГОННОСТИ ОСТАТОЧНЫХ ТОПЛИВ ..... 60

Директор по информации  
Н. П. ШАПОВА

Редактор  
О. В. ЛЮБИМЕНКО

Верстка  
В. В. ЗЕМСКОВ

Подготовка материалов  
Т. С. ГРОМОВА,  
Н. Н. ПЕТРУХИНА

Издатель — Международный центр  
науки и технологий «ТУМА ГРУПП»

Адрес редакции:  
111116, Москва,  
ул. Авиамоторная, 6  
Тел./факс: (499) 135-88-75  
e-mail: tng98@list.ru

Интернет: <http://www.nitu.ru>

При перепечатке любых  
материалов ссылка на журнал  
«Технологии нефти и газа» обязательна

**№6<sup>(101)</sup> 2015**

Журнал зарегистрирован  
в Министерстве РФ по делам печати,  
телерадиовещания и средствам  
массовой коммуникации  
Свидетельство о регистрации  
ПИ № 77-16415 от 22.09.2003 г.

ISSN 1815-2600

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

Подписной индекс в каталоге агентства  
«Роспечать» 84100

Тираж 1200 экз.

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

Материалы авторов  
не возвращаются

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

## **Современные тенденции совершенствования двигателей внутреннего сгорания и их влияние на изменение требований к моторным топливам и маслам**

П. В. Клишин, А. П. Латышев, Р. И. Алибеков, Ю. Л. Морозов, И. К. Юнисов

ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России»

*ilgiz06@rambler.ru*

*В статье представлены этапы совершенствования современных поршневых двигателей автотранспортных средств, которые обусловлены ужесточением требований к экологической безопасности и, как следствие, изменениями требований к моторным топливам и маслам. Описаны конструктивные изменения бензиновых и дизельных двигателей, которые существенно усложнили условия работы деталей и агрегатов и потребовали внедрения как новых материалов, так и технологий в массовое производство.*

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, автотранспортное средство, отработавшие газы, моторное топливо, моторное масло, каталитические нейтрализаторы отработавших газов, экологическая безопасность, международные требования.

## **Усовершенствование процесса очистки нефтехимических сточных вод методом озонирования**

Нго Куен Куи, А. А. Сибатуллин, А. А. Петухов, Е. И. Григорьев

Казанский национальный исследовательский технологический университет

*quyenkazan@gmail.com*

*В работе представлены результаты исследований по изучению возможности очистки сточных вод с большой концентрацией органических веществ методом озонирования. С использованием таких добавок, как  $MnSO_4$  и  $H_2O_2$ , эффективность очистки по химическому потреблению кислорода (ХПК) достигала более 90%. Степень удаления метилфенилкарбинола составила 99%, тогда как этилбензол, ацетофенон и алкилфенолы полностью исчезли из водного стока после 60 мин озонирования. Снижение ХПК до значения 3420 мг  $O_2$ /л способствовало очищению воды до состояния пригодности для окончательной очистки биологическим методом.*

**Ключевые слова:** озонирование, сточные воды, добавки, нефтехимические производства.

## **Поиск новых реагентов для очистки нефти от сероводорода и меркаптанов**

Ф. Р. Исмагилов<sup>1</sup>, Т. С. Богатырев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «НИПИ ОНГМ»,

<sup>2</sup>Астраханский государственный технический университет

*ismagilov@ufa.nipi-ongm.ru*

*Оценена эффективность химических методов очистки нефти с образованием менее агрессивных продуктов реакции. Приведены результаты исследований поглотительной способности азотсодержащих реагентов по отношению к сероводороду нефти. Подобраны оптимальные соотношения исходных компонентов в улучшении поглотительных свойств исследуемых реагентов.*

**Ключевые слова:** сероводород, меркаптаны, очистка, нейтрализация, этаноламин, формальдегид, диоксазины.

### **Разработка комплексной депрессорной присадки для современного дизельного топлива с улучшенными экологическими свойствами**

Н. Д. Зинина, К. Ю. Симанская, И. Д. Гришин, Д. Ф. Гришин

Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского

*grishin@ichem.unn.ru*

*Проанализировано влияние товарной депрессорно-диспергирующей присадки Dodiflow на характеристики дизельного топлива с улучшенными экологическими свойствами; выявлено ее негативное воздействие на термоокислительные свойства дизельных топлив. Синтезирована депрессорная присадка на основе сополимеров винилацетата со стеарилметакрилатом, которая способна одновременно улучшать как температуру застывания, так и термоокислительные свойства гидроочищенных дизельных топлив, соответствующих европейским стандартам качества.*

**Ключевые слова:** дизельное топливо, депрессорная присадка, температура застывания, термоокислительная стабильность, сополимеры винилацетата.

### **Гидрофилизация поверхности эпоксидного полимера полимерными амфифилами**

Л. Е. Фосс, Г. В. Романов

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

Казанского научного центра РАН

*iacw212@gmail.com*

*Исследованы поверхностные и кислотно-основные свойства модифицированных эпоксидных полимеров на основе краски П-ЭП-585. Показано влияние аммонийного центра на поверхностно-энергетические характеристики полимера, предложен механизм его гидрофилизации.*

**Ключевые слова:** эпоксидный полимер, полиаммониевые соединения, гидрофильность, кислотно-основные свойства, свободная поверхностная энергия.

## **Применение гликолей в процессах нефте- и газодобычи: образование полиэтиленгликолей в гликолевых системах**

А. В. Бриков<sup>1</sup>, С. В. Суховерхов<sup>2</sup>, А. Н. Маркин<sup>2</sup>, П. А. Задорожный<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Филиал компании «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд.» в г. Южно-Сахалинск,

<sup>2</sup>Институт химии Дальневосточного отделения РАН

*Alexander.Brikov@sakhalinenergy.ru*

*Современными лабораторными методами проведен анализ водных растворов моноэтиленгликоля и триэтиленгликоля, а также образцов осадка из различных систем нефтегазодобывающих предприятий. Во всех проанализированных образцах обнаружены полимеры со структурой, подобной полиэтиленгликолю. Обобщены результаты анализов образцов водных растворов гликолей и образцов осадков во взаимосвязи с технологическими параметрами гликолевых систем. Рассмотрены последствия образования полиэтиленгликоля в гликолевых системах нефтегазодобывающих предприятий. Даны общие рекомендации по предотвращению деструкции и полимеризации гликолей.*

**Ключевые слова:** моноэтиленгликоль, триэтиленгликоль, отложения, гликолевые системы, полиэтиленгликоль.

## **Создание технических условий на углеродистый восстановитель для производства карбида кремния**

О. И. Дошлов

Иркутский национальный исследовательский технический университет

*doshlov@mail.ru*

*Исследована возможность применения нефтекоксовой мелочи в качестве восстановителя для производства карбида кремния. Были определены основные направления квалифицированного использования нефтекоксовой мелочи в промышленности. Разработаны технические условия, которые распространяются на нефтекоксую мелочь для производства карбида кремния, получаемую в процессе замедленного коксования на основе суммарных нефтяных коксов фракции 0–250 мм, получаемых из смеси гудронов, крекинг-остатков и тяжелой смолы пиролиза, предназначенной для использования в качестве компонента восстановительной смеси при производстве карбида кремния.*

**Ключевые слова:** карбид кремния, нефтекоксая мелочь, нефтяной кокс, технические условия, восстановитель, фракция 0–8 мм.

## **Анализ продуктивности газоконденсатных скважин Уренгойского месторождения после строительства в них бокового ствола**

Г. С. Ли, Р. Т. Галлеев, Н. А. Литвинов

ООО «Газпром добыча Уренгой»

*g.s.li@gd-urengoy.gazprom.ru*

*На стадии падающей добычи при разработке месторождения, в условиях значительного снижения начального ресурсно-энергетического потенциала, строительство боковых стволов является эффективным способом вывода скважин из простаивающего фонда. В статье кратко представлены критерии выбора скважин, технология строительства бокового ствола, результаты газогидродинамических исследований скважин и инструментального мониторинга их работоспособности после данных геолого-технических мероприятий. Дана оценка средней стоимости работ по строительству бокового ствола по сравнению с бурением новой скважины.*

**Ключевые слова:** Уренгойское НГКМ, боковые стволы, газогидродинамические исследования, мониторинг работоспособности скважин.

## **Моделирование влияния капиллярных эффектов на начальную обводненность скважин в недонасыщенных пластах**

К. А. Ястребкова

РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

*ya\_k\_a@mail.ru*

*В статье рассмотрена задача двухфазного притока нефти и воды к скважине с трещиной гидравлического разрыва пласта с учетом капиллярного концевоего эффекта в одномерной линейной постановке на основе модели Рапопорта — Лиса. При помощи метода IMPES и конечно-разностных аппроксимаций разработан численный алгоритм решения. Выведены обобщенные условия устойчивости метода для неравномерной разностной сетки, накладывающие ограничения на временной шаг. Решение реализовано при помощи вычислительной программы, написанной на языке программирования C#. В результате расчетов для реальных данных получены пространственные распределения и динамики параметров разработки.*

**Ключевые слова:** математическое моделирование, капиллярные концевые эффекты, обводненность.

## **Проблемы проектирования сверхзвуковых сепараторов**

Э. Р. Ахметов

Уфимский государственный нефтяной технический университет

*eldar566@gmail.com*

*Приводится современное состояние практического использования сверхзвуковых сепараторов природного газа. Обозначена проблема проектирования современных устройств газодинамической сепарации. Описана математическая модель течения потока в сверхзвуковых сепараторах, необходимая для моделирования процессов с помощью вычислительной гидродинамики. Предложено использование современных достижений авиастроительной техники в проектировании сверхзвуковых сепараторов природного газа на основе метода годографа Чаплыгина и метода характеристик.*

**Ключевые слова:** вычислительная гидродинамика, сверхзвуковая сепарация, проектирование сверхзвуковых сепараторов, сопло Лавалья, природный газ, метод годографа Чаплыгина, метод характеристик.

## **Имитационный метод прогнозирования коррозионной поврежденности магистральных газопроводов**

А. Ю. Прокопенко, С. В. Нефёдов

ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

*A\_Prokopenko@vniigaz.gazprom.ru*

*Основной метод, используемый для прогноза коррозионного состояния газопроводов, базируется на статистической оценке параметров распределения условного показателя ранга опасности дефекта и последующем изменении данного статистического закона для прогнозирования количества опасных дефектов и дефектных труб на всей протяженности газопровода. В методе недостаточно корректно учитывается процесс возникновения и развития новых дефектов, поскольку принимается, что скорость изменения общего количества труб с коррозионными дефектами пропорциональна продолжительности их эксплуатации (однако вряд ли первые дефекты возникают в первый год эксплуатации газопровода). В статье представлен альтернативный метод имитационного прогнозирования роста количества и уровня опасности коррозионных дефектов на газопроводе с использованием оптимизационного алгоритма, позволяющий учесть этот недостаток.*

**Ключевые слова:** прогнозирование, степень опасности, коррозионный дефект, относительная глубина.

### **Техническая диагностика и оценка риска аварии**

В. В. Мусатов, А. А. Сазонов, В. А. Колпаков

ЗАО «ГИАП-ДИСТцентр»

[giapdc@giapdc.ru](mailto:giapdc@giapdc.ru)

*В статье рассмотрена оценка риска аварии, учитывающая техническое состояние устройства.*

*Сделан вывод о необходимости учета результатов технического диагностирования при оценке риска аварии.*

**Ключевые слова:** риск аварии, вероятность разрушения, размеры дефекта, характеристики неразрушающего контроля.

### **Новый метод оценки термоокислительной стабильности топлив для реактивных двигателей**

А. К. Горюнова, К. В. Шаталов, Н. М. Лихтерова

ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России»

[sanechka-08122@mail.ru](mailto:sanechka-08122@mail.ru)

*В статье рассмотрены вопросы, связанные с разработкой нового метода термоокислительной стабильности топлив для реактивных двигателей в статических условиях. Новый метод, в отличие от стандартного, предусматривает возможность оценки накопления продуктов окисления в режиме реального времени по относительному изменению электрического сопротивления тонкого слоя меди на оценочном элементе, контактирующем с испытуемым топливом. Были установлены математические зависимости между изменением относительного электрического сопротивления и накоплением в топливе продуктов окисления. На основе полученных зависимостей стало возможным с помощью специального программного обеспечения оценивать количество образующихся продуктов окисления в любой момент времени, а не по окончании испытания, как это было в известном методе ТСРТ-2.*

**Ключевые слова:** термоокислительная стабильность, топливо для реактивных двигателей, продукты окисления, относительное электрическое сопротивление.

### **Повышение точности метода оценки прямогонности остаточных топлив**

В. Т. Бугай, Е. А. Шарин, М. И. Фахрутдинов, Ю. В. Ядревская

ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России»

[evolution99@rambler.ru](mailto:evolution99@rambler.ru)

*Показана возможность резкого повышения чувствительности известного весового метода к содержанию в остаточном топливе вторичных остаточных продуктов переработки нефти*

*за счет его дополнения измерением оптической плотности толуольного раствора асфальтенов из выделившегося при центрифугировании топлива осадка.*

**Ключевые слова:** остаточное топливо, разбавление, нагревание, центрифугирование, толуольный раствор асфальтенов осадка, оптическая плотность, прямогонность.