

# ТЕХНОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА

научно-технологический журнал

№2<sup>(115)</sup> 2018

## 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

### ПОДГОТОВКА НЕФТИ И ГАЗА

Н. Д. Мухаметова, А. В. Колчин,  
А. В. Курочкин, Ф. Р. Исмагилов

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ  
В ПРОЦЕССЕ КОМПЛЕКСНОЙ ПОДГОТОВКИ ГАЗА ..... 3

### ПЕРЕРАБОТКА НЕФТИ И ГАЗА

Э. Д. Иванчина, Н. С. Белинская, Е. В. Францина,  
А. С. Луценко, Е. В. Аверьянова

ВЛИЯНИЕ КРАТНОСТИ ЦИРКУЛЯЦИИ  
ВОДОРОДСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА НА АКТИВНОСТЬ  
КАТАЛИЗАТОРА ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ..... 8

### ИССЛЕДОВАНИЯ

А. В. Стуков, Л. В. Иванова

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ГАЗОКОНДЕНСАТНОЙ СМЕСИ  
С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ  
В ЗИМНИЙ ПЕРИОД..... 13

И. В. Пиголева, Т. Н. Шабалина,  
М. В. Китова, С. В. Толмачёв

ПОЛУЧЕНИЕ БЕЛЫХ МАСЕЛ ИЗ НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОКАТАЛИТИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ..... 19

### РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

С. Д. Мустафаев, С. А. Гасимова

ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНАЯ СТАЦИОНАРНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ  
НЕСЖИМАЕМОЙ ВЯЗКО-ПЛАСТИЧНОЙ НЕФТИ  
С ПРОЯВЛЕНИЕМ ПЕРЕМЕННОГО НАЧАЛЬНОГО  
ГРАДИЕНТА ДАВЛЕНИЯ..... 24

В. В. Куренков  
ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ЗАЛЕЖЕЙ ПЛАСТА АЧ,  
КАРАМОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ..... 28

С. М. Дуркин, А. В. Трулев, И. Н. Меньшикова  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ЗАЛЕЖЕЙ  
ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ С МАЛЫМИ ТОЛЩИНАМИ ..... 32

Бэссей Инико Экенг, Д. Г. Антониади,  
Антига Ричард Элиадад, Нкла Огарекпе  
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
НИЗКОМИНЕРАЛИЗОВАННОГО ЗАВОДНЕНИЯ..... 35

В. В. Александров, С. В. Симонов, С. В. Семенов  
ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН  
УРЕНГОЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ..... 40

#### ЭКОЛОГИЯ

Дао Тхи Тху Линь, Нго Куи Куен  
ОЧИСТКА ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННОЙ  
СТОЧНОЙ ВОДЫ МЕТОДОМ ПОДКИСЛЕНИЯ  
С ПОСЛЕДУЮЩИМ ОЗОНИРОВАНИЕМ ..... 43

#### ОБОРУДОВАНИЕ

А. Ф. Калинин, А. Ю. Федосеев  
ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЫВКИ  
ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА  
ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ  
НА РАБОТАЮЩЕМ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕМ АГРЕГАТЕ ..... 49

#### ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

А. В. Солодовников, А. Н. Махнёва  
ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ АВАРИЙ  
И НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ  
НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ..... 54

И. А. Тарарычкин  
ВЛИЯНИЕ ЗАЩИТЫ ТРУБОПРОВОДОВ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ  
НА РАЗВИТИЕ АВАРИЙ ПО МЕХАНИЗМУ  
ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ПОВРЕЖДЕНИЯ ..... 59

Директор по информации  
Н. П. ШАПОВА

Редактор  
В. С. ДМИТРИЕВА

Верстка  
В. В. ЗЕМСКОВ

Подготовка материалов  
Т. С. ГРОМОВА

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

**№2<sup>(115)</sup> 2018**

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

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)

## **Применение элементов фракционирования в процессе комплексной подготовки газа**

Н. Д. Мухаметова<sup>1</sup>, А. В. Колчин<sup>2,3</sup>, А. В. Курочкин<sup>3</sup>, Ф. Р. Исмагилов<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Институт нефтехимпереработки Республики Башкортостан,

<sup>2</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет

<sup>3</sup>АИТ НГ «Интегрированные технологии»,

<sup>4</sup>Астраханский государственный технический университет,

*mukhametova\_n@mail.ru*

*На примере существующей установки подготовки валанжинского газа Восточно-Уренгойского месторождения рассмотрена технология низкотемпературной сепарации газа с элементами фракционирования (дефлегмацией). Выявлено, что при установке дефлегматора происходит значительное расширение области рабочих параметров процесса, обеспечивающих соблюдение требований к товарному газу: минимальное входное давление может быть снижено с 4,5 до 3,5 МПа, а расход сырьевого газа при существующей системе трубопроводов может быть увеличен с 0,75 до 1 млрд нм<sup>3</sup>/год и выше, что позволяет таким образом увеличить срок эксплуатации газоконденсатного месторождения на 25–30 лет без сооружения дожимной компрессорной станции.*

**Ключевые слова:** подготовка природного газа, низкотемпературная сепарация, установка комплексной подготовки газа, фракционирование, дефлегмация, дефлегматор, радиально-спиральный контактный элемент, пленочный режим.

N. D. Mukhametova<sup>1</sup>, A. V. Kolchin<sup>2,3</sup>, A. V. Kurochkin<sup>3</sup>, F. R. Ismagilov<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Bashkir Scientific Research Institute of Petroleum Refining,

<sup>2</sup>Ufa State Petroleum Technological University,

<sup>3</sup>NG «Integrirovannye Tekhnologii»

<sup>4</sup>Astrakhan state technical university

## **Application of Fractionation Elements in The Process of the Complex Gas Treatment**

*In the article the technology of low-temperature gas separation with fractionation (dephlegmation) elements is considered at the example of existent Valanginian gas treatment unit at East-Urengoy field. It is revealed that dephlegmator installation leads to significant expansion of the area of the process parameters providing compliance with the requirements for commercial gas: minimal entry pressure can be decreased from 4.5 to 3.5 MPa, and raw gas consumption at the existing pipeline system can be increased from 0.75 to 1.00 bln nm<sup>3</sup>/year and higher. It allows extending gas-condensate field operation period without compressor boosting station installation up to 25-30 years.*

**Key words:** natural gas treatment, low-temperature separation, complex gas treatment unit, fractionation, dephlegmation, dephlegmator, radial-spiral contact element, film mode.

## **Влияние кратности циркуляции водородсодержащего газа на активность катализатора депарафинизации**

Э. Д. Иванчина<sup>1</sup>, Н. С. Белинская<sup>1</sup>, Е. В. Францина<sup>1</sup>, А. С. Луценко<sup>1</sup>, Е. В. Аверьянова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

<sup>2</sup>ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез»,

*evf@tpi.ru*

*В работе для процесса депарафинизации дизельного топлива установки Л-24-10/2000 проведены расчеты и оценка влияния расхода водородсодержащего газа на относительную активность катализатора, выход дизельной фракции, низкотемпературные свойства при постоянных прочих технологических параметрах процесса (температуры, расхода сырья и др.). Для описания нестационарного каталитического процесса депарафинизации дизельной фракции использован метод математического моделирования.*

**Ключевые слова:** математическая модель, депарафинизация, дизельное топливо, дезактивация, катализатор.

E. D. Ivanchina<sup>1</sup>, N. S. Belinskaya<sup>1</sup>, E. V. Frantsina<sup>1</sup>, A. S. Lutsenko<sup>1</sup>, E. V. Averyanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tomsk Polytechnic University, <sup>2</sup>Kirishinefteorgsintez LLC

### **Influence of the Hydrogen-Containing Gas Circulation on the Dewaxing Catalyst Activity**

*In this article for the process of diesel fuel catalytic dewaxing of the industrial unit L-24-10/2000 calculations and estimation of influence of hydrogen-containing gas flow rate on the relative catalyst activity, yield of diesel fraction and low temperature characteristics were made at the constant other technological parameters (temperature, feedstock flow rate, etc.). To describe non-stationary process of diesel fuel catalytic dewaxing the method of mathematical modelling was applied.*

**Key words:** *mathematical model, dewaxing, diesel fuel, deactivation, catalyst.*

### **Оптимизация состава газоконденсатной смеси с целью обеспечения ее транспортировки**

**в зимний период**

A. V. Stukov<sup>1</sup>, L. V. Ivanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сургутский ЗСК им. В. С. Черномырдина

филиал ООО «Газпром переработка», ПАО «Газпром»,

<sup>2</sup>РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина»

*StukovAV@zsk.gpp.gazprom.ru*

*В работе рассмотрена проблема образования несливаемого остатка товарного газового конденсата вагонах-цистернах при его сливе в зимний период после транспортировки. Представлены результаты исследования по подбору наиболее оптимального состава товарного газового конденсата Сургутского завода по стабилизации конденсата, получаемого при смешении тяжелого остатка атмосферной перегонки, стабильного конденсата и бензиновых фракций. Доказана необходимость и эффективность применения депрессорно-диспергирующих присадок. Выявлена методика измерения седиментационных свойств газового конденсата.*

**Ключевые слова:** газовый конденсат, отложения парафина, депрессорно-диспергирующие присадки, седиментационные устойчивость.

A. V. Stukov<sup>1</sup>, L. V. Ivanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gazprom Pererabotka LLC,

<sup>2</sup>Gubkin Russian State University of Oil and Gas

### **The Optimization of Mixture Composition of the Surgut Scp Gas Condensate to Provide It's Transportation in Winter**

*In this article the problem of drainability of sales gas stable condensate from tank cars in winter after transportation. The results of the selection of the most optimal composition of commercial gas condensate obtained by mixing heavy residuum of atmospheric distillation, stable condensate and gasoline fractions are presented. The necessity and efficiency of depressant-dispersing additives using is proved. The technique of measuring the sedimentation properties of gas condensate is identified.*

**Key words:** gas condensate, paraffin deposition, depressant-dispersing additives, sedimentation properties.

### **Получение белых масел из нефтяного сырья**

#### **с использованием гидрокаталитических процессов**

И. В. Пиголева<sup>1,2</sup>, Т. Н. Шабалина<sup>2</sup>, М. В. Китова<sup>1</sup>, С. В. Толмачёв<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ООО «Объединенный центр исследований и разработок»,

<sup>2</sup>РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

*PigolevaIV@rn-rdc.ru*

*В статье приведены требования, предъявляемые к белым маслам, перспективы их производства с использованием гидрокаталитических процессов переработки нефтяного сырья. Рассмотрено несколько вариантов комбинирования процессами в зависимости от возможности реальных производств, подобраны технологические параметры получения белых масел. Приведено исследование полученных образцов белых масел в сравнении с импортным аналогом. Рекомендовано использование полученного образца белого масла в качестве компонента масляного адьюванта эмульсионных вакцин для иммунизации сельскохозяйственных животных.*

**Ключевые слова:** белое минеральное масло, остаток гидрокрекинга, гидроизомеризация, гидрирование, платиносодержащий катализатор, масляный адьювант.

I. V. Pigoleva<sup>1,2</sup>, T. N. Shabalina<sup>2</sup>, M. V. Kitova<sup>1</sup>, S. V. Tolmachev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>United Research and Development Centre LLC,

<sup>2</sup>Gubkin Russian State University of Oil and Gas

### **Technology of Producing White Oils from Petroleum Feedstock by Means of Hydrocatalytic Processes**

*This article provides requirements for white oils, perspectives of their production from petroleum feedstock by means of hydrocatalytic processes. The hydrocatalytic process combinations with selected technological parameters for producing white oils depending on actual plant possibilities, examination results of the developed white oil sample in comparison with the foreign commercial sample are shown. Developed white oil samples are recommended as an oil adjuvant component in emulsion vaccines for cattle immunization.*

**Key words:** white mineral oil, hydrocracking bottom, hydroisomerization, hydrogenation, platinum catalyst, oil adjuvant.

## **Плоскопараллельная стационарная фильтрация несжимаемой вязко-пластичной нефти с проявлением переменного начального градиента давления**

С. Д. Мустафаев, С. А. Гасимова

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

sakina1958@mail.ru

*В статье представлены результаты решения задачи стационарной плоскопараллельной фильтрации несжимаемой вязко-пластичной нефти в однородной полосообразной залежи с появлением переменного начального градиента давления. Рассматривались два случая линейного изменения начального градиента давления: 1) для пласта большой мощности начальный градиент давления изменяется линейно как в зависимости от аппликаты  $z$ , так и в зависимости от абсциссы  $x$ ; 2) для пласта малой мощности начальный градиент давления зависит только от абсциссы  $x$ . Фильтрация вязко-пластичной нефти подчиняется обобщенному закону Дарси. Выведены формулы всех основных параметров эксплуатации прямолинейной галереи. Для пласта большой мощности закон распределения давления зависит от одной степени  $x$ , а для пласта малой мощности зависит от второй степени  $x$ . В первом случае, скорость фильтрации зависит только от аппликаты  $z$ , а градиент давления остается постоянным во всем пласте, а во втором случае, скорость фильтрации не изменяется, а градиент давления зависит от координаты  $x$ . В обоих случаях выведены также формулы для расчета времени перемещения частицы вязко-пластичной нефти в пласте, которые зависят от координаты  $x$  и  $z$  в первом случае, и от координаты  $x$  — во втором случае.*

**Ключевые слова:** плоскопараллельный поток, стационарная задача, переменный начальный градиент давления, вязко-пластичная нефть, время перемещения нефти, полосообразная залежь, прямолинейная галерея.

S. D. Mustafayev, S. A. Gasymova

Azerbaijani State University of Oil and Industry

## **Flat-Parallel Stationary Filtration of Incompressible Visco-Plastic Oil with the Manifestation of the Variable Initial Pressure Gradient**

*In article are described the results of the solution of the task of stationary flat-parallel filtration of incompressible viscous-plastic oil in a uniform stripy oil deposit with the advent of variable initial pressure gradient. Two cases of a linear change in the initial pressure gradient were considered: 1) for a high-power layer the initial pressure gradient changes linearly, depending on the  $z$ -coordinate, and also on the abscissa  $x$ ; 2) for a low power layer, the initial pressure gradient changes only from the abscissa  $x$ . Filtering viscoplastic oil submits to the Generalized law of Darcy. Formulas were derived of all key parameters of rectilinear gallery. For a high power layer the distribution law of pressure depends on one degree of  $x$ , and for a low power layer depends on the second degree of  $x$ . In the first case, the speed of filtering depends only on  $z$ -coordinate, and the pressure gradient does not change, remains to constantly in all layer, and in the second case, the speed of filtering does not change, and the pressure gradient depends on*

coordinate  $x$ . In both cases were derived also formulas for count of time of relocation of a particle of viscoplastic oil in layer which depend on coordinate  $x$  and  $z$  in the first case, and from coordinate  $x$  – in the second case.

**Key words:** flat-parallel flow, stationary task, variable initial pressure gradient, viscoplastic oil, coordinate, abscissa, time of relocation for oil, stripy oil deposit, rectilinear gallery.

### **Перспективность залежей пласта Ач<sub>1</sub> Карамовского месторождения**

В. В. Куренков

Кубанский государственный университет

kurenkov0573.94@mail.ru

*В статье рассмотрена перспективность вовлечения в разработку пласта Ач<sub>1</sub> Карамовского месторождения, находившегося уже на завершающей стадии разработки. Дается краткое описание геологической истории развития пласта, результаты бурения разведочных скважин на участке, показана наиболее выгодная система вовлечения в разработку запасов категории В<sub>2</sub>, а также приблизительные расчеты по дебитам нефти и показатели по закачке жидкости для нагнетания.*

**Ключевые слова:** трудноизвлекаемые запасы, завершающая стадия разработки.

V. V. Kurenkov

Kuban State University

### **Prospectivity of Reservoir Deposits Ач<sub>1</sub> of Karamovsky Deposit**

*The article considers the prospect of involvement in the development of the Ач<sub>1</sub> Karamovskoye deposit, which was already at the final stage of development. The article has a brief description of the geological history of the development of the reservoir, the results of drilling exploratory wells on the site. The article shows the most profitable system of involvement in the development of reserves of В<sub>2</sub> category, as well as approximate calculations for oil rates and injection rates for injection fluid.*

**Key words:** hard-to-recover reserves, final stage of development.

### **Совершенствование технологии разработки залежей высоковязкой нефти с малыми толщинами**

С. М. Дуркин<sup>1</sup>, А. В. Трулев<sup>2</sup>, И. Н. Меньшикова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ухтинский государственный технический университет,

<sup>2</sup>ООО «РИМЕРА»,

durkin@bk.ru

*В статье представлена технология для повышения эффективности вовлечения запасов высоковязкой нефти, сосредоточенной в сложных коллекторах, эффективная нефтенасыщенная толщина которых не превышает 6–15 м. Для максимального извлечения углеводородов предлагается использовать горизонтальную скважину, которая будет выполнять функции добывающей и нагнетательной скважины. С помощью разработанных технических средств возможна работа глубинно-насосного оборудования в условиях высоких температур при закачке пара.*

**Ключевые слова:** скважина, высоковязкая нефть, численное моделирование, термогравитационное дренирование пласта, гидропоршневой насос.

S. M. Durkin<sup>1</sup>, A. V. Trulev<sup>2</sup>, I. N. Men'shikova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ukhta State Technical University,

<sup>2</sup>Rimera LLC

### **Improving the Development of Highly Viscous Oil Deposits with Small Thicknesses**

*The article presents the developed technology to improve the efficiency of involving the reserves of high – viscosity oil concentrated in complex reservoirs, the effective oil-saturated thickness of which does not exceed 6-15 m. to maximize the extraction of hydrocarbons, it is proposed to use a horizontal well, which will serve as a production and injection well. One of the main problems is the ability of deep pumping equipment to operate at high temperatures during steam injection. Nevertheless, this problem is solved with the help of new developed technical means.*

**Key words:** well, heavy oil, numerical modeling, steam assisted gravity drainage, pump.

### **Численное моделирование низкоминерализованного заводнения**

Бэссей Инико Экенг<sup>1</sup>, Д. Г. Антониади<sup>1</sup>, Антига Ричард Элидад<sup>2</sup>, Нкпа Огарекпе<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар,

<sup>2</sup>Кросс-риверский государственный технологический университет, Нигерия,

*index\_2kb@yahoo.com*

*В работе представлены результаты моделирования заводнения с высокой и низкой соленостью воды с помощью программного обеспечения ECLIPSE 100. Кроме того, было проведено моделирование с целью изучения применимости низкоминерализованной воды при добычи нефти вторичным методом на одном из нефтяных месторождений дельты реки Нигер. Испытания низкоминерализованного заводнения показали увеличение суммарного дебита нефти и коэффициента нефтеотдачи в результате повышенного давления пласта.*

**Ключевые слова:** низкоминерализованная вода, проницаемость, водонасыщенность, соленость, нефтеотдача, вытеснение нефти.

Bassey Iniko Ekeng<sup>1</sup>, D. G. Antoniadis<sup>1</sup>, Antigha Richard Elidad<sup>2</sup>, Nkpa Ogarekpe<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kuban State Technological University, <sup>2</sup>Cross River University of Tech. Nigeria

### **Numerical Simulation of Low Salinity Waterflooding**

*In this paper, the results of a series of unsteady-state coreflood experiments under various water salinities were simulated in Eclipse 100 simulator. Furthermore, the simulation work was conducted to study the applicability of low salinity water as an Enhanced oil recovery technique in one of the Niger Delta oil fields. It was observed that flood test under LSW yielded an increased Field Oil Production Rate (FOPR) and Field Oil Efficiency (FOE) as a result of increased Field Pressure (FPR). We also observed low water cut with LSW.*

**Key words:** low salinity waterflooding, permeability, water saturation, salinity, oil recovery, oil displacement.



## **Эксплуатация нефтяных скважин Уренгойского месторождения с применением электроцентробежных насосов**

В. В. Александров, С. В. Симонов, С. В. Семенов

ООО «Газпром добыча Уренгой»,

*v.v.aleksandrov@gd-urengoy.gazprom.ru*

*При разработке нефтяных оторочек Уренгойского месторождения, все большее распространение получает глубиннонасосный способ эксплуатации, с применением установок электроцентробежных насосов. Для повышения надежности эксплуатации глубиннонасосного оборудования на месторождении был разработан и внедрен комплекс мероприятий, позволяющий значительно увеличить наработку на отказ, а также оптимизировать работу нефтяных скважин.*

**Ключевые слова:** Уренгойское нефтегазоконденсатное месторождение, электроцентробежный насос, насосно-компрессорные трубы, асфальтеносмолопарафинновые отложения, наработка на отказ, глубиннонасосный способ эксплуатации, газовый фактор, установка нагрева нефти.

V. V. Alexandrov, S. V. Simonov, S. V. Semenov

Gazprom добыча Urengoy LLC

## **Exploitation of Oil Wells in the Urengoy Field Using Electric Centrifugal Pumps**

*During the development of oil fringes of the Urengoy field it is becoming increasingly common to use a downhole pumping method of operation with the use of electric centrifugal pumps. In order to increase the reliability of downhole pumping equipment operation the specialists of Gazprom добыча Urengoy LLC have developed and implemented a set of measures, which significantly increase the non-failure operating time and optimize the oil wells operation.*

**Key words:** Urengoy oil, gas, condensate field, electric centrifugal pump, tubing string, asphaltene deposits, time-between-failures, deep-well pump operation method, gas ratio, salt formation, oil heating unit.

## **Очистка высококонцентрированной сточной воды методом подкисления с последующим озонированием**

Дао Тхи Тху Линь<sup>1</sup>, Нго Куи Куен<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Вьетнамская академия сельского хозяйства,

<sup>2</sup>Технологический университет имени Лэ Куи Дона, Вьетнам,

*quyenngo.tsk@gmail.com*

*В работе представлены результаты исследований по изучению возможности очистки методом подкисления высококонцентрированных по органике сточных вод с последующим озонированием. Показано, что подкисление этой воды до уровня pH = 7 позволило разрушить стойкую исходную эмульсию с образованием водной и углеводородной фаз. При этом степень очистки водной фазы достигла 90,5 %. Несмотря на высокую эффективность выделения из изучаемого стока органических соединений, в водной фазе, полученной после добавления серной кислоты до уровня pH = 3, зафиксировано достаточно высокое значение ХПК (36000 мг O<sub>2</sub>/л). Использование метода озонирования при pH = 9 позволило снизить ХПК до 9000 мгO<sub>2</sub>/л, при этом общая степень очистки двух стадий составила 97,6%.*

**Ключевые слова:** сточная вода, озонирование, углеводородная фаза, водная фаза.

Dao Thi Thuy Linh<sup>1</sup>, Ngo Quy Quyen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Technology, Vietnam National University of Agriculture, Vietnam,

<sup>2</sup>Department of Environmental Chemistry, Le Quy Don Technical University, Vietnam

### **Treatment of Highly Concentrated Waste Water by Acidification Followed by Ozonation**

*The paper presents the results of experimental studies on the possibility of highly concentrated waste water purification by acidification with subsequent ozonation. It was shown that acidification of this waste water to pH = 7 made it possible to destroy the stable initial emulsion, forming aqueous and hydrocarbon phases. At the same time, the degree of water phase purification reached 90.5%. Despite the high efficiency of separation of organic compounds from the studied waste water, the aqueous phase that was obtained after the addition of sulfuric acid to pH = 3 had sufficiently high COD value (36000 mgO<sub>2</sub>/L). The use of the ozonation method at pH = 9 allowed the COD to be reduced up to 9000 mgO<sub>2</sub>/L, while the total purification degree of two stages reached 97.6%.*

**Key words:** waste water, ozonation, hydrocarbon phase, aqueous phase.

### **Особенности проведения промывки проточной части осевого компрессора газотурбинного двигателя на работающем газоперекачивающем агрегате**

А. Ф. Калинин<sup>1</sup>, А. Ю. Федосеев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина,

<sup>2</sup>ООО «Газпром трансгаз Москва»

*kalinine.a@gubkin.ru*

*Очистка осевого компрессора газотурбинного двигателя является техническим мероприятием, направленным на поддержание технического состояния двигателя на высоком уровне в межремонтный период. Изменения параметров работы двигателя, наблюдаемые после проведения промывок на работающем агрегате, не позволяют сделать однозначный вывод об эффективности и целесообразности применения данного вида технического обслуживания. В работе проанализированы этапы очистки осевого компрессора на работающем агрегате, выявлены особенности, оказывающие влияние на эффективность метода, и приведены рекомендации по минимизации обнаруженных особенностей.*

**Ключевые слова:** газотурбинный двигатель, осевой компрессор, очистка на режиме, эффективность, моющий раствор.

A. F. Kalinin<sup>1</sup>, A. Yu. Fedoseev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gubkin Russian State University of Oil and Gas,

<sup>2</sup>Gazprom Transgaz Moscow LLC

### **Features of the Flushing of the Flow-Through Part of the Axial Compressor of the Gas Turbine Engine on the Operating Gas Compressor Unit**

*The gas turbine engine axial compressor cleaning is a technical arrangement that provide the engine operation condition on a high level during the overhaul period. Engine performance parameters changes after the cleaning*

*on operating duty don't allow make the single-valued conclusion about efficiency and reasonability of this type of maintenance application. In this paper the steps of the axial compressor cleaning on operating duty are analyzed, the features that influence on the method efficiency are identified, and the recommendations for minimizing the detected features are provided.*

**Key words:** *gas turbine engine, axial compressor, cleaning on operating duty, efficiency, detergent solution.*

### **Причинно-следственный анализ аварий и несчастных случаев на объектах нефтегазодобычи**

А. В. Солодовников<sup>1</sup>, А. Н. Махнёва<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет,

<sup>2</sup>Тюменский научный центр СО РАН,

<sup>3</sup>Тюменский индустриальный университет,

*arina\_makhneva@mail.ru*

*В статье представлен причинно-следственный анализ аварий и несчастных случаев на объектах нефтегазодобычи России за период 2007–2016 гг. Выделен ряд наиболее значимых категорий: наименование объекта месторождения, вид аварии, вид деятельности в области промышленной безопасности, характер нарушения, количество пострадавших, причина несчастного случая. Установлены наиболее характерные зависимости между переменными. Предложен ряд основных правил обеспечения безопасности на объектах нефтегазодобычи.*

**Ключевые слова:** анализ, авария, несчастный случай, статистика, объект нефтегазодобычи.

A. V. Solodovnikov<sup>1</sup>, A. N. Makhneva<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Ufa State Petroleum Technological University,

<sup>2</sup>Tyumen Scientific Centre SB RAS,

<sup>3</sup>Industrial University of Tyumen

### **A Causal Analysis of Accidents on Oil and Gas Production Facilities**

*The article considers a causal analysis of accidents on oil and gas production facilities in Russia for the period 2007-2016. A number of the most significant categories are singled out: the name of the deposit object, the type of accident, the type of activity in the field of industrial safety, the nature of the violation, the number of victims, the cause of the accident. The most characteristic relationships between the variables. Six basic rules for ensuring safety at oil and gas production facilities have been developed.*

**Key words:** *analysis, accident, statistics, oil and gas production facilities.*

### **Влияние защиты трубопроводов транспортных систем на развитие аварий по механизму прогрессирующего повреждения**

И. А. Тарарычкин

Луганский национальный университет им. В. Даля,

*donbass\_8888@mail.ru*

*С использованием метода имитационного моделирования изучено влияния защиты трубопроводов на развитие прогрессирующего повреждения. Для оценки состояния системы на различных этапах повреждения, при котором не защищенные линейные элементы последовательно переходят в состояние неработоспособности в случайном порядке, использовалась разработанная компьютерная программа. Способность системы противостоять развитию прогрессирующего повреждения оценивалась при помощи показателя стойкости. Множество всех линейных элементов системы рассматривается как состоящее из пяти подмножеств, отличающихся характеристиками соединяемых точечных элементов. Установлено, что эффект защиты отдельного элемента системы зависит от его удаленности от источника продукта и принадлежности к одному из указанных подмножеств. Установлено, что защита сетевых структур от прогрессирующего повреждения оказывается наиболее эффективной в случае формирования симплексов с топологией «линия» или «дерево», включения в состав симплекса всех не защищенных потребителей целевого продукта, увеличения размерности симплекса.*

**Ключевые слова:** трубопроводный транспорт, защита, структура, имитационное моделирование.

I. A. Tararychkin

Lugansk National University named after V. Dahl

### **Effect of Pipeline Protection on the Development of Accidents by the Mechanism of Progressive Damage**

*Study of the effect of protection of pipelines for the development of progressive damage were run using the simulation method. The developed computer program was used to assess the state of the system at various stages of damage which is not protected linear elements successively pass into a state of failure in random order.*

*The ability of the system to resist the development of progressive damage was assessed using the indicator of persistence, representing the average share of non-protected piping system, the transition of which into a state of failure in random order leads to disconnection from the source of all not protected the consumers of the target product. The set of all linear elements of the system is considered as consisting of five subsets G1, ... G5, different characteristics of the connected elements. It is established that the protection effect of an individual element of the system depends on its distance from the source of the product and belonging to one of the subsets.*

*It is established that the protection of network structures from progressive damage with the use of simplexes is most effective if: formation of simplexes, with topology «line» or «tree»; inclusion in the simplex of all not protected the consumers of the target product; increasing the dimension of the simplex.*

**Key words:** pipeline transport, system, protection, structure, simulation.