

# ТЕХНОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА

научно-технологический журнал

№5<sup>(160)</sup> 2025

DOI: 10.32935/1815-2600-2025-160-5

## Главный редактор

Б. П. ТУМАНЯН – д.т.н., проф.

## Научно-редакционный совет

А. Ф. ВИЛЬДАНОВ – д.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.

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

A. F. VIL'DANOV – Dr. 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.

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)

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК, ПОСВЯЩЕННЫЙ 35-ЛЕТИЮ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

## СОДЕРЖАНИЕ

### АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Ю. А. Плакиткин, Л. С. Плакиткина, К. И. Дьяченко  
ВОЗДЕЙСТВИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ  
НА МИРОВОЕ РАЗВИТИЕ ОТРАСЛЕЙ ТЭК,  
ВЫВОДЫ ДЛЯ РОССИИ..... 3

### НЕФТЕХИМИЯ

Г. Н. Гордадзе, О. А. Стоколос  
ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАСЫЩЕННЫХ  
УГЛЕВОДОРОДОВ В НЕФТЯХ ОЗЕРНОГО ГЕНОТИПА ..... 14

### ПЕРЕРАБОТКА НЕФТИ И ГАЗА

Н. А. Шостак, Е. П. Запорожец, Д. Г. Антониади,  
М. С. Аль-Идриси, Е. М. Кобозева  
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫСЛОВОГО ПРОИЗВОДСТВА  
СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА ..... 21

### РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

А. В. Насыбуллин, В. А. Саяхов, Л. Р. Шайхразиева  
СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА..... 25

М. Н. Большаков, Н. А. Скибицкая, Н. А. Гафаров, И. О. Бурханова,  
Д. В. Сурначёв, О. О. Марутян, М. О. Киреева

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ И МОДЕЛИРОВАНИЮ  
ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ..... 33

Е. Р. Бадертдинова, М. Х. Хайруллин

ОБ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧЕ НЕСТАЦИОНАРНОЙ  
ФИЛЬТРАЦИИ БИНГАМОВСКОЙ ЖИДКОСТИ  
К ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ ..... 40

## ИССЛЕДОВАНИЯ

М. А. Силин, Л. Ф. Давлетшина,  
К. А. Потешкина, Д. А. Моисеевкова  
ВЛИЯНИЕ ИОННОЙ СИЛЫ ВОДНОГО РАСТВОРА  
НА ВЯЗКОСТНЫЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ  
ПОЛИАКРИЛАМИДА РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРЫ ..... 46

В. А. Сахаров

МАССИВ ЧИСЕЛ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ  
И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ..... 53

## АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

С. С. Горбунов, А. В. Костандян, А. Ф. Егоров,  
В. В. Сидоров, В. А. Костандян

ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА БЕНЗИНОВ  
С ОГРАНИЧЕНИЯМИ НА ЗАПАСЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ДИСКРЕТНЫХ И НЕПРЕРЫВНЫХ МОДЕЛЕЙ ..... 56

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

В. В. Бессель, В. А. Карасевич, А. С. Лопатин,  
Р. Д. Мингалеева, Р. Ю. Фомин

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ УДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ  
НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА ЗА СЧЕТ  
АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ ..... 63

## ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ

Р. Н. Салиева

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОДДЕРЖКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ПО ВНЕДРЕНИЮ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ..... 68

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:  
105318, г. Москва,  
Измайловское шоссе, д. 20-1Н

e-mail: tng98@list.ru

Интернет: <http://www.nitu.ru>

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

**№5<sup>(160)</sup> 2025**

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

## **Воздействие глобальных трансформаций на мировое развитие отраслей ТЭК, выводы для России**

Ю. А. Плаkitкин<sup>1</sup>, Л. С. Плаkitкина<sup>2</sup>, К. И. Дьяченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт энергетических исследований Российской академии наук,

Центр анализа и инноваций в энергетике,

<sup>2</sup>Центр исследования угольной промышленности мира и России

*luplak@rambler.ru*

*В статье представлены результаты воздействия глобальных трансформаций современного периода (демографических, технологических, энергетических), влияющих на развитие мировой и отечественной энергетики. Приведена характеристика мирового демографического развития. Проанализирована его связь с мировым инновационно-технологическим процессом, исследованным по потоку мировых патентных заявок. Показана взаимосвязь энергетического перехода с демографическим и технологическим переходами. Представлены закономерности повышения плотности энергии применяемых энергоисточников и ее влияния на производительность труда и скорость перемещения людей и грузов в экономике. Приведен контур будущего развития энергетических технологий.*

**Ключевые слова:** мировые трансформации, демографический, технологический и энергетический переходы, мировые патентные заявки, плотность энергии, закономерности развития, прогнозный контур развития энергетики.

DOI: 10.32935/1815-2600-2025-160-5-3-13

Yu. A. Plakitkin<sup>1</sup>, L. S. Plakitkina<sup>2</sup>, K. I. Dyachenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Center for Analysis and Innovation in Energy, Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences

<sup>2</sup>Center for Research of the Coal Industry of the World and Russia,

Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences

## **Impact of Global Transformations on the Global Development of Fuel and Energy Complex Industries, Conclusions for Russia**

*The article presents the results of the impact of global transformations of the modern period (demographic, technological, energy), affecting the development of the world and domestic energy sector. The characteristics of the world demographic development are given. Its connection with the world innovation and technological process, studied by the flow of world patent applications, is analyzed. The relationship between the energy transition and the demographic and technological transitions is shown. The patterns of increasing the energy density of the energy sources used and its impact on labor productivity and the speed of movement of people and goods in the economy are presented. The outline of the future development of energy technologies is given.*

**Key words:** global transformations, demographic, technological and energy transitions, global patent applications, energy density, development patterns, forecast outline of energy development.

## Особенности распределения насыщенных углеводородов в нефтях озерного генотипа

Г. Н. Гордадзе, О. А. Стоколос

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина,

Gordadze@rambler.ru

*Методом хроматомасс-спектрометрии исследованы закономерности распределения насыщенных углеводородов-биомаркеров (n-алканов, изопренов, сесквитерпанов, стеранов и терпанов) и углеводородов алмазоподобного строения — адамантанов в незрелой и зрелой нефтях озерного генотипа. Исследованы также закономерности распределения тех же углеводородов в продуктах термоллиза, одного из высокомолекулярных предшественников нефтей — смол (бензольных и спирто-бензольных), выделенных из незрелой и зрелой нефтей озерного генотипа. Показаны сходства и различия относительного содержания углеводородов на молекулярном уровне в нефтях озерного генотипа с нефтями морского и/или прибрежно-морского и континентального генотипов. Методом ИК-спектрометрии определены степени окисленности*

*незрелой и зрелой нефти и выделенных из нефтей нейтральных, бензольных и спирто-бензольных смол.*

**Ключевые слова:** незрелая и зрелая нефть, нефти озерного генотипа, углеводороды алмазоподобного строения, углеводороды биомаркеры, продукты термоллиза, бензольные и спиртобензольные смолы, степень окисленности нефти.

DOI: 10.32935/1815-2600-2025-160-5-14-20

G. N. Gordadze, O. A. Stokolos

Gubkin University

## Features of the Distribution of Saturated Hydrocarbons in Oils of the Lake Genotype

*The distribution patterns of saturated biomarker hydrocarbons (n-alkanes, isoprenanes, sesquiterpanes, steranes, and terpanes) and diamond-like hydrocarbons (adamantanes) in immature and mature oils of the lacustrine genotype were studied using chromatomass-spectrometry. The distribution patterns of these same hydrocarbons in thermolysis products of one of the high-molecular-weight oil precursors—resins (benzene and alcohol-benzene)—isolated from immature and mature oils of the lacustrine genotype were also studied. Similarities and differences in the relative content of hydrocarbons at the molecular level in lacustrine genotype oils compared to oils of marine and/or coastal-marine and continental genotypes were demonstrated. Using IR-spectrometry, the oxidation states of immature and mature oils and neutral, benzene, and alcohol-benzene resins isolated from oils were determined.*

**Key words:** immature and mature oil, lake genotype oils, diamond-like hydrocarbons, biomarker hydrocarbons, thermolysis products, benzene and alcohol-benzene resins, degree of oil oxidation.

## Перспективы промышленного производства сжиженного природного газа

Н. А. Шостак<sup>1</sup>, Е. П. Запорожец<sup>1</sup>, Д. Г. Антониади<sup>1</sup>,

М. С. Аль-Идриси<sup>1</sup>, Е. М. Кобозева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кубанский государственный университет,

<sup>2</sup>Финансовый университет при Правительстве РФ, Краснодар,

nikeith@mail.ru

*В работе предлагается комбинированная технология по производству сжиженного природного газа, включающая изоэнтальпийное расширение газа в соплах типа Лавалья в детандарных агрегатах с производством механической и электрической энергии, отделение фаз друг от друга, выработка электрической энергии для нужд производства, путем сжигания газа и/или преобразования энергии изоэнтальпийно расширяющегося газа, раздельная подача потребителю и/или хранение целевого и попутного продуктов, жидкой воды и газа на технологические нужды производства.*

**Ключевые слова:** газовые месторождения, детандер, изоэнтальпийное расширение газа, промышленное производство, сжиженный природный газ.

DOI: 10.32935/1815-2600-2025-160-5-21-24

N.A. Shostak<sup>1</sup>, E.P. Zaporozhets<sup>1</sup>, D.G. Antoniad<sup>1</sup>, M.S. Al-Edresi<sup>1</sup>, E.M. Kobozeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kuban State University, Krasnodar,

<sup>2</sup>Financial University under the Government of the Russian Federation, Krasnodar

### **Prospects for Commercial Production of Liquefied Natural Gas**

*The article proposes a combined technology for the production of liquefied natural gas, including isenthalpic expansion of gas in Laval nozzles and isenthalpic expansion of gas in detandary units with the production of mechanical and electrical energy, separation of phases from each other, generation of electrical energy for production needs by burning gas and / or converting the energy of isenthalpic expanding gas, separate supply to the consumer and / or storage of target and associated products, liquid water and gas for the technological needs of production.*

**Key words:** expander, gas fields, field production, isenthalpic expansion of gas, liquefied natural gas.

### **Современные решения по совершенствованию технологических процессов гидроразрыва пласта**

А. В. Насыбуллин<sup>1,2</sup>, В. А. Саяхов<sup>1</sup>, Л. Р. Шайхразиева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти»,

<sup>2</sup>Институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» им В. Д. Шашина

arsval@bk.ru

*В статье приведены результаты детализированного обзора научно-технической литературы по опыту применения новых решений и материалов с целью совершенствования технологического процесса гидроразрыва пласта (ГРП) при разработке нефтяных месторождений. Рассмотрены вопросы совершенствования технологии кислотного ГРП, в том числе с использованием пенных систем для снижения утечек в пласт и способов понижения скорости реакции кислоты с породой. В области совершенствования проппантного ГРП выполнен анализ по подбору оптимального размера зерен проппанта, по видам высокопрочного проппанта для глубокозалегающих пластов и облегченного проппанта для снижения скорости осаждения при формировании трещины ГРП. Выявлено, что увеличение продуктивности скважины вследствие применения ГРП зависит от подхода к выбору жидкости разрыва, проппанта и дизайна ГРП в зависимости от геологических характеристик пласта-коллектора.*

**Ключевые слова:** гидроразрыв пласта, проппант, жидкость разрыва, дизайн гидроразрыва пласта, кислотный гидроразрыв пласта.

A. V. Nasybullin, V. A. Sayakhov, L. R. Shaikhrazieva

Almetyevsk State Technological University «Petroleum High School»

### **Modern Solutions for Improving the Technological Processes of Hydraulic Fracturing**

*The article presents the results of a detailed review of scientific and technical literature on the experience of using new solutions and materials in order to improve the technological process of hydraulic fracturing in the development of oil fields. The paper considered the issues of improving acid fracturing technology, including the use of foam systems to reduce leaks into the formation and ways to reduce the rate of acid reaction with rock. In the field of improving proppant fracturing, an analysis was performed to select the optimal grain size of the proppant, according to the types of high-strength proppant for deep-lying formations and lightweight proppant to reduce the deposition rate during the formation of a fracturing fracture. As a result of the performed analysis, it was revealed that the success of hydraulic fracturing is determined by an increase in well productivity and is a consequence of a qualitative approach to the choice of rupture fluid, wedging agent and hydraulic fracturing design depending on the geological characteristics of the reservoir formation.*

**Key words:** hydraulic fracturing, proppant, fracturing fluid, hydraulic fracturing design, acid fracturing.

### **Системный подход к изучению и моделированию жизненного цикла нефтегазовых месторождений**

М. Н. Большаков<sup>1</sup>, Н. А. Скибицкая<sup>1</sup>, Н. А. Гафаров<sup>2</sup>, И. О. Бурханова<sup>1</sup>,

Д. В. Сурначёв<sup>1</sup>, О. О. Марутян<sup>1</sup>, М. О. Киреева<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем нефти и газа РАН,

<sup>2</sup>Независимый исследователь,

<sup>3</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина,

[bolshakov@ipng.ru](mailto:bolshakov@ipng.ru)

*В статье представлены результаты изучения процесса обводнения Оренбургского НГКМ на основе анализа разносторонней информации об изучаемом объекте, результатов лабораторных исследований образцов керна, геологического моделирования, гидродинамического моделирования и анализа результатов интерпретации данных геофизических исследований скважин. Несмотря на позднюю стадию разработки изучаемого месторождения, результаты исследования могут быть использованы не только для целевой разработки месторождения в необходимых целях, но и для более эффективного проектирования и управления разработкой других газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождений, находящихся в схожих геолого-технических условиях.*

**Ключевые слова:** обводнение, Оренбургское нефтегазоконденсатное месторождение, карбонатные отложения, зоны трещиноватости, гидродинамическое моделирование, скорость капиллярной пропитки.

M. N. Bolshakov<sup>1</sup>, N. A. Skibitskaya<sup>1</sup>, N. A. Gafarov<sup>2</sup>, I. O. Burkhanova<sup>1</sup>,

D. V. Surnachev<sup>1</sup>, O. O. Marutyan<sup>1</sup>, M. O. Kireeva<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Oil and Gas Research Institute of the Russian Academy of Sciences,

<sup>2</sup>Independent scientist, <sup>3</sup>Gubkin University

### **A Systems Approach to Studying and Modeling the Life Cycle of Oil and Gas Fields**

*The water encroachment process of the Orenburg oil and gas condensate field began immediately after placing on production. The article presents the results of studying the water encroachment process of the Orenburg gas condensate field based on the analysis of diverse data on the subject, laboratory studies of core samples, geological modeling, hydrodynamic modeling, and interpretation of well logging data. Despite the late stage of the field's development, the research findings can be applied not only for targeted development of the field in non-flooded pillars but also for more efficient design and management of other gas condensate and oil-gas condensate fields under similar geological and technical conditions.*

**Key words:** water encroachment, Orenburg oil and gas condensate field, carbonate deposits, fractured zones, hydrodynamic modeling, capillary imbibition rate.

### **Об обратной задаче нестационарной фильтрации бингамовской жидкости к горизонтальной скважине**

Е. Р. Бадертдинова<sup>1</sup>, М. Х. Хайруллин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет,

<sup>2</sup>Институт механики и машиностроения – структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН,

*m.khairullin@mail.ru*

*Рассматривается нестационарная фильтрация бингамовской неньютоновской жидкости к горизонтальной скважине. Результаты экспериментов показывают, что при течении таких жидкостей в пористых средах при малых градиентах давления появляются отклонения от линейного закона Дарси. Дается постановка обратной коэффициентной задачи по определению фильтрационных параметров при течении бингамовской неньютоновской жидкости к горизонтальной скважине. В качестве исходной информации используются кривые изменения давления, замеренные на скважине. Для численного решения обратной коэффициентной задачи предлагается вычислительный алгоритм на основе методов регуляризации.*

**Ключевые слова:** бингамовская неньютоновская жидкость, горизонтальная скважина, коэффициент проницаемости, кривая изменения давления, параметр регуляризации, предельный градиент.

DOI: 10.32935/1815-2600-2025-160-5-40-45

E. R. Badertdinova<sup>1</sup>, M. Kh. Khairullin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kazan National Research Technological University,

<sup>2</sup> Institute of Mechanics and Mechanical Engineering – a structural division of the FRC KazSC RAS

### **On the inverse problem of non-stationary filtration of Bingham fluid to a horizontal well**

*The non-stationary filtration of Bingham non-Newtonian fluid toward a horizontal well is considered. The experimental results show that deviations from the linear Darcy law occur during the flow of such fluids in porous media at small pressure gradients. The formulation of the inverse coefficient problem for determining the filtration parameters during the flow of a Bingham non-Newtonian fluid to a horizontal well is given. The pressure change*

*curves measured at the well are used as initial information. A computational algorithm based on regularization methods is proposed for the numerical solution of the inverse coefficient problems.*

**Key words:** *Bingham non-Newtonian fluid, horizontal well, permeability coefficient, pressure change curve, regularization parameter, limiting gradient.*

## **Влияние ионной силы водного раствора**

### **на вязкостные свойства растворов полиакриламида различной структуры**

М. А. Силин, Л. Ф. Давлетшина, К. А. Потешкина, Д. А. Моисееenkova

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина,

*davletshina.l@gubkin.ru*

*Полиакриламид получил широкое распространение в нефтегазодобывающей промышленности, в частности при полимерном заводнении для повышения нефтеотдачи пластов. Ключевыми параметрами этой технологии являются реологические характеристики полимерных растворов. Большинство работ в этой области посвящено исследованию влияния концентрации солей в воде на эффективную вязкость полимерных растворов. Поскольку заряд ионов солей, содержащихся в воде, является определяющим фактором, влияющим на молекулы полиакриламида, предложено использовать величину «ионная сила» раствора, а не «общая минерализация». В результате проведенных экспериментов были получены зависимости эффективной вязкости полиакриламидов различной структуры от ионной силы среды. Для исследования использовались как модельные воды с различным содержанием хлорида натрия и кальция, так и реальные воды месторождений. Показана возможность прогнозирования реологического поведения полимерных растворов на основе полиакриламида для конкретных месторождений.*

**Ключевые слова:** полиакриламид, полимерный раствор, полимерное заводнение, реологические характеристики, минерализация, ионная сила.

DOI: 10.32935/1815-2600-2025-160-5-46-52

M. A. Silin, L. F. Davletshina, K. A. Poteshkina, D. A. Moiseenkova

Gubkin University

## **Influence of Ionic Strength on Viscosity Properties of Aqueous Solutions of Polyacrylamide with Different Structures**

*Polyacrylamide is used in the oil and gas production industry, particularly in polymer flooding to enhance oil recovery. The key parameters of this technology are the rheological characteristics of polymer solutions. Much of the existing literature in this field focuses on the impact of salt concentration in water on the effective viscosity of polymer solutions. As the charge of salt ions in water affects polyacrylamide molecules, the authors propose using the value of 'ionic strength' rather than 'total salinity'. The results of the experiments showed the dependence of the effective viscosity of polyacrylamides of different structures on the ionic strength of the medium. Both model waters with different sodium and calcium chloride content and real field water were used in the study. The results show that it is possible to predict the rheological behaviour of polyacrylamide-based polymer solutions for specific fields.*

**Key words:** *polyacrylamide, polymer solution, polymer flooding, rheological characteristics, mineralisation, ionic strength.*

### **Массив чисел для описания физических и социальных процессов**

В. А. Сахаров

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина,

*sakharov34@bk.ru*

*В работе приводятся формулы степеней арифметической прогрессии, даны различные способы получения этих формул, рассмотрены свойства коэффициентов формул степеней прогрессии и связи между коэффициентами формул различных степеней. Коэффициенты степеней образуют бесконечный массив чисел, связанных между собой определёнными соотношениями. Соотношения не зависят от величины фрагмента массива, который можно использовать для описания физических или социальных процессов. При этом формулы степеней прогрессии позволяют по текущему состоянию процесса определить его прошлое и будущее, т.к. они действительны для любого интервала арифметической прогрессии.*

**Ключевые слова:** арифметическая прогрессия, формулы степеней, бесконечный массив чисел, фрагмент массива, прошлое и будущее процесса.

DOI: 10.32935/1815-2600-2025-160-5-53-55

V. A. Sakharov

Gubkin University

### **Array of Numbers for Describing Physical and Social Processes**

*The article provides formulas for degrees of arithmetic progression, gives various ways to obtain these formulas, examines the properties of coefficients of formulas of degrees of progression and the relationship between coefficients of formulas of different degrees. The coefficients of the degrees form an infinite array of numbers interconnected by certain ratios. The ratios do not depend on the size of the array fragment that can be used to describe physical or social processes. At the same time, the formulas of degrees of progression make it possible to determine its past and future based on the current state of the process, since they are valid for any interval of arithmetic progression.*

**Key words:** *arithmetic progression, formulas of degrees, infinite array of numbers, fragment of an array, past and future process.*

### **Планирование производства бензинов с ограничениями на запасы с использованием дискретных и непрерывных моделей**

С. С. Горбунов<sup>1</sup>, А. В. Костандян<sup>2</sup>, А. Ф. Егоров<sup>3</sup>, В. В. Сидоров<sup>4</sup>, В. А. Костандян<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ООО «МЦЭ-Инжиниринг»,

<sup>2</sup>ФБУ «КВФ «Интерстандарт»,

<sup>3</sup>Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева,

<sup>4</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина,

*egorov.a.f@muctr.ru*

*В статье рассматривается алгоритм планирования многопериодного расписания непрерывного приготовления бензинов во времени использованием математических моделей с линейными и нелинейными характеристиками процессов смешения. Для решения задач большой размерности и нелинейности по ряду факторов в модели завода учитываются качество сырья, структуру технологической схемы, требования к качеству товарных продуктов, цены на сырье, продукты, энергоресурсы и т. д. Данные модели рассматривались и решались методом последовательного линейного программирования с допущением линейности и гладкости функций, что приводило к неточности результатов моделирования. Реализация данных моделей выполнена в ПК ОПОР «Программный комплекс оптимального планирования и оптимизации бензинов и мазутов». Тестирование ПК ОПОР при составлении расписаний приготовления топлива при использовании представленных моделей показало высокую эффективность в части сокращения времени технологических операций и стабильности результатов по показателям качества продукта, с минимальным запасом по октановому числу. Сокращение времени составило до 10%, запас октанового числа в итоговом продукте не превышает 0,1.*

**Ключевые слова:** алгоритм, многопериодное планирование, нелинейные модели смешивания, рецептура смеси бензинов.

DOI: 10.32935/1815-2600-2025-160-5-56-62

S. S. Gorbunov<sup>1</sup>, A. V. Kostandyan<sup>2</sup>, A. F. Yegorov<sup>3</sup>, V. V. Sidorov<sup>4</sup>, V. A. Kostandyan<sup>4</sup>

<sup>1</sup>LLC «MCE-Engineering»,

<sup>2</sup>FBI «KVF «Interstandart»,

<sup>3</sup>D. I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology,

<sup>4</sup>Gubkin University

## **Gasoline Production Planning with Inventory Constraints**

### **Using Discrete and Continuous Models**

*This article discusses a multi-period scheduling algorithm for continuous gasoline preparation using mathematical models with linear and nonlinear mixing process characteristics. To solve large-scale, nonlinear problems across a number of factors, the plant model takes into account feedstock quality, process flow structure, final product quality requirements, feedstock and product prices, energy resources, and other factors. These models were analyzed and solved using sequential linear programming, assuming linear and smooth functions. This resulted in inaccurate modeling results. These models were implemented in the OPOR software suite, «Software Package for Optimal Planning and Optimization of Gasoline and Fuel Oil.» Testing of the OPOR software suite for fuel preparation scheduling using the presented models demonstrated high efficiency in reducing process operation time and maintaining consistent results in terms of product quality, with a minimal octane reserve. The time reduction was up to 10%, and the octane reserve in the final product does not exceed 0.1.*

**Key words:** algorithm, multiperiod schedule, nonlinear blend models, gasoline blend formulation.

## **Энергообеспечение удаленных объектов нефтегазового комплекса за счет атомных реакторов малой мощности**

В. В. Бессель, В. А. Карасевич, А. С. Лопатин, Р. Д. Мингалеева, Р. Ю. Фомин

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина,

*valery.bessel@gmail.com*

*В статье рассматривается проблема энергообеспечения объектов нефтегазового комплекса России в регионах Дальнего Востока и Арктики с учетом крайне ограниченных возможностей энергетической инфраструктуры в удаленных регионах страны, а также высокой стоимости электроэнергии, получаемой на дизельных генерирующих станциях. Перспективным решением для энергообеспечения объектов нефтегазового комплекса в условиях ограничения развития энергетической инфраструктуры в регионах проведения геологоразведочных работ могли бы стать стационарные или передвижные энергетические комплексы с атомными реакторами малой мощности, опыт разработки и практической реализации которых в Российской Федерации значителен.*

**Ключевые слова:** нефтегазовый комплекс России, энергообеспечение, автономные объекты, дизельная генерация, атомные реакторы малой мощности, возобновляемые источники энергии, низкоуглеродная энергетика.

DOI: 10.32935/1815-2600-2025-160-5-63-67

V. V. Bessel, V. A. Karasevich, A. S. Lopatin, R. D. Mingaleeva, R. Yu. Fomin

Gubkin University

### **Power Supply for Remote Oil and Gas Facilities Using Low-Power Nuclear Reactors**

*The article presents the problem of energy supply for oil and gas facilities of the Russian oil and gas complex in the Far East and Arctic regions, taking into account the extremely limited capacity of energy infrastructure in remote regions of the country, as well as the high cost of electricity generated by diesel generating stations. Stationary or mobile power complexes with low-power nuclear reactors could be a promising solution for energy supply of oil and gas facilities in the conditions of limited development of energy infrastructure in the regions of geological exploration, the experience of development and practical implementation of which in Russia is significant.*

**Key words:** Russian oil and gas complex, energy supply, autonomous facilities, diesel generation, low-power nuclear reactors, renewable energy sources, low-carbon energy.

## **Государственная поддержка деятельности по внедрению наилучших доступных технологий в нефтегазовой отрасли**

Р. Н. Салиева

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан

*sargus6@yandex.ru*

*В соответствии с действующим законодательством в статье приведены меры государственной поддержки деятельности, направленной на внедрение наилучших доступных технологий (НДТ) в организациях нефтегазовой отрасли. Выявлено, что отсутствует системная основа законодательного обеспечения государственной поддержки НДТ как в целом, так и в нефтегазовой отрасли. Отмечено, что для*

*эффективного продвижения и широкого распространения наилучших доступных технологий (НДТ) в нефтегазовой отрасли важно обеспечить комплекс целенаправленных мер государственной поддержки. Обобщены и предложены возможные варианты такой поддержки: финансовая поддержка в форме предоставления субсидий и бюджетных ассигнований на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке и адаптации технологий НДТ; налоговая поддержка в форме установления пониженных ставок налога на прибыль для организаций, применяющих НДТ, а также информационная, техническая, инфраструктурная поддержки.*

**Ключевые слова:** наилучшие доступные технологии, внедрение наилучших доступных технологий, меры государственной поддержки, организации нефтегазовой отрасли, стимулирование внедрения наилучших доступных технологий.

DOI: 10.32935/1815-2600-2025-160-5-68-72

R. N. Salieva

Institute of Ecology and Subsoil Use Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan

### **Government Support for the Implementation of the Best Available Technologies in The Oil and Gas Industry**

*In accordance with the current legislation, the article provides measures of state support for activities aimed at the introduction of the best available technologies (BAT) in organizations of the oil and gas industry. It is revealed that there is no systematic basis for the legislative provision of state support for NDT both in general and in the oil and gas industry. It was noted that in order to effectively promote and widely disseminate the best available technologies (BAT) in the oil and gas industry, it is important to provide a set of targeted government support measures. Possible options for such support are summarized and proposed: financial support in the form of grants and budget allocations for research and development (R&D) on the development and adaptation of BAT technologies; tax support in the form of setting reduced income tax rates for organizations using BAT, as well as information, technical, and infrastructural support.*

**Key words:** best available technologies, BAT implementation, government support measures, oil and gas industry organizations, stimulating BAT implementation.