



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

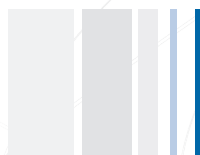


United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization



International Competence Centre  
for Mining-Engineering Education  
under the auspices of UNESCO

# ХVIII ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ-КОНКУРС СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ



РОССИЙСКИЙ ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП МЕЖДУНАРОДНОГО  
ФОРУМА-КОНКУРСА МОЛОДЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ  
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ»

## ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**15-17** АПРЕЛЯ  
2020 САНКТ-ПЕТЕРБУРГ



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

Санкт-Петербургский горный университет

**ХVIII ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ-  
КОНКУРС  
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ**

15-17 апреля 2020 года

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

Санкт-Петербург  
2020

УДК 00 (622+55+665.6/7+620.9+621+669(082))

ББК 2 (65.304.11+33.36+31+34.3/4я43)

В 851

В сборнике помещены труды молодых исследователей, участников XVIII Всероссийской конференции-конкурса студентов и аспирантов 15-17 апреля 2020 года. Материалы сборника представляют интерес для широкого круга исследователей, ученых, педагогов, специалистов, руководителей промышленных предприятий и предпринимателей, работающих в области поиска, разведки, добычи и переработки полезных ископаемых.

The Volume contains works of young researchers-participants of XVIII Russian Conference of students and graduate students, which was held at the St. Petersburg State Mining University from the 15<sup>th</sup> to 17<sup>th</sup> April 2020. The Volume can be of great interest for a wide range of researchers, scientists, university lecturers, specialists and managers of industrial enterprises and organisations as well as for businesspeople involved in exploration, prospecting, development and processing of minerals.

Редакционная коллегия: доцент *Т.А. Петрова* (председатель), профессор *В.Ю. Бажин*, профессор *А.С. Егоров*, профессор *О.И. Казанин*, профессор *В.В. Максаров*, профессор *М.А. Пашкевич*, профессор *А.Г. Протосеня*, профессор *В.А. Шпенст*, доцент *Н.А. Вахнин*, доцент *Д.Г. Петраков*, доцент *П.А. Петров*, доцент *И.В. Поцешковская*, доцент *С.А. Сидоренко*.

УДК 00 (55+62+66+33+50+54)

ББК 2 (55+62+66+33+50+54)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### Секция 1. Новые подходы к решению проблем нефтегазовой отрасли

#### *Алжадли М.*

Ремонт трубопроводов постановкой муфт с использованием композиционных материалов

Pipeline repair by coupling with composit materials ..... 40

#### *Антропов В.А.*

Разработка состава технологической жидкости для предотвращения поглощений

Development a composition of a drilling fluid to prevent circulation loss ..... 40

#### *Ахмедова А.Н.*

Комплексирование данных промыслово-геофизических и гидродинамических исследований с целью повышения эффективности разработки сложнопостроенных коллекторов

Complexing the data of geophysical and hydrodynamic studies in order to increase the efficiency of developing complex reservoirs ..... 41

#### *Бахтияров Э.Б.*

Обоснование системы разработки нефтяных залежей с низкопроницаемыми коллекторами

Justification of the development system of oil fields with low-permeable reservoirs ..... 42

#### *Белухин А.И.*

Оценка влияния растительных компонентов на физико-химические свойства бурового раствора

Evaluation of the effect of plant components on the physical and chemical properties of the drilling mud ..... 43

#### *Бешерян З.А.*

Моделирование работы и оценка напряженно-деформированного состояния надземных трубопроводов при различной форме компенсационных участков

The simulation operation and evaluation of stress-strain state of overhead pipelines with compensative sections of various forms ..... 44

#### *Биянов Н.Ю.*

Разработка магнитного активатора для защиты добывающих скважин от асфальтосмолопарафиновых отложений

Development of a magnetic activator for the protection of producing wells from asphaltene deposits ..... 45

#### *Гаджибалаев Т.А., Димитриади Ю.К.*

К вопросу регулирования забойного давления при бурении на аэрированной жидкости

Pertains to the bottomhole pressure regulation when drilling on the aerated fluid ..... 46

#### *Гаймалетдинова Г.Л., Исмаилова Э.Р.*

Управление искривлением скважины с помощью винтового забойного двигателя-отклонителя с вращением бурильной колонны

Well path control using screw downhole motor-diverter while drilling string rotation ..... 47

#### *Ганиев Т.А.*

Обеспечение оптимальной производительности скважины при периодической эксплуатации малодебитных скважин

Ensuring optimal well productivity during periodic operation of low-production wells ... 48

<b>Гаюбов А.Т.</b>	
Методы оценки нелинейного течения флюида в пористых средах с помощью машинного обучения	
Evaluation methods of non-linear fluid flow in a porous medium using machine learning.....	49
<b>Гомбоева А.Б.</b>	
Производство сжиженного природного газа на плавучих установках	
Floating liquefied natural gas production .....	50
<b>Горбылева Я.А.</b>	
Использование выхлопных газов двигателей электрогенерирующих установок при нагнетании водогазовых смесей	
The use of exhaust gases from engines of power generating units for the injection of water-gas mixtures .....	51
<b>Горелкина Е.И.</b>	
Исследование возможностей увеличения давления нагнетания газа с применением насосно-эжекторных систем	
Study of the possibilities of increasing the gas injection pressure with the use of pump-ejecting systems .....	52
<b>Демина А.А.</b>	
Разработка и апробация методологии интегрированного проектирования на основе интегрированной модели актива	
Development and testing of the integrated design methodology based on the integrated asset model .....	53
<b>Дыкин А.К.</b>	
Исследование гидравлического сопротивления полиэтиленовых и стальных газопроводов	
Research of hydraulic resistance of polyethylene and steel gas pipelines .....	54
<b>Жданов М.В., Зинюков Р.А.</b>	
Оценка эффективности ПАВ заводнения карбонатных коллекторов на высокоминерализованных водах	
Evaluation of surfactant flooding in high salinity carbonate reservoirs .....	55
<b>Жигарев Д.Б.</b>	
Экспериментальные исследования влияния частоты вращения вала газосодержания на КПД высокооборотных насосов	
Experimental research of the eddect of the shaft speed and the gas content on the efficiency of high-speed centrifugal pump .....	56
<b>Жовтиханов Д.С.</b>	
Резьбовое замковое коническое соединение бурильных труб и способ увеличения его несущей способности и ресурса работы	
Threaded lock conic connection of drill pipes and method for increasing its carrying ability and resource of work .....	57
<b>Занчаров А.А.</b>	
Перспективы добычи нетрадиционных запасов углеводородов, пруроченных к отложениям доманикового типа Волго-Уральской нефтегазоносной провинции на примере Удмуртской Республики	
Production of production of unconventional hydrocarbon reserves associated with domanic deposits from the Volga-Ural oil and gas province for example of the Udmurt Republic .....	58

***Зарипова А.Ф.***

Влияние состава и качества закачиваемой воды на эффективность разработки глинистых коллекторов

Influence of composition and quality of injected water on efficiency of clay collectors development ..... 59

***Кадочников В.Г.***

Влияние основных параметров бурения и реологии бурового раствора на выносную способность шлама в наклонно-направленной скважине

Influence of the basic drilling parameters and mud rheology on the carrying capacity of sludge in the directional well ..... 60

***Капущак Э.Р., Козлова К.А.***

Разработка методики определения устойчивости ствола наклонно направленной скважины

Development of a methodology for determining stability of a directional wellbore ..... 61

***Кетова Ю.А.***

Разработка технологии выравнивания профилей приёмистотсти пласта на основе применения предварительно-сшитых полимерных гелей

Preformed particle gel application for conformance control technology of oil deposits ..... 62

***Ким В.В.***

Особенности выделения объекта разработки по данным заканчивания скважин на месторождениях Западной Сибири

Features of the choice development objects according to well completion data at the fields in the Western Siberia ..... 63

***Кодиров Ш.Ш.***

Разработка модели искусственной нейронной сети для прогнозирования прихватов колонн бурильных труб

Development of artificial neural network model for predicting drill pipe sticking ..... 64

***Козлов В.В.***

Идентификация отходов бурения и их использование

Identification of drilling waste and their use ..... 65

***Комарова О.Д.***

Разработка математической модели образования АСПО в НКТ

The development of a simulation model for the asphaltene precipitation in the productional tubing ..... 66

***Кондратюк А.А.***

Исследование влияния соляной кислоты на поверхностные и реологические свойства водонефтяных эмульсий и разработка реагента для интенсификации процесса их разрушения

Studies the effect of hydrochloric acid on the surface and rheological properties of oil-water emulsions and the development of a reagent to intensify the process of their destruction ..... 67

***Копылов Д.Е.***

Способ нагнетания в водонасыщенный пласт и поддержания пластового давления для устранения водопроявлений в газовых скважинах

Method of injection into a water – saturated reservoir and maintaining reservoir pressure for prevention the water inflow in gas wells ..... 68

**Красильников О.К.**

Внедрение газовых двигателей в качестве приводов станков-качалок для оптимизации затрат на обустройство скважин и экономии энергоресурсов  
The introduction of gas engines as drives of pumping until to optimize the costs of well construction and save energy ..... 69

**Кривилев Г.М.**

Автоматизированная система дифференциации добычи при разработке многопластовых объектов  
Automated system for oil production differentiation in multilayered reservoirs ..... 70

**Курасов О.А.**

Оценка рисков при модернизации газотранспортной системы  
Risk assessment during modernization of the gas-transport system ..... 71

**Лысаков Д.В., Комаровский И.А.**

Разработка технологий и средств забуривания дополнительных стволов скважин с искусственного забоя отклонителями непрерывного действия в твердых и очень твердых горных породах  
Development of technologies and tools for drilling additional boreholes with artificial bottomhole defectors of continuous action in hard and very hard rocks ..... 72

**Малкина И.А.**

Разработка технологии ликвидации поглощений при бурении с использованием структурообразующих композиций с коротким периодом гелеобразования  
Development of technologies for liquidation of absorptions while drilling using structural forming compositions with a short period of gelling ..... 73

**Мартыненко Я.В.**

Обоснование применения жидкостно-газового эжектора в системах хранения сжиженного природного газа (СПГ)  
Rationale for using a liquid-gas ejector in liquefied natural gas (LNG) storage systems..... 74

**Маскенов А.С.**

Изучение процесса самовосстановления цементного камня при добавлении набухающих добавок  
Study of the process of self-healing of cement stone with addition of swelling materials ..... 75

**Мельников А.А.**

Математическое моделирование фильтрационного процесса системы «пласт-скважина-насос» как инструмент ГДИС  
Mathematical modeling of the filtration process of the system "reservoir-well-pump" as a tool ..... 76

**Мерзляков К.К., Юнусов Т.И., Власова В.Д.**

Изучение взаимодействия кислотных составов с природными ПАВ нефтей Ромашкинского месторождения  
Study of interaction between acid compositions and native surfactants of oils from Romashkinskoe's oilfield ..... 77

**Мостовая А.М.**

Комплексный подход разработки нефтяного месторождения в условиях карбонатных коллекторов  
An integrated approach to the development and optimization of naturally fractured carbonate reservoirs ..... 78

<b>Мун В.А.</b>	
Исследование струйной компрессорной установки, предназначенной для утилизации попутного нефтяного газа	
Research of jet compressor unit for utilization of associated petroleum gas .....	79
<b>Никитин А.В.</b>	
Учет неньютоновских свойств высоковязкой нефти в процессе гидродинамического моделирования	
Hydrodynamic modeling process with non-newtonian properties of high-viscous oil .....	80
<b>Овсеян Э.Э.</b>	
Применение комбинированного кислотного гидроразрыва пласта в условиях карбонатных коллекторов нефтяного месторождения	
Application of combined fracturing in oil field carbonate reservoirs .....	80
<b>Овчаренко А.М.</b>	
Разработка технологии транспорта высоковязкой нефти	
Development of technology for the transport of high-viscosity oil .....	81
<b>Огай В.А.</b>	
Экспериментальные исследования вертикальных газожидкостных потоков с пенообразователем	
Experimental researches of vertical gas-liquid flows with a foaming agent .....	83
<b>Павлов М.М., Полянский С.Д.</b>	
Применение методов машинного обучения для прогнозирования аварийных ситуаций и оптимизации процесса бурения скважин	
Application of machine learning methods for anomaly detection during drilling operations and optimization a well drilling process .....	83
<b>Пехтерев Д.Н.</b>	
Факторы, влияющие на эффективность перекачки высокопарафинистой нефти	
Factors affecting the efficiency of high-paraffin oil pumping .....	85
<b>Полякова Т.Г.</b>	
Повышение эффективности абсорбционной осушки газа как способа предотвращения гидратообразования при транспортировке	
Increasing the efficiency of absorption gas drying as a way to prevent hydrate formation during transportation .....	86
<b>Репин Д.В.</b>	
Проблемы поддержания стабильности пены при ее закачке в пласт	
Problems of maintaining the stability of the foam while injecting into the reservoir .....	87
<b>Садыков М.И., Досенко М.А.</b>	
Применение водонабухающих полимеров для закрепления ствола скважины при проходке интервалов сильно трещиноватых пород	
Application of water-pumping polymers for fixing a well bore while performing the intervals of strong-cracked breeds .....	88
<b>Сандыга М.С.</b>	
Исследование условий образования органических отложений в поровом пространстве пород-коллекторов	
Research of terms of organic sediments formation in the porous space of reservoir .....	89
<b>Сергеев Г.М.</b>	
Разработка и применение забойного гидравлического устройства подачи долота для бурения глубоких, наклонно-направленных и горизонтальных скважин	
Development and application of a downhole hydraulic thruster for drilling deep directional and horizontal wells .....	90



**Скворцова Е.С., Гулиева А.Ш.**

Применение метода гидродинамической кавитации для изменения реологических свойств нефтей

Application of the hydrodynamic cavitation method for changing the rheological properties of oils ..... 92

**Солодов П.А.**

Оптимизация размещения горизонтальных скважин на морской газовой залежи

Horizontal wells placement optimization for offshore gas reservoir ..... 93

**Соломатин В.П., Синебрюхов К.В.**

Возможности применения технологий Machine learning и Big data при проектировании разработки месторождений

Possibilities of using Machine learning and Big data technologies in oilfield development design ..... 94

**Степаненко И.Б., Корнилов К.В., Силичев М.А.**

Исследование технологии ультразвукового воздействия для разрушения стойких водонефтяных эмульсий в условиях инверсии фаз

Research the technology of ultrasonic treatment for destruction stable water-oil emulsions in conditions of phase inversion ..... 95

**Стрижнев Г.К.**

Разработка гелеобразующего состава технологической жидкости для гидравлического разрыва пласта при освоении нетрадиционных запасов нефти

Development of gel-forming composition of process fluid for hydraulic fracturing of formation during development of non-traditional oil reserves ..... 96

**Султанбеков Р.Р.**

Влияние стабильности остаточных топлив на осадкообразование при хранении в резервуарах

Influence of stability of residual fuels on sedimentation when storing in tanks ..... 97

**Терёхин А.В.**

Создание эффективной системы управления аппаратами воздушного охлаждения посредством автоматизации дискретного и частотного методов регулирования с целью понижения электропотребления компрессорной станцией и повышения пропускной способности газопровода

Creation of an efficient system for managing air cooling appliances by automating discrete and frequency regulating methods in order to reduce the electric consumption of drawboard ..... 98

**Франков М.А.**

Исследование гибридной роторной гидравлической машины

Research of hybrid rotary hydraulic machine ..... 99

**Харитонов Е.В., Байбекова Л.Р., Шарифуллин А.В.**

Энергосберегающие композиции при трубопроводном транспорте углеводородов. Методика оценка эффективности

Antiturbulent additives in the pipeline transport of hydrocarbons. Effectiveness assessment methodology ..... 100

**Худайбердиев А.Т.**

Повышение технико-экономических показателей строительства скважин за счёт применения клапана опрессовочного многократного действия

Increasing the technical and economic indicators of well construction by using a multiple-action pressure valve ..... 101

**Юнусов Т.И.**

- Об интенсификации добычи в высокотемпературных карбонатных коллекторах с помощью хелатных реагентов  
On well stimulation in high temperature carbonate reservoirs with chelating agents ..... 102

**Якунина Н.С.**

- Газ в энергетическом переходе: мост или пункт назначения?  
Gas in the energy transition: bridge or the destination? ..... 103

**Секция 2. Технологии комплексной переработки минерального сырья с получением материалов нового поколения**

**Алферова Д.А.**

- Попутное извлечение иттрия, иттербия и диспрозия реэкстракцией из продуктов переработки апатитовых руд  
Accompanying extraction of yttrium, ytterbium and dysprosium by re-extraction from apatite ore processing products ..... 104

**Амбул Е.В.**

- Экстракция РЗЭ иттриевой подгруппы смесями Суанех 272 и Р-507 из хлоридных сред  
Yttrium ree subgroup extraction by mixtures of Cyanex 272 and P-507 from chloride medium ..... 105

**Арсланов А.А.**

- Разработка гидровихревого стратификатора вентури для сепарации наночастиц легирующих материалов  
Development of a hydro-vortex venturi stratifier for separation of nanoparticles of alloying materials ..... 106

**Бакина Е.И.**

- Железо-углеродные брикеты на цементной связке в доменной плавке  
Iron-carbon briquettes in cement binding in blast furnaces ..... 107

**Барбанэль П.Ф.**

- Газификация твердого углеродсодержащего топлива  
Gasification of carbon-contained fuel ..... 108

**Болотов В.А.**

- Кинетика сорбции серосодержащих газообразных веществ железомарганцевыми материалами  
Kinetics of sorption of sulfur-containing gaseous substances by ferromanganese materials ..... 109

**Борисова К.И.**

- Современное состояние процесса изомеризации  
Current position of isomerization technology ..... 110

**Борисова Т.Н.**

- Кинетики адсорбции и десорбции паров воды на гранулированных без связующих низкомолекулярных цеолитах  
Kinetics of adsorption and desorption of water vapors on granulated binder-free low-module zeolites ..... 111

**Васильев Р.Е., Проненко А.М.**

Технологическое обоснование и экспериментальное исследование комбинированной технологии атмосферного и автоклавного окисления высокосернистых золотосодержащих концентратов  
Technological justification and investigational study of the combined technology of atmospheric and autoclave oxidation of sour gold-bearing concentrates ..... 112

**Васильева Е.В.**

Разработка метода создания инновационных продуктов на основе углей Кузнецкого бассейна  
Development of a method for creating innovative products on the based on the Kuznetsk basin coals ..... 113

**Ветошкина И.С.**

Получения связующего для высокотехнологичных углеродных материалов методом термического растворения углей  
Of obtaining a binder for high-tech carbon carbon materials by the method of thermal carbon dissolution ..... 114

**Воробьева А.Р.**

Экстракция канцерогенных полициклоаренов из ароматического сырья диметилсульфоксидом и смешанным экстрагентом n-метилпирролидон – этиленгликоль  
Extraction of carcinogenic polycycloarenes from aromatic raw material dimethyl sulphoxide and mixed solvent n-methylpyrrolidon - ethylene glycol ..... 115

**Габдулхаков Р.Р.**

Влияние добавок на получение кокса анизотропной структуры  
Influence of additives on the production of anisotropic coke structure ..... 116

**Гареева Н.И.**

Концентрирование металлов из тяжёлых нефтей  
Concentration of metals from heavy oils ..... 117

**Головачев А.А.**

Извлечение редких и редкоземельных элементов из золы уноса Кузнецких углей  
Extraction of rare and rare earth elements from fly ash of Kuznetsk coals ..... 118

**Григорьева А.Н.**

Энергоэффективное перемешивающее устройство нового типа для приготовления растворов флокулянтов в нефтегазовой отрасли  
New type of energy saving mixer for flokkulant solutions in oil and gas industry ..... 119

**Григорьева В.А., Жукова В.Е.**

Кондиционирование мышьяковистых медных концентрата и промпродукта Учалинской горно-обогатительной фабрики  
Hydrometallurgical treatment of high arsenic copper concentrates and middling products of the Uchalinsky mining and processing plant ..... 120

**Гришин И.С.**

Кремнийоксиглеродные композиты как перспективные адсорбенты  
Silicon oxycarbide composites as perspective adsorbents ..... 121

**Дауди Д.И.**

Разработка полимочевинных пластичных смазок с использованием парафиново-нафтенного масла VHVI-4 в качестве дисперсионной среды  
Development of polyurea greases with the use of paraffin-naphthenic oil VHVI-4 as a dispersion agent..... 122

<b>Демина А.Ю.</b>	
Экстракционная очистка ароматического масла-мягчителя от канцерогенных углеводородов смешанным экстрагентом n-метилпирролидон - этиленгликоль	
Extraction of aromatic processing oil of carcinogens by mixed solvent of n-methylpyrrolidone and ethylene glycol .....	124
<b>Дияковская А.В., Телекова Л.Р.</b>	
Определение оптимальных параметров окислительно-экстракционного обессеривания лёгкого газойля	
Determination of the optimal parameters of oxidative sulfurization of light gas oil .....	125
<b>Дорожко В.А.</b>	
Разделение Nd и Pr нестационарной экстракцией моно-2-этилгексилловым эфиром 2-этилгексилфосфоновой кислоты	
The separation of Nd and Pr by nonstationary extraction with mono-2-ethylhexyl ether 2-ethylhexylphosphonic acid .....	126
<b>Залесов М.В., Никитина Т.Ю.</b>	
Разработка и повышение эффективности методов переработки высокомедистой золотосодержащей руды	
Research work and improvement of efficiency of processing methods of high-copper gold-containing ore .....	127
<b>Калмыкова Т.Д.</b>	
Кинетические и термодинамические аспекты флотационного обогащения полиметаллического сырья	
Kinetic and thermodynamic aspects of flotation enrichment of polymetallic raw materials .....	128
<b>Кашурин Р.Р.</b>	
Влияние карбонат-иона на растворение карбонатов церия (III), европия (III), иттербия (III) и гольмия (III)	
Impact of the carbonate ion on the dissolution of cerium (III), europium (III), ytterbium (III) and holmium (III) carbonates .....	129
<b>Кобылец У.Ю.</b>	
Идентификация фазового состава гидроксидалюминиевого сырья и его температурных модификаций в производстве Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -носителей катализаторов	
Identification of phase composition hydroxidealuminum raw material and its temperature modifications in the production of Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -catalysts .....	130
<b>Ковалева Д.А.</b>	
Определение лития в пластовой воде с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии	
Determination of lithium in reservoir water by atomic-absorption spectrometry .....	131
<b>Комарова К.В., Еремеева А.М.</b>	
Изучение возможности использования топлива «зелёный дизель» в смеси с продуктами гидроочистки дизельных фракций	
Studying the possibility of using «green diesel» fuel mixed with hydrotreatment products of diesel fractions .....	132
<b>Коноплин Р.Р.</b>	
Проблемы освоения промышленного производства современных отечественных катализаторов гидроочистки	
Put into industrial production difficulties of novel effective hydrodesulfurization-catalysts in Russian Federation .....	133

<b>Красулин Н.А.</b>	
Сохранение печного фонда коксовых батарей. Давление распираия углей и шихт Preservation of the furnace stock of coke batteries. The pressure of the fullness of coals and charges .....	134
<b>Крашевский М.И.</b>	
Исследование передела сгущения пульпы НМЗ им. Б.Н. Колесникова с целью соз- дания цифрового дублера процесса Investigation of the conversion of pulp thickening at the Kolesnikov NMZ in order to create a digital duplicate of the process .....	134
<b>Кудинова А.А.</b>	
Влияние параметров выщелачивания на процесс извлечения ванадия из нефтяного кокса Influence of leaching parameters on the vanadium extraction process from oil coke .....	135
<b>Курникова А.А.</b>	
Исследование и разработка технологии получения высокодисперсного оксида цинка Research and development of technologies for producing high-dispersed zinc oxide .....	136
<b>Кутлизамаев Р.Р., Иванова И.И., Трифонова И.Н.</b>	
Солевой метод подготовки нефтешламов к переработке Salt method of preparing oil sludges for processing .....	137
<b>Летягин Н.В.</b>	
Новые алюминиево-кальциевые сплавы, выплавляемые на основе вторичного сы- рья New aluminum-calcium alloys based on the secondary raw materials .....	138
<b>Литин И.В.</b>	
Характеристика продуктов полукоксования горючих сланцев и бурых углей Characteristics of semi-coking products of oil shale and brown coal .....	139
<b>Личидова Р.А.</b>	
Влияние условий обработки минеральных материалов на их сцепление с битумом A research on influencing process conditions on the adhesion between mineral sub- strates and bitumen .....	140
<b>Лукьянцева Е.С.</b>	
Повышение глубины переработки апатита за счёт экстракции редкоземельных элементов Increasing of processing depth of apatite through the extraction of rare-earth elements ...	141
<b>Малофеев Е.А.</b>	
Дезинтегратор горных пород Disintegrator of mountain breeds .....	142
<b>Набиуллина Э.Р.</b>	
Способы обезвоживания и обессоливания нефти Methods for dewatering and desalting oil .....	143
<b>Носова А.А.</b>	
Синтез и исследование NiAl нанокмполитов как носителей катализаторов пере- работки углеводородов Synthesis and research of NiAl nanocomposites as carriers of hydrocarbon processing catalysts .....	144

<b>Попов Д.С.</b>	
Причины дезактивации и регенерация железо-хромовых катализаторов конверсии монооксида углерода The reasons for deactivation and regeneration of iron-chromium catalysts of carbon monoxide conversion .....	145
<b>Постика М.Ф.</b>	
Физическое моделирование и настройка модели декомпозиции алюминатных растворов Physical modeling and configuration of the decomposition model of aluminum solutions .....	146
<b>Смышляева К.И.</b>	
Технология получения стабильного низкосернистого судового топлива Production technology of stable low-sulfur marine fuel .....	147
<b>Степанова А.</b>	
Влияние температуры и парциального давления кислорода на глубину автоклавного окисления активного углерода Influence of temperature and partial pressure of oxygen on the depth of autoclave oxidation of active carbon .....	148
<b>Счастный Я.О.</b>	
Оценка возможности выделения фенола из фенольной фракции каменноугольной смолы Assessment of the possibility of isolating phenol from the phenolic fraction of coal tar ...	149
<b>Сычев Л.С.</b>	
Разработка технологии получения деформированных полуфабрикатов на основе сплавов алюминиевого баночного лома Development of technology for producing wrought semi-finished products based on alloys of aluminum can scrap .....	150
<b>Ушаков Е.К.</b>	
Анализ технологических показателей флотации колчеданно-полиметаллической руды Артемьевского месторождения на базе нейросетевого моделирования Analysis of technological parameters of flotation of pyrite-polymetallic ore deposits of Artemyevsky on the basis of neural network modeling .....	151
<b>Чекушин М.В.</b>	
Совершенствование технологии переработки свинцовой составляющей аккумуляторного лома Improvement of the processing technology of the lead component of battery scrap .....	152
<b>Чукреев К.Г.</b>	
Гидрометаллургический способ получения высокочистого оксида железа (III) при переработке железных концентратов Hydrometallurgical method for producing high-purity iron (III) oxide in processing iron concentrates .....	153
<b>Элдиб А.Б.</b>	
Активирующий эффект углерода при спекании известняково-каолиновой шихты Activating carbon effect when sintering lime-kaolin mixture .....	154

### Секция 3. Геотехнологии освоения недр: современные вызовы и перспективы

#### *Технологии добычи твердых полезных ископаемых. Промышленная безопасность и охрана труда*

**Алимханова Т.А.**

Методология оценки рисков возникновения аварийных ситуаций на объектах топливно-энергетического комплекса России  
Methodology for assessing the risks of emergencies at the facilities of the fuel and energy complex of Russia ..... 155

**Анисимов К.А.**

Геомеханические проблемы при разработке подкарьерных запасов алмазосодержащих месторождений в условиях рудника «Удачный»  
Geomechanical issues in the development of the pit reserves of the diamondiferous deposits of the Udachny mine ..... 156

**Баженова А.В.**

Прогнозирование смещения рудных контуров при формировании развала взорванной горной массы на карьерах  
Forecasting displacement of ore circuits while creating the exposed mountain shotpile in the open-pit ..... 157

**Балинова Н.А.**

Инновационный подход к получению торфяной фрезерной крошки повышенной влажности  
Innovative approach to obtaining peat millihg crumb of high humidity ..... 158

**Бочарова С.В.**

Совершенствование методики управления профессиональными рисками в горнодобывающей промышленности  
Improvement of professional risk management methods in the mining industry ..... 159

**Веселова Е.А., Паршин С.Н.**

Интегрированная система менеджмента как инструмент снижения рисков топливной компании  
The integrated management system as a tool to reduce the risk of the fuel company ..... 159

**Говоров А.С.**

Обоснование способа вскрытия золоторудного месторождения  
Substantiation of the method of opening gold deposit ..... 160

**Горбунов А.А.**

Использование взрывов в стеснённых условиях вблизи охраняемых объектов  
The use of explosions in cramped condition near protected objects ..... 161

**Громцев К.В.**

Закладка выработанного пространства при разработке пологих соляных пластов длинными столбами  
The backfill of mined-out space during flat-lying salt seams mining using long-wall method ..... 162

**Денисова А.И.**

Разработка технологии выемки калийных пластов с комбинированной отработкой слоёв  
Development of technology for potassium mining with combined layer mining ..... 163

<b><i>Доброхотов И.Н.</i></b>	
Применение контурного взрывания при подземном строительстве горных выработок и добыче руд	
The application of contour blasting in underground construction of mine workings and mining ore .....	164
<b><i>Должиков И.С.</i></b>	
Обоснование применения средств индивидуальной защиты с автоматической системой мониторинга и контроля применения при подземной добыче угля	
Personal protective equipment with an automatic monitoring and control system for underground coal miners .....	164
<b><i>Дядик Ю.А.</i></b>	
Влияние самонагревания сульфидных руд на пожароопасность месторождений Норильского рудного узла	
Effect of self-heating of sulfide ore on the fire hazard of deposits of Norilsk ore node ....	165
<b><i>Еремеева А.М., Зубко М.В.</i></b>	
Разработка способа снижения вредных выбросов при работе дизельных двигателей на угольных шахтах	
Development of a method for reducing harmful emissions from the operation of diesel engines to coal mines .....	166
<b><i>Ильяшенко И.С.</i></b>	
Разработка технических мероприятий по снижению аэротехногенной нагрузки на отдельные рабочие места карьеров и разрезов	
Development of technical measures to reduce the aerotechnogenic load on individual jobs of open pit mining .....	167
<b><i>Киркин А.П.</i></b>	
Обоснование параметров буровзрывных работ для разупрочнения целиков на удароопасных участках в условиях рудника «Таймырский»	
Substantiation of drilling and blasting parameters for softening pillars in rock burst hazardous sections in the conditions of the Taymirsky mine .....	168
<b><i>Красноухова Д.Ю.</i></b>	
Оценка напряженности труда оператора технологических процессов	
Assessment of the labor tansion of technological processes operator .....	169
<b><i>Курносов И.Ю.</i></b>	
Исследование воздействия звука на изменение запыленности аэрозолей в металлургии	
Research of the influence of sound on change of aerosols dusty in metallurgy .....	170
<b><i>Магафуров М.И.</i></b>	
Обоснование параметров комбинированной системы разработки при освоении разноразрядных руд сложноструктурной залежи	
Justification of the parameters of the combined development system for the development of different-grade ores of a complex structure deposit .....	170
<b><i>Малеванный Д.В.</i></b>	
Совершенствование технологии глубоководной разработки твердых полезных ископаемых с применением капсулы с атмосферным воздухом	
Improving the technology of deep-water mining of solid minerals using capsule with atmospheric air .....	171
<b><i>Миронова К.В.</i></b>	
Технология формирования перспективных участков техногенного месторождения	
Technology for forming perspective sectors of a technogenic deposit .....	172



<b>Мурзин Н.В.</b>	
Способы разработки запасов техногенных дражных полигонов Methods for developing reserves of technogenic traffic sites .....	173
<b>Пылаева И.Е.</b>	
Идентификация опасностей, анализ, оценка и управление профессиональными рисками в области охраны труда Azards identification, analysis, assessment and management of professional risks in the field of osh .....	174
<b>Трапезников А.С.</b>	
Исследование возможности улучшения технологических параметров расстила торфа Study of possibility of improvement of technological parameters of peat layer .....	175
<b>Тюков П.О.</b>	
Обоснование параметров системы разработки с учетом габаритов основного рабочего оборудования применяемого при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом Substantiation of development system parameters taking into account basic dimensions of working equipment applicable in the development of useful deposits by open pit .....	176
<b>Филина В.А.</b>	
Повышение эффективности пылеподавления методом пульсирующей вентиляции Improving the efficiency of dust suppression on the basis of the pulsating ventilation ....	176
<b>Хажыылай Ч.В.</b>	
Оценка устойчивости обнажения по методу Мэтьюза-Потвина в условиях развития вторичных полей напряжения при разработке соляных месторождений камерными системами Estimation of sustainability of detection by the Matthews-Twin method under conditions of secondary voltage fields development when developing salt deposits by camera systems .....	177
<b>Технологии освоения подземного и наземного пространства. Геомеханика и управление состоянием массива</b>	
<b>Аммон Е.В.</b>	
Мониторинг деформаций при строительстве тоннелей под ответственными зданиями и сооружениями Monitoring of deformations during construction of tunnels under responsible buildings and structures .....	178
<b>Антипов В.В.</b>	
Оперативная оценка модуля деформации дисперсных грунтов по результатам полевого анализа поверхностных волн Express assessment of deformation modulus of dispersive soils by the results of in-situ analysis of surface waves .....	179
<b>Бабичева М.Б.</b>	
Мониторинг состояния массива горных пород при помощи ВІМ - технологии Monitoring the state of rock massives by means of ВІМ – technologies .....	180

<b>Буслова М.А.</b>	
Геомеханическая оценка прочности целиков между буродоставочными выработками, расположенными в зоне влияния опирания породной консоли, в условиях гравитационно-тектонического поля естественных напряжений Geomechanical assessment of pillars strength between development headings located in the area of influence of rocks console support under conditions of gravitational-tectonic field of natural stresses .....	181
<b>Быкасов Д.А.</b>	
Применение метода Ньютона второго порядка при решении нелинейных геодезических задач Application of Newton's method for solving geodetic nonlinear problems .....	182
<b>Вильнер М.А.</b>	
Геомеханический прогноз напряженно-деформированного состояния на сопряжениях в трещиноватых слабонапряжённых массивах Geomechanical forecast of a stress-strain state at intersections in discontinuous low stressed arrays .....	183
<b>Габитова Л.В.</b>	
Оценка геодинамического состояния массива горных пород Кукисвумчоррского крыла Кировского рудника Evaluation of the geodynamic state of rocks Kukisvumchorr wing of the Kirov mine .....	184
<b>Ефимова А.А.</b>	
Интеллектуальная система контроля и управления искусственным замораживанием горных пород при строительстве шахтных стволов Intellectual system for monitoring and controlling artificial rock freezing during the construction of mine shafts .....	184
<b>Желнин М.С.</b>	
Численное моделирование проведения вертикального шахтного ствола с использованием искусственного замораживания Numerical simulation of vertical shaft sinking with using artificial ground freezing .....	185
<b>Зайцев М.Г.</b>	
Разработка акустико-эмиссионного способа оценки устойчивости мерзлых грунтовых оснований под действием климатических факторов и квазистатической нагрузки Development of acoustic emission method for assessment of stability of frozen soil bases being under influence of climatic factors and quasistatic load .....	186
<b>Иванов П.Н.</b>	
Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния грунтового массива для оценки влияния строительства на окружающую застройку Computer modeling of the stress-strain state of the soil mass to assess the impact of construction on the surrounding buildings .....	187
<b>Иовлев Г.А.</b>	
Обоснование упруго-пластической модели поведения физически нелинейных грунтовых массивов Foundations of an elastic-plastic constitutive models for describing nonlinear behavior of soils .....	188
<b>Керимова С.Н., Люфт Е.Д.</b>	
Контроль за состоянием выработанного пространства Monitoring the state of the worked out space .....	189

**Комолов В.В.**

Прогноз оседания поверхности земли при сооружении котлована в условиях плотной застройки Санкт-Петербурга  
Forecast of subsidence of the earth's surface during the construction of a pit in the conditions of dense development of St. Petersburg ..... 190

**Кондратенко К.В.**

Маркшейдерский мониторинг за деформациями подпорной стенки на узле сгущения ОАО «Стойленский ГОК»  
Surveying monitoring for support wall deformations on the thickening unit of JSC «Stoilensky mining and beneficiation plant» ..... 191

**Куренков Д.С.**

Интенсификация растворения каменной соли в звуковом поле  
Acceleration of rock salt dissolution in the sound field ..... 192

**Малюхина Е.М.**

Необходимость мониторинга сдвижений и деформаций массива  
Need to monitor displacement and deformations of the rock massive ..... 193

**Ошкин Р.**

Определение напряжённого состояния известняка, находящегося под действием возрастающих квазистатических нагрузок, с помощью метода термостимулированной акустической эмиссии  
Determination of the stress state of limestone subjected to the influence of increasing quasistatic loads by using method of thermally stimulated acoustic emission ..... 194

**Петрушин В.В.**

Теоретические положения прогноза напряженно-деформированного состояния соляных пород на основании микроструктурного представления  
Theoretical provisions for forecasting stressed-deformed state of salt rocks based on microstructural representation ..... 195

**Попов А.В., Губа С.А.**

Изучение качества фотограмметрических моделей в зависимости от условий съемки  
Researching the quality of photogrammetric models depending on the shooting conditions ..... 196

**Решетникова М.А.**

Актуальные проблемы регулирования и ведения градостроительной деятельности в садоводческих некоммерческих товариществах расположенных в границах населенных пунктов  
Actual problems of regulation and conduct of urban planning activity in gardening and non-profit communities located in the boundaries of populated items ..... 197

**Романова Е.Л.**

Анализ возможных нагрузок на крепь сопряжения Санкт-Петербургского метрополитена  
Analysis of possible loads on coupling lining of Saint-Petersburg metro ..... 198

**Серпокрылова Т.В.**

Обоснование геомеханически безопасных параметров целиков между выработками откаточных горизонтов при разработке апатит-нефелиновых месторождений на основании прогноза напряженно-деформированного состояния горного массива  
Substantiation of geomechanically safe parameters of pillars between the excavations of rolling-out horizons during the development of apatit-nephelin deposits based on rock mass stress-strain state forecast ..... 199

**Умнова Г.А.**

Сдвигание горных пород и земной поверхности при разработке рудных месторождений

Displacement of rock and earth surface in the development of ore deposits ..... 200

#### **Секция 4. Геологическое картирование, поиски и разведка полезных ископаемых**

**Вайтехович А.П., Коточкова Ю.А.**

Обстановки накопления Тюменской свиты (Западно-Сибирский НГБ)

Accumulation conditions of the Tumenian formation (West Siberian basin) ..... 201

**Валиева Э.И., Видищева О.Н.**

Газо-геохимическая характеристика донных осадков Онежского озера

Gas-geochemical characteristics of bottom sediments of lake Onega ..... 202

**Васина А.Е.**

Блочное моделирование распределения запасов с целью дальнейшей оптимизации горных работ

Block modeling of reserves distribution for further optimization of mining operations ... 203

**Гумеров А.Р.**

Перспективы нефтегазоносности Франско-Турнейских отложений Благовещенской впадины Волго-Уральского НГБ

Oil and gas prospects of the Fransian-Tournaisian deposits of the Blagoveshchensk depression of the Volga-Ural basin..... 204

**Гурова А.А.**

3d-моделирование месторождений и тренаж процессов геологоразведочных работ при подготовке геологов

3d simulation of deposits and training of exploration skills during geologists preparing.. 205

**Данцова К.И.**

Феномен Прикаспийской синеклизы – попытки геодинамической интерпретации

The phenomenon of the Caspian syneclysis – attempts geodynamic interpretation ..... 205

**Иванова А.С.**

Региональные геологические факторы как природные предвестники экологической обстановки в регионе (на примере территории Ленинградской области)

Regional geological factors as natural harbingers of the ecological situation in the region (on the example the territory of the Leningrad region) ..... 207

**Исакова Е.П.**

Исследование трещиноватости на меторождении облицовочного камня с привлечением метода георадиолокации

The research of granite deposit on the presence of fractures by the method of georadar ... 208

**Кадырмаева Д.Ф.**

Комплексный инженерно-геологический анализ и оценка устойчивости горных выработок золоторудного месторождения «Майское» (Чукотский Автономный Округ)

Complex engineering and geological analysis and assessment of the stability of mining workings of the Mayskoye gold deposit (Chukotka Autonomous Okrug) ..... 209

**Канимбуге Л.С.**

Петрологические особенности пикробазальтовых лав на о. Лансароте, Канарские острова

Petrological features of picrobasaltic melts on Lansarote, Canary islands ..... 210

**Климоченков М.Д., Сандаков Э.Г., Кенжебаев К.Н.**

Определение оптимального размера блока геологической модели при подсчете запасов жильного золоторудного месторождения

Determining the optimal size of the unit of the geological model when calculating the reserves of the lead gold deposit ..... 211

**Красноцветов М.А., Тедикова А.А.**

Разработка 3d моделей угольных месторождений

Development of 3d models of coal deposits ..... 212

**Кузьмин И.А.**

Связь процессов концентрирования платины со структурно-вещественными особенностями дунитов на примере зональных клинопироксенит-дунитовых массивов Урала

The relationship of the concentration processes of platinum with the structural-material features of dunites on the example of zonal clinopyroxenite-dunite massifs of the Urals ..... 213

**Лебедев И.Е.**

Палеомагнетизм поздне меловых вулканов северной части Охотско-Чукотского вулканического пояса и его значение для расшифровки тектонической истории северо-восточной Азии и сопредельных секторов Северного Ледовитого океана

Paleomagnetism of late cretaceous volcanics of the northern part of the Okhotsk-Chukotka volcanic belt and their significance for deciphering of the tectonic history of the north-eastern Asian and adjacent sectors of the Arctic ocean ..... 214

**Лисовская Е.А.**

Применение технологии нейронных сетей для расчета пористости по данным ГИС на примере пластов ЮК<sub>2-7</sub> бортовой части Елизаровского прогиба (Западная Сибирь)

Application of neural network technology for calculating porosity from well logging data on the example of UK<sub>2-7</sub> formations of the Elizarovsky deflection (Western Siberia) ..... 215

**Мартенс Е.О.**

К вопросу о типоморфизме россыпного золота реки Кенгкеме (восток Сибирской платформы)

The question of the typomorphism of placer gold in the river Kenkeme (east of the Siberian platform) ..... 216

**Мельниченко И.А.**

Динамическое моделирование эксплуатационных блоков на основе искусственных нейросетей

Dynamic modeling of operational units based on artificial neural networks ..... 217

**Мингалева Т.А.**

Применение трехмерного сейсмоплотностного моделирования для уточнения представлений о глубинном строении слабоизученных участков шельфа

Application of three-dimensional seismic density modeling for refining the concepts of the depth structure of understanded shelf sites ..... 218

<b>Михайлов В.В.</b>	
Новые данные о закономерностях локализации медно-благороднометалльного оруденения в амфиболовых габбро серебрянского камня, Северный Урал New data on the patterns of localization of copper-nobel metal mineralization in amphibolic gabbros of serebryansky stone, Northern Urals .....	219
<b>Мишин В.В., Першин И.М.</b>	
Геоинформационная модель гидролитосферы Кавказских минеральных вод как инструмент прогнозирования ресурсных ограничений Geoinformation model of the hydrolithosphere of the Caucasian mineral waters as a tool for forecasting resource limitations .....	221
<b>Монаков Е.В., Романова В.Е., Евсеева Е.В.</b>	
Моделирование геологических нарушений угольных пластов участка «Пихтовский» Кедровского угольного разреза Modeling of geological breaches of coal seams of the Kedrovskiy coal mine .....	222
<b>Насырова З.Р., Каюкова Г.П., Вахин А.В.</b>	
Суб- и сверхкритическая вода в процессах преобразования органического вещества доманиковой породы Sub- and supercritical water in the processes of domanic rock organic matter conversion .....	223
<b>Обатнин В.А.</b>	
Проблемы оцифровки карт четвертичных отложений Удмуртской Республики Problems of digitalization of quarterly deposit cards of the Udmurt Republic .....	224
<b>Охотников В.Е., Черноусов Е.Д.</b>	
Вторичные геохимические процессы как индикаторы нефтегазонасыщенности коллекторов Secondary geochemical processes as indicators of oil and gas saturation of reservoirs ....	225
<b>Павлов А.С.</b>	
Инженерно-геологические проблемы устойчивости некоторых сооружений на территории Псковско-Печерского монастыря Engineering and geological problems of some buildings stability within the territory of Pskov-Pechersk monastery .....	226
<b>Паламарчук Р.С.</b>	
Условия формирования россыпеобразующих систем, связанных с клинопироксенит-дуниевыми массивами Среднего Урала Formation conditions of placer systems associated with clinopyroxenite-dunite massifs of the Middle Urals .....	227
<b>Панасенко Ю.М.</b>	
Геолого-геохимические особенности и перспективы серебро-золотой минерализации Лидинского рудного поля (о.Уруп) Geological-geochemical features and prospects of silver-gold mineralization of the Lidin ore field (i. Urup) .....	228
<b>Петров В.А.</b>	
Гидрофизическая структура аномалии метана в придонных водах гидротермального кратера Ирина 1, поле логачев, сах Hydrophysical structure of methane anomalies in the bottom waters of the hydrothermal crater Irina 1, logachev field, mar .....	229

**Подойников Д.А.**

- Применение стратифицированных гравиметрических измерений для локализации пары изолированных аномалий плотности  
Application of stratified gravimetric measurements for localizing a couple of isolated density anomalies ..... 230

**Рулло А.В., Бадикова А.Д.**

- Хромато-масс-спектрометрическое определение состава нефти Усинского месторождения с применением углеродного адсорбента в картридже модуль-сорберов  
Chromato-mass-spectrometric determination of the oil composition of the Usin deposit with the use of carbon adsorbent in the cartridge of module-sorbers ..... 231

**Сбитнева Я.С.**

- Эволюция взглядов на формирование и прогноз нефтегазоносности Предуральского краевого прогиба  
Evolution of views on the formation and forecast of oil and gas possibility of the Predural regional bend ..... 232

**Сытников М.С.**

- Оптимизация задачи моделирования гидролитосферных процессов  
Optimization modeling problem hydrolithosphere processes ..... 233

**Ус С.С.**

- Исследование методов субблокирования и фактора блока при моделировании медно-порфирового месторождения в ГГИС  
Research of subblocking and block factor methods in modeling a copper-porphyrific deposit in MGIS ..... 234

**Чернышова С.А.**

- История формирования Карельского озёрного края в неоген-четвертичное время  
History of Karelian formation the lake district in the neogene-quaternary time ..... 235

**Чукова Е. И.**

- Литологическая характеристика пород-коллекторов эоцен-палеоценовых отложений Центрального и Восточного Предкавказья  
Lithological characteristics of reservoir rocks of the eocene-paleocene deposits of the Central and Eastern Ciscaucasia ..... 236

**Шевцов М.М.**

- Стохастическое воздействие на гидролитосферные процессы  
Stochastic effects on hydrolithosphere processes ..... 237

**Шишкин Д.В.**

- Одиночные рифы как новый источник пополнения сырьевой базы УР  
Single reefs as a new source of replenishment of the Udmurt Republic 's raw material base ..... 238

**Ямалетдинова А.А., Елкина Е.Р.**

- Нефтегазоносность и состав нефтей Тюменской и Шеркалинской свит Талинского месторождения (Красноленинский свод)  
Oil and gas prospects of the Talin field and petroleum composition of the Tyumen and Sherkalin formations within the Krasnoleninsk arch ..... 239

## Секция 5. Экономика устойчивого развития и глобальные инвестиционные тренды

**Альтемирова А.С.**

Контрактное моделирование инвестиционных проектов в сфере нефтегазового строительства

Contract modeling of investment projects in the field of oil and gas construction ..... 241

**Блинова Е.С.**

Утилизация метана при добыче угля как способ ресурсосбережения

Methane utilization in coal mining as a resource saving method ..... 242

**Боднарь И.Н.**

Особенности капитальных вложений и их учета на разных стадиях разработки нефтегазовых месторождений

Features of capital investments and their accounting at different stages of oil and gas field development ..... 243

**Боллоев А.Э.**

Императивы пост-углеводородной экономики и их влияние на Российский ТЭК

Imperatives a post-hydrocarbon economy and their impact on the Russian fuel energy complex ..... 244

**Будина Т.С.**

Циркулярная экономика: золошлаковых отходы как ценный ресурс России. Нерешенная проблема

Ash and slag waste's circular economy: unsolved problems ..... 245

**Дудина А.Е.**

Повышение эффективности работы российских уранодобывающих предприятий в условиях избыточного предложения

Increasing the efficiency of Russia uranium mining enterprises in conditions of excessive supply ..... 247

**Евсеева О.О.**

Система оценки крупномасштабных российских СПГ-проектов с учетом результатов их реализации во внешней среде

Assessment system for large-scale russian LNG projects, taking into account the results of their implementation in the external environment ..... 248

**Жукова О.А.**

Организационно-правовые аспекты использования системы поддержки возобновляемых источников энергии для инвестиционной деятельности в России

Organizational and legal aspects of using system of renewable energy sources for investment activities in Russia ..... 249

**Иванова В.А.**

Выбор оптимальной системы подводных добычных комплексов для морских нефтегазовых месторождений с использованием оригинального программного продукта

Selection of the optimal subsea production system for offshore oil and gas fields using original software ..... 250



**Илич А.**

Роль вертикальной интеграции и диверсификации в стратегиях нефтяных компаний центральной и восточной Европы (ЦВЕ)  
Role of vertical integration and diversification in strategies of oil companies in central and eastern Europe (CEE) ..... 251

**Колезова А.Ю.**

Использование методов математического моделирования для повышения эффективности стратегического управления на предприятии нефтегазового сектора  
Using mathematical modeling methods to improve the effectiveness of strategic management in the oil and gas sector ..... 252

**Корженевская М.В.**

Управление стоимостью ПАО «Фосагро» на основе роста объёмов высокомаржинальной продукции  
Managing the cost of PJSC Phosagro based on the growth of high-margin products ..... 253

**Курякова К.Н.**

Влияние развития горной промышленности на макроэкономические показатели устойчивого развития (на примере Монголии)  
Mining industry development impact on macroeconomic indicators of sustainable development (on the example of Mongolia) ..... 254

**Лобжанидзе Н.Е., Елисеева Е.А.**

Эколого-экономическая оценка эффективности природоохранных мероприятий при эксплуатации районов нефтедобычи  
Ecological and economic assessment of the effectiveness of environmental measures in the operation of oil production areas ..... 255

**Лосева Ю.Ю.**

Проблемы текучести кадров предприятий строительной отрасли и пути ее решения  
Problems of staff turnover in the construction industry and ways to solve it ..... 257

**Лулева М.Э.**

Оптимизация планирования в нефтехимии и нефтепереработке  
Optimization of planning in petrochemistry and oilrefining ..... 258

**Насырова А.Р.**

Разработка и перспективы использования механизма управления проектами в нефтеперерабатывающей промышленности  
Development and prospects of using the project management mechanism in the oil refining industry ..... 259

**Орлова Я.Н.**

Геоэтические проблемы развития добычи алмазов в России и за рубежом  
Geo-ethical problems of diamond mining development in Russia and abroad ..... 260

**Писаренко Н.А.**

Рейдерство угледобывающих предприятий как угроза устойчивому развитию экономики  
Raiding coal mining enterprises as a threat to sustainable economic development ..... 262

**Реинёва Е.**

Применение мультикритериального анализа при выборе направления развития энергетического сектора республики Молдова  
The application of multicriteria analysis in selecting the direction of development of the energy sector of the republic of Moldova ..... 263

<b>Самарина Е.С.</b>	
Особенности системы налогообложения предприятий минерально-сырьевого комплекса	
Features of the tax system of enterprises of the mineral resource complex .....	264
<b>Симончук В.Д.</b>	
Общественное восприятие проектов секвестрации углекислого газа: мировой опыт и ситуация в России	
Public perception of projects of sequestration of carbon dioxide gas: world experience and situation in Russia .....	265
<b>Соловьева В.М.</b>	
Формирование организационно-экономического механизма комплексного использования минерального сырья	
Complex use of mineral raw materials: the organizational-economic mechanism's formation .....	266
<b>Хинкиладзе В.</b>	
Построение рейтинга стран с ресурсно-ориентированной экономикой на основе агрегированных показателей устойчивого развития	
Building a rating of countries with a resource-oriented economy based on the aggregated indicators of sustainable development .....	267

## **Секция 6. Информационно-телекоммуникационные технологии и цифровая трансформация**

<b>Белов О.Д.</b>	
Разработка метода измерения локальных модулей упругости металлов и сплавов при механических напряжениях, методом лазерной ультразвуковой дефектоскопии и построение цифрового паспорта изделия	
Development of a method for measuring local elastic modules of metals and alloys at mechanical stresses using laser ultrasonic defectoscopy and creating a digital device passport .....	269
<b>Белоглазов И.И., Бекенёв К.Д.</b>	
Моделирование процесса спекания керамических порошков с использованием метода дискретных элементов	
Discrete element simulation of ceramic powder sintering .....	269
<b>Бортников А.Д.</b>	
Численное моделирование статического нагружения детали «фланец», полученной по технологии 3D-печати SLS	
numerical simulation of static loading of the "flange" part made by 3D-printing technology SLS .....	270
<b>Вальнев В.В.</b>	
Применение системы дополненной реальности для технического обслуживания и ремонта насосов	
Using augmented reality system for maintenance and repairing pumps.....	272
<b>Вяльшин Д.Р.</b>	
Разработка технических средств и технологии интерактивного анализа бурения, как части системы «Умный рудник»	
Development of technical means and technologies of interactive analysis of drilling as part of the "Smart mining system" .....	274

**Галков А.И.**

Интеллектуальная система-помощник управления процессом сгущения, основанная на нейронной сети обратного распространения ошибки, обученной методом сопряженных градиентов Полака-Райбера  
Intelligent assistant for concentration process management based on a back propagation neural network trained by conjugate gradient method of Polak–Ribiere ..... 275

**Калимуллина З.А.**

Оптимизация состава средств измерений на предприятии ООО «Тюмень водоканал»  
Optimization of the composition of measurement measures at the enterprise LLC "Tyumen vodokanal" ..... 276

**Корельская А.С.**

Использование методов системного анализа при оценке производственного потенциала нефтегазового предприятия  
Use of system analysis methods in evaluation of production potential of oil and gas enterprise ..... 276

**Крылов К.А.**

Управляемые параметры процесса обжига нефтяного кокса в трубчатой вращающейся печи  
Controlled parameters of the petroleum coke calcination process in a tubular rotary kiln . 277

**Маманазаров У.Б.**

Разработка АСУ ТП плавки медных концентратов в условиях АО «Алматынского ГМК»  
Development of AN APCS for smelting copper concentrates in the conditions of JSC "Almalyk MMC" ..... 278

**Матрохина К.В.**

Исследование процессов нечеткого управления трафиком в глобальных сетях  
Research of processes of fuzzy traffic management in global networks ..... 279

**Перегудина Э.С.**

Построение математической модели прокатки стали на металлургическом комбинате  
The construction of a mathematical model of rolling steel at a metallurgical plant ..... 280

**Савинкова К.Я.**

Разработка КЭ-моделей процесса газовой формовки при изготовлении конструкций из титановых сплавов в перерабатывающей промышленности  
Development of finite element models of the gas forming process in the manufacture of structures made of titanium alloys in the processing industry ..... 281

**Сарсенбаев А.С.**

Разработка робототехнического комплекса контроля качества сварных швов нефтегазовой магистрали  
Development of a robotic complex for quality control of oil and gas pipeline welds ..... 282

**Сасаров В.А., Федорова М.А., Коршунов П.В.**

Построение модели для автоматизации процесса снижения вязкости нефти  
Building a model for automating the process of reducing oil viscosity ..... 284

**Семенюк А.В.**

Роль платформенных решений на основе «Интернета вещей» в управлении спросом на электроэнергию  
The role of platform solutions based on the "Internet of things" in demand side management of electricity ..... 285

<b>Смоленчук А.М.</b>	
Информационные технологии в системе мультимодальных перевозок Information technologies in the system of multimodal transportation .....	286
<b>Трифорова М.Е.</b>	
Виртуальный анализатор спектра напряжения и тока электрической дуги в электропечях Virtual analyzer of voltage and current electric arc spectrum in arc furnace .....	287
<b>Умарсаидов А.Г.</b>	
Сравнительный анализ Садр в обустройстве нефтяных и газовых месторождений Comparative analysis of Cad in the development of oil and gas fields .....	287
<b>Фролова А.Ю.</b>	
Информационно-статистический анализ деятельности промышленного предприятия для повышения показателей его эффективности Information-statistical analysis of the activity of an industrial enterprise to increase its efficiency indicators .....	288
<b>Шестаков А.К., Садыков Р.М.</b>	
Многофункциональное пробойное устройство системы автоматизированного питания глиноземом алюминиевого электролизера Multifunctional crust breaker of automatic alumina feed system of aluminum reduction cell .....	289
<b>Шибеев И.А.</b>	
Определение корреляционных связей модулей упругости осадочных горных пород с помощью лазерной ультразвуковой структуроскопии для создания модели цифрового керна Determination of correlations of elastic modulus of sedimentary rocks using laser ultrasonic structuroscopy for creation a digital core model .....	291
<b>Шишкин Д.О.</b>	
моделирование испытания кручением цилиндрического образца с применением инверсионного метода modelling of the torsion test of cylindrical specimen with the help of inverse method ....	292
<b>Щикунов Н.Н.</b>	
Способы управления распределительными 35,10-06 КВ сетями для оптимизации режимов их работы Methods for managing 35.10-06 KV distribution networks to optimize their performance .....	293

## **Секция 7. Оборудование, транспортное обслуживание и энергоэффективность производств минерально-сырьевого комплекса**

<b>Абдалла Вазль</b>	
Модифицированный ПИ регулятор преобразователя Sepic для улучшения его динамических характеристик Modified PI controller of converter Sepic for improvement of its dynamic performance.	294
<b>Абдуллоев И.Т.</b>	
Определение сопротивления самозаземления электрифицированных горных машин Determination of self-grounding resistance of electrified mining machines .....	295

<b>Акуленко М.А., Закиров Ф.Ф.</b>	
Диагностика кабелей методом регистрации частичных разрядов Diagnostic of cables by partial discharge registration method .....	296
<b>Аладьин М.Е.</b>	
Моделирование и анализ параметров несинусоидальных режимов The modeling and analysis of non-sinusoidal modes parameters .....	297
<b>Архипова К.С.</b>	
Мониторинг напряженно-деформированного состояния сосудов опасных производственных объектов в условиях коррозионного износа Evaluation of the stressed-deformed condition of the cylindrical shell of the separator under corrosion wear .....	298
<b>Афанасьев А.С., Чудакова Н.В.</b>	
Результаты экспериментального исследования параметров процесса экстренного торможения АТС категории М <sub>1</sub> Results of an experimental study of parameters of the emergency braking process ATS category M <sub>1</sub> .....	299
<b>Барыкин М.А.</b>	
Получение деформированных полуфабрикатов из алюминиево-кальциевого сплава Production of deformed semi-finished products from aluminum-calcium alloy .....	300
<b>Бельских А.М.</b>	
Разработка векторно-вихревого теплообменника воздушного охлаждения Development of a vector-vortex air -cooling heat exchanger .....	300
<b>Вайнер Д.Б.</b>	
Повышение энергоэффективности сырьевого комплекса путем применения интеллектуального мониторинга распределительной сети Enhancing the energy efficiency of the raw material complex by applying intellectual monitoring of the distribution network .....	302
<b>Валко Д.А., Федорова М.А., Сасаров В.А.</b>	
Способ работы двс на водотопливной эмульсии Ice operation method based on water-fuel emulsion .....	303
<b>Васильков О.С.</b>	
Разработка метода краткосрочного прогнозирования электрических нагрузок Development of a method for short forecasting electrical loads .....	304
<b>Вафина Д.Э., Бикмухаметова К.М.</b>	
Разработка новой тепловой схемы процесса обжига известняка Development of a new thermal scheme for the limestone firing process .....	305
<b>Выдрова А.А.</b>	
Методика расчета параметров тиристорных преобразователей в системах возбуждения синхронных генераторов Methods for design of synchronous generators excitation system .....	306
<b>Гапеев А.А.</b>	
Исследование возможности управления микроструктурой сплавов при затвердевании в результате лазерного и ультразвукового воздействия Research of the possibility of microstructure control of alloys at consolidation with laser and ultrasonic influence .....	307

<b>Гилин А.В.</b>	
Методы повышения энергоэффективности производства цементного клинкера путем внедрения использования вторичных энергоресурсов	
Methods for improving the energy efficiency of cement clinker production by introducing the use of secondary energy resources .....	308
<b>Глуханич Д.Ю.</b>	
Автономное электроснабжение удаленных потребителей системы обнаружения утечек нефти	
Autonomous power supply to remote consumers of oil leak detection systems .....	309
<b>Григорьев Е.В.</b>	
Контроль качества упрочняющих технологий с помощью метода акустической эмиссии	
Quality control of hardening technologies using acoustic emission method .....	310
<b>Гусева И.П.</b>	
Цифровое моделирование нагрузок в подвесном устройстве скипа шахтной подъемной установки	
Digital simulation of loads in the skip's suspension at the mine hoist .....	311
<b>Деев А.С.</b>	
Оптимизация режимов работы энергосистемы на примере Таймырского угольного бассейна	
Optimization of power system operation modes on the example of the Taimyr coal basin	312
<b>Дяченко Г.В.</b>	
Управление спросом как механизм повышения гибкости энергосистемы в промышленном предприятии России	
Demand response as a mechanism for enhancing the flexibility of the energy system in the industrial enterprise of Russia .....	313
<b>Ивершина В.А.</b>	
Разработка звукомодулирующего устройства на основе микроконтроллера ESP 32	
Development of a sound modulating device based on the ESP 32 microcontroller .....	314
<b>Казаков П.А.</b>	
Оценка технологичности производства металлокерамических зубных имплантов на основе золотых сплавов	
Assessment of processability of production of cermet dental implants based on gold alloys .....	315
<b>Кареев М.И.</b>	
Применение ротационной сварки трением в процессе изготовления кожухотрубчатых теплообменных аппаратов	
Application of rotary friction welding in the process of making a shell-tubular heat exchange devices .....	316
<b>Карнаев М.С.</b>	
Повышение экономичности ТЭЦ, путём применения паровинтовых машин	
Increasing the economicity of the CHP by using the vehicle machines .....	317
<b>Клочков Д.А.</b>	
Технологическое обеспечение качества и износостойкости рабочих поверхностей цапф ротора электродвигателя привода прокатного стана методом поверхностного пластического деформирования	
Technological assurance of the quality and wear resistance of the working surfaces of the axles of the rotor of the electric motor of the drive of the rolling mill by the method of surface plastic deformation .....	318

**Князькина В.И.**

Новые технологии диагностики трансмиссий горных машин при их техническом обслуживании  
New technologies for diagnosing transmissions of mining machines during their maintenance ..... 319

**Кокорин И.Н.**

Исследование системы замкнутого теплоотвода режущего инструмента  
Investigation of the closed heat sink system for cutting tools ..... 320

**Кончус Д.А.**

Коррозионная стойкость нержавеющей стали при лазерной маркировке нефтедобывающего и перерабатывающего оборудования  
Stainless steel corrosion resistance for laser marking of oil and refining equipment ..... 321

**Кориунов П.В.**

Решение проблем шума газотурбинных электростанций для горнодобывающей отрасли  
Solution of problems of noise of gas-turbine power plants for mining industry ..... 322

**Кузнецова В.О.**

Учёт влияния агрессивных коррозионных сред на напряжённо-деформированное состояние цилиндрических оболочек из титанового сплава  
Consideration of the influence of aggressive corrosive media on the stress-strain state of cylindrical titanium alloy shells ..... 323

**Лаврик А.Ю.**

Применение нейросетевого прогнозирования потребления электроэнергии в автономных гибридных комплексах с возобновляемыми источниками энергии  
Use of neural network forecasting of electricity consumption in stand-alone hybrid systems with renewable energy sources ..... 324

**Ле Ван Тунг**

Управление активном выпрямителем с повышением эффективности метода прямого управления моментом асинхронных двигателей  
Active rectifier control with efficiency improve method direct torque control of induction motor drives ..... 325

**Лихачева К.А.**

Получение дополнительной мощности на блоках 800 МВт, сжигающими природный газ  
Getting additional power on 800 MW units, burning natural gas ..... 326

**Максимов Д.Д.**

Технологическое обеспечение геометрических параметров поршневых колец ДВС  
Technological support of geometrical parameters of piston rings..... 327

**Малинкин П.В.**

Оценка безопасности металлизации деталей горных машин CVD-методом с применением теории риска  
Assessment safety during the metallization of parts of mining machines of CVD-method with of applying the risk theory ..... 328

**Малькова Я.М.**

Система управления двухдвигательным электроприводом шаровой мельницы  
Twin-motor electric drive ball mill control system ..... 328

<b>Михайлов А.В.</b>	
Разработка экспериментальной установки поверхностного легирования в среде легкоплавких металлических расплавов Development of the experimental device for surface alloying from the fusible metal melts .....	329
<b>Мишин В.В.</b>	
Совершенствование технологического процесса изготовления детали «кольцо маслосъемное» двигателя карьерного автосамосвала Improvement of the technological process of the production of the part «oil removal» of the carryl dump engine .....	330
<b>Мотяков Н.Ю.</b>	
Снижение риска отказов экскаваторов типа ЭКГ при усреднении шихты в штабелях рудного двора металлургического предприятия Reducing the risk of failures of electric quarry excavators in averaging of stocks materials in stacks on ore yards of metallurgical enterprise .....	331
<b>Муртазина Л.Ш.</b>	
Реализация алгоритма сжатия и передачи сейсмических данных Implementation of the compression algorithm and transmission of seismic data .....	332
<b>Мусин А.Ф.</b>	
Влияние кальция и кремния на характер кристаллизации сплава Al-8%Zn-3%Mg The effect of silicium and calcium on character of crystallization the alloy Al-8% Zn-3% Mg .....	333
<b>Нозирзода Ш.С.</b>	
Исследование влияния системы спид на точность и качество деталей при гидроабразивной резки Investigation of the accuracy and quality of processing in waterjet cutting .....	334
<b>Никулина Л.С.</b>	
Ускорение конструкторской подготовки производства горных машин Acceleration of design preparation of mining machinery production .....	335
<b>Перетятко М.А.</b>	
Повышение эффективности теплообмена прямоточных утилизационных котлов на органическом теплоносителе Increasing the efficiency of heat transfer in direct-flow recovery boiler with organic fluid .....	336
<b>Плащинский В.А.</b>	
Предварительная упрочняющая обработка, как способ повышения ударно-абразивной износостойкости быстроизнашиваемых элементов горнорудного оборудования Surface hardening as a mean to increase the impact and abrasive wear resistance of mining equipment elements .....	337
<b>Попова Ю.М.</b>	
Особенности применения транспортной системы Rail-Veyor Features of application of Rail-Veyor transportation system .....	338
<b>Растворова Ю.В.</b>	
Вклад потребителей в показатели качества электроэнергии в связанных системах промышленных предприятий Consumers contribution to the electric power quality indicators in related systems of industrial enterprises .....	339



<b>Рыбаков А.С.</b>	
Исследование и разработка мероприятий по поддержанию пневматической системы автобусов в работоспособном состоянии	
Research and development of measures to keep the pneumatic system of buses in working condition .....	340
<b>Рыков А.С.</b>	
Проблемы загрязнения поверхностей теплообмена пластинчатых теплообменных аппаратов и методы их решения	
Problems of pollution of heat exchange surfaces of laminate heat exchange devices and methods of their solution .....	341
<b>Садыков Р.Э.</b>	
Электромагнитополевой активатор воздушно-топливной горючей смеси двигателей внутреннего сгорания	
Electromagnetic field activator of air-fuel combustion mixture of internal combustion engines .....	342
<b>Сафин Р.А.</b>	
Совершенствование технологии изготовления детали «вал» двигателя самосвала	
Improving the manufacturing technology of the shaft dump truck engine .....	343
<b>Сафрончук К.А.</b>	
Обоснование применения зубчато-поршневого масляного насоса для повышения эффективности смазочно-заправочных работ при проведении технического обслуживания горных машин	
Justification for the use of toothed piston oil pump to improve refuelling efficiency maintenance work on mining machines .....	345
<b>Семериков М.Д.</b>	
Применение статком в горнодобывающей промышленности	
Statcom application in the mining industry .....	346
<b>Соколов Р.А.</b>	
Результаты рентгеновской дифрактометрии стали после различной обработки поверхности	
Results of x-ray diffractometry of steel after various surface treatments .....	347
<b>Старшая В.В.</b>	
Автономный комплекс электротермического прогрева нефтяных скважин с питанием от фотоэлектрической установки	
Autonomous complex of electrothermal heating of oil wells supply from photoelectric installation .....	348
<b>Суханов А.Е.</b>	
Совершенствование погрузочных шнеков проходческо-очистного комбайна «Урал-20р»	
Improvement of loading drums heading-and-winning machine «Ural-20r» .....	349
<b>Тахтуев Я.А.</b>	
Расчет наработки талевых канатов по данным измерительных комплексов буровых установок	
Calculation of drilling line treatment according to the data of measuring complexes of drilling units .....	350

<b>Ушкова Т.О.</b>	
Разработка информационно-измерительной и управляющей системы процессом транспортирования нефти с целью предупреждения парафинизации трубопроводов	
Development measuring and controlling system of oil transportation to prevent paraffin deposits in pipelines .....	351
<b>Февралева В.С.</b>	
Исследование влияния содержания никеля на длительность аустенитно-перлитного превращения	
Studying the effect of nickel content on the duration of the transformations .....	352
<b>Хвиюзова Д.А.</b>	
Разработка фильтра-усилителя устройства предварительной обработки сигнала шумопеленгования гидроакустического комплекса (ГАК)	
Development of a filter amplifier of a device for preliminary processing of a signal for passive listening mode of a hydroacoustic complex .....	353
<b>Хохлова Е.Д.</b>	
Диагностика состояния криогенных газификаторов методом акустической эмиссии	
Diagnostics of the state of cryogenic gasificators by the acoustic emission method .....	354
<b>Черкасов С.О.</b>	
Влияние режима термической обработки на структуру и свойства проводникового алюминиевого сплава Al-7%РЗМ, полученного литьем в электромагнитном кристаллизаторе	
Influence of heat treatment on the structure and properties of an Al-7%REM conductive aluminum alloy casted in an electromagnetic crystallizer .....	355
<b>Шарафутдинова Г.Р.</b>	
Разработка флюса для защиты поверхности легкоплавкого расплава	
Development of flux for the protection of fusible melt .....	356
<b>Юрченко М.А.</b>	
Совершенствование метрологического обеспечения нефтеперекачивающей станции «Кума» АО «Транснефть - Сибирь»	
Improvement of metrological assurance for «Кума» oil pumping station of «Transneft-Siberia» .....	356
<b>Янко Я.Ю.</b>	
Разработка многоступенчатого насосного редукторно-мультипликаторного гидравлического привода	
Development of multi-stage pump reduction-multiplier hydraulic drive .....	357

## **Секция 8. Климатические изменения, природоохранная деятельность и принципы устойчивого развития горного производства**

<b>Альков И.С.</b>	
Способы решения экологических проблем ликвидации угольных шахт	
Ways to solve environmental problems of coal mine elimination .....	358
<b>Ашуров М.А.</b>	
Утилизация металлургического шлака как техногенного сырья	
Disposal of metallurgical slag as an technogenic raw material .....	359

**Белоусов С.С., Попова Т.А.**

Исследование почв и грунтов на территории размещения и в пределах воздействия Гороблагодатского месторождения на окружающую среду  
Soil and soil investigation in the territory deployment and within exposure Goroblagodatsky deposit to the environment ..... 360

**Володина Д.А.**

Оценка аэротехногенного загрязнения в зонах воздействия цементных заводов на основе изучения снегового покрова для разработки природоохранных рекомендаций (юг Западной Сибири)  
Aerotechnogenic pollution assessment in the impacted areas of cement plants on the basis of snow cover study to develop the environmental protection decisions (the south of Western Siberia) ..... 361

**Ганичев П.А.**

Обеспечение гигиенической и экологической безопасности подземных водных ресурсов  
Ensuring hygienic and environmental safety of underground water resources ..... 362

**Елеуров Р.Ц.**

Рециклинг отходов твердых сплавов  
Carbon waste recycling ..... 363

**Зайцева Е.А.**

Современные технологии обращения с отходами нефтегазового сектора в России  
Modern technologies for oil and gas sector waste management in Russia ..... 363

**Зимнухов М.А., Плотникова А. Е.**

Применение солеустойчивых штаммов клубеньковых бактерий при рекультивации отходов добычи углеводородов в условиях Тюменской области  
The use of salt-resistant strains of nodule bacteria for the reclamation of waste hydrocarbons in the conditions of the Tyumen region ..... 364

**Мухаметшина Э.Р.**

Инновационный метод объёмной оценки и паспортизации нефтезагрязнённых участков  
Innovative method of volumetric assessment and certification of oil -contaminated sites. 365

**Носарев Н.С., Климавичус Я.Э.**

Разработка мобильной технологии утилизации нефтесодержащих отходов  
Development of mobile technology for the disposal of oily waste ..... 366

**Пугина О.А.**

Мониторинг атмосферного воздуха в зоне влияния Череповецкого металлургического комбината  
Monitoring of atmospheric air in the zone of influence of Cherepovets metallurgical plant ..... 367

**Пустовойтова Л.С.**

Геоэкологический мониторинг почв и снежного покрова территории нефтегазодобычи Тюменской области  
Geoeological monitoring of soils and snow cover of oil and gas fields of Tyumen region ..... 368

**Сладкова А.Д.**

Исследование сорбционных свойств сталеплавильных шлаков для их применения в процессе очистки сточных вод  
Study of the sorption properties of steel-smelting slags for their application in the process of waste water treatment ..... 369

**Соловьев М.А.**

Проблема накопления кислых сточных вод и оценка их негативного воздействия на компоненты природной среды на примере армянского филиала ООО «Титановые инвестиции»  
The problem of accumulation of acid wastewater and assessment of their negative impact on the components of the environment using the example of the armyansk's branch of Titanium investments LLC ..... 370

**Сучкова М.В.**

Вовлечение отходов водоочистных сооружений в хозяйственный оборот как способ реализации их эколого-экономического потенциала  
Involvement of waste water treatment structures in economic turnover as a method of implementing their ecological and economic potential ..... 371

**Танких С.Н., Заболотских В.В., Васильев А.В.**

Влияние древесных опилок, яичной скорлупы и вермикулита на скорость очистки почвы от нефтяных загрязнений  
Influence of wood saws, eggslaw and vermiculitis on the speed of cleaning the soil from oil contaminations ..... 371

**Токарева Л.Д.**

рециклинг как средство обеспечения экологической безопасности балтийского моря  
recycling as a means of ensuring the environmental safety of the baltic sea ..... 374

**Харько П.А.**

Изучение воздействия медно-колчеданных месторождений на химический и минералогический состав донных отложений малых рек  
Assessment the impact of copper deposits on the chemical and mineralogical composition of the bottom sediments of small rivers ..... 375

**Худайбердиев А.Т.**

Пространственно-временной анализ и проект полигона по переработке нефтесодержащих отходов в перспективе глобального потепления  
Spatial-temporal analysis and project of a landfill for processing oil-containing waste in the perspective of global warming ..... 376

**Чернобровкин Н.А.**

Мобильная модульная установка для плазменной переработки неметаллических отходов (концептуальное предложение)  
Mobile modular plant for plasma processing of non-metallic waste (concept proposal) ... 377

**Якушева Д.В.**

Источники антропогенного воздействия как факторы территориального планирования (на примере Обь-Томского междуречья)  
Source of anthropomorphic effect such as factor of land use planning (on the example of the Ob-Tomsky interfluve) ..... 379

**Секция 9. Актуальные проблемы и противоречия развития современного общества**

**Васильева В.Д.**

Влияние кинематографа на формирование толерантности к представителям негроидной расы  
Influence of cinematograph on formation tolerance for representatives ..... 380

<b>Воронова Н.А.</b>	
Положительные и отрицательные стороны отечественного и зарубежного образования. Тенденции развития	
Positive and negative aspects of domestic and foreign education. Development trends ...	381
<b>Гладкова Д.В.</b>	
Дуэт музыки и живописи: средневековая эстетика	
Duet of music and painting: medieval aesthetics .....	381
<b>Гурина Э.Э.</b>	
Эмоциональное выгорание и модели преодолевающего поведения (на примере студентов технических специальностей)	
Emotional burnout and models of overcoming behaviour (using the examples of students of technical specialty) .....	382
<b>Денисов В.В.</b>	
Мотивационные факторы институциональных функций музея в контексте проблем и противоречий современного общества	
Motivational factors of institutional functions of the museum in the context of problems and contradictions of modern society .....	384
<b>Журавлев А.Е.</b>	
Экономика впечатлений: эмоции как продукт	
Experience economy: emotions as a product .....	385
<b>Здрецов И.М.</b>	
Три великие книги о власти. Актуальный анализ концепций	
Three great books about power. Actual analysis of concepts .....	386
<b>Зырянова А.Л.</b>	
Анализ необходимости увеличения количества подготавливаемых специалистов в области стандартизации и метрологии	
Analysis of the need to increase the number of trained specialists in the field of standartization and metrology .....	387
<b>Козлова А.Ф., Рацун А.Р.</b>	
Проблемы цифровизации в управлении конфликтами	
Problems of digitalization in conflict management .....	388
<b>Митрофанова В.А.</b>	
Профессиональная речь горняков	
Miner's professional speech .....	389
<b>Митрофанова Т.А.</b>	
Взаимосвязь личностных характеристик со склонностью к разным стилям поведения в конфликтных ситуациях у мальчиков и девочек подросткового возраста	
The relation between the personal characteristics and inclination to different styles of behavior in conflict situations among boys and girls of adolescent age .....	390
<b>Моргунов В.В.</b>	
Социализация человека при поступлении в ВУЗ	
Socialization of a person when entering a university .....	391
<b>Назарова В.Ю.</b>	
Индивидуальные образовательные траектории	
Individual educational trajectory .....	392
<b>Носова Ю.А.</b>	
Направления и условия оптимизации топливно -энергетического баланса	
Directions and conditions for changing the structure of the fuel and energy balance .....	392

**Репин И.Д.**

Конфликт эстетических концепций: Ван Гог и Малевич  
Conflict of the Van Gogh's and Malevich's aesthetic concepts ..... 393

**Фомичёва Н.А.**

Экологические проблемы и способы их решения  
Environmental problems and ways of their solution ..... 394

**Холбоева У.Ш.**

Изучение состояния экологической культуры студентов технических вузов  
Exploring of ecological culture condition among students of technical universities ..... 397

**Секция 10. Современные аспекты архитектурно-градостроительной деятельности**

**Бирюков А.Д.**

Микроклимат города и учет тепловых аномалий территорий с помощью спутниковых снимков  
Urban climate and registration of thermal anomalies of territories using satellite imagery ..... 398

**Бузина Д.А.**

Автоматизация процесса обратного проектирования объектов градостроительной деятельности по результатам аэрофотосъемочных работ  
The reverse engineering automation for the objects of the urban development, based on the results of aerial photography ..... 399

**Вдовин В.И.**

Современная концепция формирования квартальной застройки в условиях крайнего Севера  
Modern concept of the formation of quarter buildings in the far North ..... 400

**Гатина Н.В.**

Методика систематизации информации о местоположении подземных инженерных сооружений в едином геоинформационном пространстве  
Method of systematization of information about the location of underground engineering structures in a single geographic information space ..... 401

**Зубенко М.В.**

Концепция формирования образовательных организаций нового типа на примере Западной Европы, Азии и России  
The concept of forming a new type educational organizations on the example of Western Europe, Asia and Russia ..... 402

**Кустов А.А.**

Влияния градостроительных школ Вхутемаса и Баухауза на современную архитектуру  
The influence of Vkhutemas and Bauhaus urban planning schools on modern architecture ..... 403

**Мальшиев Д.М.**

Оценка природных и антропогенных рисков для устойчивого развития исторического города  
Assessment of environmental and antropogenic risks for the sustainable development historic city ..... 404

<b>Маркевич И.В.</b>	
Факторы, оказывающие влияние на создание комфортной городской среды в городах Западной Сибири	
Factors that influence the creation of a comfortable urban environment in the cities of Western Siberia .....	404
<b>Московченко А.А.</b>	
Оценка элементов градостроительного потенциала территории г.Томска по результатам геоинформационного анализа	
Estimation of elements of urban planning potential of Tomsk according to results of geoinformation analysis .....	406
<b>Наумов М.А.</b>	
Исследование процессов изменения химического и минералогического состава грунтов в пределах разрушенных свайных оснований памятников русской архитектуры	
Investigation of changes in the chemical and mineralogical composition of soils within the destroyed pile foundations of russian architectural monuments .....	407
<b>Першин В.А.</b>	
Ревитализация набережных Санкт-Петербурга	
Revitalization of seafront St. Petersburg .....	408
<b>Погодаева М.И.</b>	
Сравнительный анализ двухуровневой и одноуровневой модели территориального планирования	
Comparative analysis of two-level and single-level territorial planning models .....	410
<b>Саханова К.Р.</b>	
Умный город: преимущества и проблемы	
Smart city: advantages and challenges .....	410
<b>Скрябин П.В.</b>	
Особенности градостроительного освоения юга Сибири	
Features of urban development in the south of Siberia .....	412
<b>Сорока А.Н.</b>	
Ревитализация промышленных территорий на принципах устойчивого развития	
Revitalization of industrial territories on the principles of sustainable development .....	413
<b>Уварова А.А.</b>	
Экономико-социальный эффект проекта ревитализации исторического центра города Ирбит	
Economic and social effect of the revitalization project of the historical center of Irbit city .....	414
<b>Харламова Е.В.</b>	
Предпосылки формирования нового города-центра в системе расселения Сибири	
Prerequisites for the formation of a new city-center in the settlement system of Siberia...	415
<b>Шапиро С.Л.</b>	
Реконструкция исторических набережных Санкт-Петербурга	
Reconstruction of the historical embankments of Saint Petersburg .....	416
<b>Шацкова С.А., Иванова Ю.А.</b>	
Градостроительные трансформации бывших промышленных территорий в крупных городах Швеции	
Urban transformations of former industrial territories in large cities of Sweden .....	418

***Шашкова М.А.***

Организации городской общественной среды: многовариантность решений  
Organizations of the urban public environment: diversity of decisions ..... 419

***Шувалов Я.И.***

Вопросы реконструкции, обеспечивающей ревитализацию исторических центров  
малых и средних городов Урала (на примере города Ирбит Свердловской области)  
Issues of reconstruction, providing revitalization of historical centers of small and medi-  
um cities of Ural (on the example of city Irbit of the Sverdlovsk region) ..... 420



**Секция 1. НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМ  
НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

**АЛЖАДЛИ М.**

Санкт-Петербургский горный университет

**РЕМОНТ ТРУБОПРОВОДОВ ПОСТАНОВКОЙ МУФТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**ALJADLI M.**

St. Petersburg Mining University

**PIPELINE REPAIR BY COUPLING WITH COMPOSIT MATERIALS**

Разнообразие доступных систем ремонта трубопроводов ставит задачу перед специалистами выбрать наилучшую, обеспечивающую максимальную надежность и безопасность с минимальными затратами. Постановка муфт на дефектные участки повышает их несущую способность и тормозит рост дефектов.

Проведен анализ литературных и патентных источников конструкций муфт, в которых применяются композиционные материалы. Использование композитов позволяет обеспечить большую плотность контакта муфты с трубой.

Рассмотрены факторы, которые влияют на коэффициент усиления муфты.

Предложены критерии выбора оптимальной конструкции муфты в зависимости от условий эксплуатации.

Приведены результаты экспериментов по исследованию несущей способности различных конструкций муфт.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.М. Щипачев

**АНТРОПОВ В.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

**РАЗРАБОТКА СОСТАВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ ДЛЯ  
ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЙ**

**ANTROPOV V.A.**

St. Petersburg Mining University

**DEVELOPMENT A COMPOSITION OF A DRILLING FLUID TO PREVENT  
CIRCULATION LOSS**

Нефтяные и газовые скважины представляют собой сложные сооружения, строительство которых осуществляется в весьма разнообразных геолого-климатических условиях. Поглощение бурового раствора считается одним из наиболее тяжелых и распространенных видов осложнений, требующих значительных затрат средств и времени на их ликвидацию, иногда приводящих к иным осложнениям (осыпи, сужение ствола и т.д) или авариям (прихваты, обрыв труб, фонтаны и прочее).

Целью исследования являлось повышение эффективности бурения скважин при проходке зон поглощений.

Задачи исследования:

- анализ существующих методов предупреждения и ликвидации поглощений;
- разработка методики исследований кольматирующих свойств буровых растворов и пачек;
- разработка стенда для проведения исследований кольматирующих свойств буровых растворов;
- проведение исследований кольматирующих и технологических свойств буровых растворов;
- разработка состава кольматирующей пачки для предупреждения поглощений бурового раствора.

На основе проведенного анализа существующих методов предупреждения и ликвидации поглощений разработана методика исследований кольматирующих свойств буровых растворов и пачек. Для исследования растворов создан макет, имитирующий скважину и закрытую горизонтальную трещину. Стенки трещины находятся под избыточным горным давлением в упругой области деформирования. Давление со стороны скважины позволяет раскрыть трещину за счет положительного дифференциального давления. На стенде испытаны три типа буровых растворов и пачек. Получены зависимости давления поглощения от дифференциального давления после прокачки кольматирующих пачек в трещину. По полученных результатам можно сделать вывод, что буровой раствор с инертным наполнителем позволяет наиболее надежно изолировать поглощающий пласт.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент П.А. Блинов

**АХМЕДОВА А.Н.**

Санкт-Петербургский горный университет

**КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ДАННЫХ ПРОМЫСЛОВО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И  
ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ  
КОЛЛЕКТОРОВ**

**AKHMEDOVA A.N.**

St. Petersburg Mining University

**COMPLEXING THE DATA OF GEOPHYSICAL AND HYDRODYNAMIC STUDIES  
IN ORDER TO INCREASE THE EFFICIENCY OF DEVELOPING COMPLEX  
RESERVOIRS**

Большая часть вводимых в разработку месторождений по сложности геологического строения относятся к категориям «сложного» и «очень сложного». Продуктивные пласты характеризуются ярко выраженной макронеоднородностью фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС). С вышеперечисленными факторами связана специфика разработки запасов: при высокой степени неоднородности наиболее проницаемые пропластки включаются в добычу в первую очередь, что может привести к их опережающему обводнению при значительных текущих запасах. При введении систем поддержания

пластового давления (ППД) наблюдается такая проблема как образование трещин автоГРП (гидроразрыва пласта). Также за счет наличия большого количества пропластков разной проницаемости возникают сложности равномерной выработки запасов, связанные с их локализацией на разных этажах нефтеносности.

В условиях высокой геологической неоднородности и сложности системы разработки особую важность приобретают методы контроля за разработкой – гидродинамические и промыслово-геофизические исследования (ГДИС и ПГИ). Контроль методами ГДИС включает оценку пластового давления, изменения фильтрационных свойств и продуктивности скважин. Методы ПГИ позволяют осуществить контроль за выработкой пластов (профиль притока или приемистости, состав притока, текущая и остаточная нефтенасыщенность), работой скважины и ее техническим состоянием. Также существуют специальные геофизические методы – СО-каротаж – определение текущего насыщения пласта в обсаженном стволе скважины. Совместная интерпретация результатов исследований позволяет получить более достоверную информацию о состоянии залежи и эффективности применяемой стратегии разработки.

На примере сложнопостроенного пласта-коллектора Х, сложенного тремя пропластками, рассмотрены возможности комплексирования результатов исследований. Объект отличается высокой обводненностью и низким темпом выработки запасов. Путем комплексирования данных исследований была найдена причина роста обводненности – образование трещин автоГРП. Низкий темп отбора обусловлен выработкой преимущественно высокопроводящего пропластка и не включением в работу пропластков с низкой проницаемостью. Предложены пути решения выявленных проблем – внедрение компоновок одновременно-раздельной закачки (ОРЗ) для решения проблемы автоГРП и бурение многозбойных скважин (МЗС) на разные этажи нефтеносности для включения в разработку низкопроницаемых пропластков.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Д.С. Тананыхин

**БАХТИЯРОВ Э.Б.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ С НИЗКОПРОНИЦАЕМЫМИ КОЛЛЕКТОРАМИ**

**BAKHTIYAROV E.B.**

St. Petersburg Mining University

## **JUSTIFICATION OF THE DEVELOPMENT SYSTEM OF OIL FIELDS WITH LOW-PERMEABLE RESERVOIRS**

Нефтегазовая отрасль является важнейшим элементом всего топливно-энергетического комплекса России. Однако в настоящее время основные традиционные запасы углеводородов в России постепенно истощаются. Параллельно с этим рост промышленного сектора экономики увеличивает потребность в энергетическом топливе и химическом сырье. По вышеуказанным причинам, наряду с освоением континентального шельфа с его огромными запасами углеводородов, одним из приоритетных направлений нефтегазовой промышленности в последние годы является вовлечение в разработку трудноизвлекаемых запасов.

В России почти две трети доказанных запасов нефти относятся к трудноизвлекаемым, большая часть которых при этом сосредоточена в низкопроницаемых отложениях баженовской и тюменской свит, а также в ачимовской толще. По разным оценкам геологические запасы нефти одной лишь баженовской свиты могут достигать до немислимых 120 млрд т, а извлекаемые запасы могут составить от 500 млн до 20 млрд т. Для сравнения, в 2019 году объем добычи нефти и газового конденсата в России составил 560,2 млн т. Все это совместно с тем, что баженовская свита простирается на территории традиционного региона нефтедобычи, в котором уже создана развитая инфраструктура, делает освоение запасов баженовской свиты актуальной задачей.

Однако у национальных нефтяных и нефтесервисных компаний отсутствует достаточный опыт по разработке отложений со свойствами, аналогичными баженовской свите. Например, средняя открытая пористость отложений баженовской свиты не превышает 5%, а матричная проницаемость в среднем составляет всего 0,05 мД. Такие низкие фильтрационно-емкостные свойства требуют пересмотра существующих в отечественной практике методов разработки и формирования особого подхода на всех стадиях освоения месторождения.

Данная работа, главным образом, обобщает и систематизирует информацию и мировой опыт по разработке месторождений углеводородов с низкопроницаемыми коллекторами. В работе проведен сравнительный анализ различных технологий разработки низкопроницаемых коллекторов, по результатам которого определено, что наиболее оптимальным в условиях, аналогичных баженовской свите, является разработка на режиме истощения с применением горизонтальных скважин с многостадийным гидравлическим разрывом пласта (ГРП). В дополнение к этому проведены многовариантные расчеты с учетом особенностей формирования трещин ГРП в баженовской свите, на основе которых обоснованы основные параметры оптимальной системы разработки. Кроме того, выявлены факторы неопределенности, оказывающие наибольшее влияние на оптимальные параметры системы разработки для рассматриваемых условий.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Д.Г. Петраков.

**БЕЛУХИН А.И.**

Мурманский государственный технический университет

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БУРОВОГО РАСТВОРА**

**BELUKHIN A.I.**

Murmansk State Technical University

## **EVALUATION OF THE EFFECT OF PLANT COMPONENTS ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE DRILLING MUD**

Актуальность рассматриваемой темы определяется тем, что буровые промывочные жидкости являются важными составляющими в процессе строительства скважины. Они выполняют широкий спектр функций, начиная от выноса разбуренной породы на дневную поверхность и заканчивая образованием фильтрационной корки по стволу скважины и смазкой породоразрушающего инструмента. В связи с этим, любой используемый буровой раствор должен обладать соответствующим набором оптимальных по-

казателей (параметров). Кроме этого, контактируя с горными породами и окружающей средой, современные буровые промывочные жидкости должны отвечать требованиям экологической безопасности и не оказывать деструктивного воздействия на экосистему.

В ходе работы на базе уже существующих составов буровых растворов были разработаны альтернативные рецептуры с применением нетоксичных растительных компонентов.

В настоящее время существует большое количество различных соединений, сложный эфир и других биоразлагаемых компонентов, которые могут служить основой для буровой промывочной жидкости. Все они были разработаны с целью замены токсичных буровых растворов, созданных с использованием дизельного топлива (РУО). В результате крайне токсичного воздействия на морскую флору и фауну дизельное топливо как основа промывочных жидкостей было запрещено в Мексиканском заливе и Северном море. Буровой раствор на водной основе (РВО) хоть и является нетоксичным, биоразлагаемым и относительно дешевым раствором, не подходит для бурения сложных скважин, особенно в сланцевых породах. В таких условиях буровая промывочная жидкость на синтетической основе более предпочтительна в бурении сланцев из-за её способности к стабилизации глины, высокой смазывающей способности, меньшей коррозии, меньшего повреждения пласта, минимального температурного эффекта и меньшей стоимости.

Вследствие этого, на основании данных по исследованиям современных, низкотоксичных буровых промывочных жидкостей были разработаны рецептуры буровых растворов, включающих в себя природные нетоксичные компоненты, а также проведены опыты, которые позволили определить следующие ключевые параметры бурового раствора.

**Научный руководитель:** д.т.н., доцент М.В. Васёха

**БЕШЕРЯН З.А.**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ И ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НАДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЕ КОМПЕНСАЦИОННЫХ УЧАСТКОВ**

**BESHERYAN Z.A.**

Ufa State Petroleum Technological University

**THE SIMULATION OPERATION AND EVALUATION OF STRESS-STRAIN STATE OF OVERHEAD PIPELINES WITH COMPENSATIVE SECTIONS OF VARIOUS FORMS**

По прогнозам аналитиков, в ближайшей перспективе продолжится активное освоение месторождений углеводородов в районах распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ) на арктических и приарктических широтах, где оптимальным является надземная конструктивная схема прокладки трубопроводов на опорах. В отличие от строительства магистральных трубопроводов в обычных природных условиях, где применяют хорошо изученные и проверенные временем традиционные решения, в ус-

ловиях, осложненных наличием многолетнемерзлых грунтов, факторы, обеспечивающие эксплуатационную надежность магистральных трубопроводов, изучены недостаточно.

Определяющими факторами обеспечения надежности трубопроводных систем являются: оптимальные конструктивные решения, обоснованные расчетные методики и рациональные схемы монтажа. Данная работа посвящена первым двум факторам.

С целью научного обоснования программного метода расчета надземных трубопроводов и определения оптимальных конструктивных решений при их строительстве на ММГ выполняется исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) протяженных надземных магистралей с компенсационными участками различной формы посредством моделирования работы данных систем в универсальной программной системы конечно-элементного анализа – ANSYS, что позволяет варьировать «реальные» конструктивные параметры системы и учитывать трение на опорах при различных условиях нагружения.

Также в работе представлен анализ экспериментальных исследований деформативности надземных трубопроводов от действия внутреннего давления, температурного перепада и давления ветрового потока, выполненных на уменьшенных моделях, изучены эксперименты, проведенные в трассовых условиях на реальных трубопроводах.

По результатам конечно-элементного анализа определены зависимости поперечных перемещений и максимальных напряжений от геометрических параметров системы и коэффициента трения на опорах и определены оптимальные конструктивные решения для компенсационных участков треугольной, трапециевидной и П-образной формы. Предложена схема прямолинейной прокладки надземных трубопроводов с симметричными компенсаторами, выполнено моделирование и анализ результатов для дальнейшей рекомендации данной схемы к применению на вновь строящихся надземных трубопроводах в районах ММГ на арктических и приарктических широтах.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор И.Ф. Кантемиров

**БИЯНОВ Н.Ю.**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

## **РАЗРАБОТКА МАГНИТНОГО АКТИВАТОРА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН ОТ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

**ВІАНОВ N.Y.**

Perm National Research Polytechnic University

## **DEVELOPMENT OF A MAGNETIC ACTIVATOR FOR THE PROTECTION OF PRODUCING WELLS FROM ASPHALTENE DEPOSITS**

В настоящее время одним из перспективных методов предотвращения АСПО является использование скважинных магнитных активаторов. Магнитное поле (МП) приводит к долговременному (5-40 часов) обратимому изменению структуры нефти, препятствующей формированию центров нуклеации твердых парафинов и росту кристаллитов, что исключает их адгезию на поверхность оборудования и образованию АСПО в процессе механизированной добычи.

В работе предлагается физический механизм активации, при котором МП влияет не на энергию, а спиновое (квантовое) состояние дисперсной системы. Базовый закон всех физико-химических процессов заключается в том, что существует запрет в случае неравенства спинов молекул, вступающих во взаимодействие. При активации нефти МП снимает указанный запрет по спину и открывает дополнительный канал управления спиновой динамикой и соответственно макросвойствами нативной нефти.

Магнитные эффекты в нефтях возникают за счет:

1. Метастабильного неравновесного состояния системы;
2. Наличия у асфальтенов парамагнитных свойств, обусловленных свободными радикальными парами с нескомпенсированными электронами разорванных связей;
3. Резонансного возбуждения МП электронных уровней синглетных (S) и триплетных (T) термов молекул асфальтенов;
4. Рекомбинации радикальных пар по схеме T-S термов, приводящей к сшивке линейных структур фрактального асфальтенового ядра при ориентации вектора индукции магнитного поля параллельно «волокам» указанных структур и направленному усилению ингибирующих свойств асфальтенов по парафинам.

Описанный механизм действия МП реализован в предлагаемой конструкции магнитного активатора для безреагентного ингибирования АСПО в скважине. Отличие магнитного активатора от существующих аналогов состоит в том, что устройство имеет внешнюю несимметричную магнитную систему, состоящую, по крайней мере, из двух магнитных модулей, расположенных вдоль оси рабочего канала, по которому происходит движение скважинной жидкости. В НКТ нефть вначале активируется первым магнитным модулем, а затем вторым модулем. Первый модуль служит для создания в объеме жидкости продольной поляризации электронов по направлению вектора скорости движения потока, а второй модуль – поперечной поляризации, перпендикулярной к вектору скорости потока. Такая последовательность обеспечивает охват эффективной магнитной активацией и конверсию всего объема фрактальных асфальтеновых агрегатов ядра, и увеличивает положительный эффект ингибирования АСПО в 1,5-2 раза по сравнению с существующими аналогами.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.А. Злобин

**ГАДЖИБАЛАЕВ Т.А., ДИМИТРИАДИ Ю.К.**  
Северо-Кавказский Федеральный Университет

## **К ВОПРОСУ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАБОЙНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ БУРЕНИИ НА АЭРИРОВАННОЙ ЖИДКОСТИ**

**GADZHIBALAEV T.A., DIMITRIADI YU.K.**  
North-Caucasus Federal University

## **PERTAINS TO THE BOTTOMHOLE PRESSURE REGULATION WHEN DRILLING ON THE AERATED FLUID**

Проведение буровых работ в условиях несбалансированных давлений в системе "скважина-пласт". Наиболее перспективными при бурении продуктивных пластов с АНПД, поглощающих пластов являются аэрированные жидкости, полученные механическим способом. Бурение производится с БУ, оборудованными компрессорными уста-

новками, вращающимся превентором, дросселем, деаэратором. Практическая значимость газожидкостных смесей обусловлена возможностью регулирования забойного давления за счет переменного газонасыщения (степени аэрации). Особый интерес представляет определение и обеспечение условия гидродинамического равновесия давлений пластового и забойного, создаваемого аэрированной жидкостью, в процессе бурения скважины. По данным расчетов построены графики изменения гидростатического давления аэрированной жидкости и забойного давления при ее циркуляции в зависимости от степени аэрации и устьевого давления.

Для качественного вскрытия пласта выбор степени аэрации и величины устьевого давления необходимо проводить, исходя из условия гидродинамического равновесия забойного и пластового давлений (при промывке). Для повышения безопасности бурения при остановке циркуляции аэрированной жидкости необходимо регулировать забойное давление путем повышения устьевого давления при неизменной степени аэрации или изменением степени аэрации жидкости при соответствующем устьевом давлении. Совместное использование устьевого давления и степени аэрации жидкости для регулирования забойного давления при бурении на аэрированной жидкости обеспечивает повышенную скорость проходки, возможность выявления низкодебитных пластов, сохранения коллекторских свойств.

**ГАЙМАЛЕТДИНОВА Г.Л., ИСМАГИЛОВА Э.Р.**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

### **УПРАВЛЕНИЕ ИСКРИВЛЕНИЕМ СКВАЖИНЫ С ПОМОЩЬЮ ВИНТОВОГО ЗАБОЙНОГО ДВИГАТЕЛЯ-ОТКЛОНИТЕЛЯ С ВРАЩЕНИЕМ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ**

**GAYMALETDINOVA G.L., ISMAGILOVA E.R.**

Ufa State Petroleum Technological University

### **WELL PATH CONTROL USING SCREW DOWNHOLE MOTOR-DIVERTER WHILE DRILLING STRING ROTATION**

Рассматриваются традиционные компоновки низа бурильной колонны, состоящие из долота, винтового забойного двигателя-отклонителя, телесистемы и колонны бурильных труб. Данная система относительно проста, однако имеет существенные недостатки, заключающиеся в непромере (15-20) м, и требующая режима слайдирования при управлении траекторией. Режим слайдирования имеет некоторые особенности: повышенные силы трения, что затрудняет передачу нагрузки на долото, очистку ствола скважины и образование, вследствие этого, посадок при спуске и затяжек при подъеме бурильной колонны, способствует образованию сальников. Компоновка, состоящая из: долота, роторной управляемой системы, телеметрической системы и далее колонны бурильных труб с верхним приводом, обладает значительным преимуществом над вышеописанной: отсутствует непромер, что повышает точность проводки, управление искривлением скважины осуществляется при постоянном вращении бурильной колонны, что способствует улучшению выноса шлама, снижению коэффициента трения, улучшению передачи нагрузки на долото. Минимизируются осложнения при бурении скважин. Однако, компоновка с роторной управляемой системой имеет высокую стоимость в эксплуатации, сложна в обслуживании, ремонт и тестирование осуществляется только



фирмами-изготовителями, и стоимость аренды составляет до половины стоимости строительства скважины. На основании анализа этих компоновок предлагается принципиально новая компоновка бурильной колонны, в которую включен наддолотный модуль, исключающий непромер, винтовой забойный двигатель-отклонитель, телесистему и верхний привод. Вращение бурильной колонны осуществляется «вправо-влево» за счет пружины, набираемой бурильной колонной при работе верхнего привода. Регулируя величину крутящего момента, можно добиться такого состояния, когда крутящий момент будет затухать, недоходя до телесистемы и ВЗДУ. В результате при вращении бурильной колонны двигатель-отклонитель в режиме слайдирования может управлять зенитным и азимутальным углами. Причем датчики (магнитометры, акселерометры и гамма каротажа) находятся в наддолотном модуле в пределах (1,5 – 2,0) м от долота.

**Научный руководитель:** к.т.н., профессор Л.М. Левинсон

**ГАНИЕВ Т.А.**

Альметьевский государственный нефтяной институт

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СКВАЖИНЫ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАЛОДЕБИТНЫХ СКВАЖИН**

**GANIEV T.A.**

Almetev State Oil Institute

## **ENSURING OPTIMAL WELL PRODUCTIVITY DURING PERIODIC OPERATION OF LOW-PRODUCTION WELLS**

Основная часть нефтяных месторождений России вступила в завершающую стадию разработки. Эксплуатация малодебитных скважин непрерывным способом становится экономически нерентабельной, вследствие значительных затрат электроэнергии на добытую нефть. Выходом из создавшегося положения является перевод малодебитной скважины в циклический режим работы, когда периоды накопления флюида чередуются с периодами его откачки. Продолжительность этих периодов можно рассчитать теоретически, зная такие параметры, как коэффициент продуктивности и пластовое давление. Однако в связи с непостоянством пластовых условий, изменением характеристик призабойной зоны, актуальные значения этих параметров могут сильно отличаться от первоначально принятых для расчёта.

В работе предлагается способ оптимизации значения периода накопления при помощи мониторинга давления на приёме насоса в режиме реального времени датчиком, установленным в погружном модуле и передающим информацию гальваническим каналом связи «забой-устье» к устройству на поверхности, что позволит запускать в работу насос в самом оптимальном режиме.

Сущность способа: определяют минимально допустимое забойное давление с учетом величины допустимой депрессии на пласт, соответствующей максимально допустимой производительности скважины, давлению насыщения газа (выделение свободного газа) и условию сохранности пласта (пескопроявление); контролируют давление на приеме насоса при помощи датчика давления с гальваническим каналом связи; рассчитывают актуальные значения коэффициента продуктивности и пластового давления с целью определения оптимального периода накопления.

Предлагаемое устройство состоит из погружного модуля, состоящего из датчика давления и контроллера, являющегося ключом шифрации для передачи измеренной скважинной информации с помощью гальванического канала связи (ГКС) и блока приёма и обработки сигнала на поверхности.

Применение устройства даёт следующие преимущества:

1. Снижение энергопотребления за счёт уменьшения непроизводительной работы насоса во время падения уровня столба жидкости в скважине.
2. Снижение пескопроявления во время падения уровня жидкости ниже критической отметки за счёт более точного контроля отбора жидкости
3. Момент запуска насосного оборудования определяется по фактическим показателям, а не по более длительным теоретическим расчётным периодам запуска, что приводит к снижению времени простоя скважины.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.С. Галеев

**ГАЮБОВ А.Т.**

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

## **МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НЕЛИНЕЙНОГО ТЕЧЕНИЯ ФЛЮИДА В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ С ПОМОЩЬЮ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

**GAYUBOV A.T.**

National University of Oil and Gas «Gubkin University»

## **EVALUATION METHODS OF NON-LINEAR FLUID FLOW IN A POROUS MEDIUM USING MACHINE LEARNING**

Важнейшим аспектом при разработке месторождений является оценка производительности скважин, которая выполняется во всех этапах добычи углеводородов. Данная задача требует физических и математических моделей, которые адекватно характеризуют течение флюида в пористой среде.

В данной работе рассматриваются различные сценарии течения флюида в нефтяных и газовых коллекторах, в которых эффекты нелинейности потока очевидны, и ими нельзя пренебрегать. Лабораторные эксперименты на образцах породы были проанализированы для подтверждения нелинейности течения и отклонения от традиционного закона Дарси, используемого при гидродинамическом моделировании.

Исторически течение флюида, не подчиняющееся закону Дарси, учитывалось только в газовых скважинах с высокой скоростью течения и предполагалось, что оно существует только в окрестности призабойной зоны скважины. Основная цель работы – рассмотреть присущие ошибки при учете данного явления, которое имеет основополагающее значение для расчета коэффициента продуктивности скважин. В работе используется модифицированное уравнение Форхгеймера, полученное с помощью методов машинного обучения в качестве уравнения движения флюидов в пористых средах, которое сравнивается в дальнейшем с законом Дарси. Предлагаемый метод обеспечивает надежную основу для моделирования нелинейного течения жидкостей и газов в пористой среде.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.Б. Золотухин

**ГОМБОЕВА А.Б.**

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

## **ПРОИЗВОДСТВО СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ПЛАВУЧИХ УСТАНОВКАХ**

**GOMBOEVA A.B.**

National Research Tomsk Polytechnic University

### **FLOATING LIQUEFIED NATURAL GAS PRODUCTION**

В настоящее время мировой спрос на сжиженный природный газ (СПГ) продолжает свой рост. Природный газ в сжиженном виде имеет ряд преимуществ, основные из которых выражены эффективностью транспортировки.

Актуальность вопроса повышения производственных СПГ-мощностей для России связана с наличием богатой ресурсной базы природного газа, в особенности на шельфовых месторождениях, а также привлекательной транспортной логистики. В связи с этим экономическая политика страны направлена на увеличение доли экспорта СПГ на мировой рынок. Сейчас процент российского СПГ на мировом рынке колеблется около 8%, в планах же стоит повышение доли экспорта страны до 15-20% уже к 2035 году, но и это не является конечной целью развития СПГ-индустрии. К крупным проектам относятся «Ямал СПГ», «Сахалин-2», «Арктик СПГ-2» и «Дальневосточный СПГ», находящиеся на различных этапах реализации. Целью каждого проекта является экономическая эффективность и возможность его воплощения.

В проделанной работе был изучен способ производства СПГ на плавучем заводе сжижения природного газа (ПЗ СПГ) представляет собой судно с функциями добычи природного газа, его подготовки и сжижения. Также имеются танки для хранения СПГ и система отгрузки на танкеры.

Целью работы был анализ эффективности технологии сжижения природного газа на плавучих заводах относительно шельфовых месторождений России.

На данный момент возможность применения ПЗ СПГ в России только рассматривалась в некоторых случаях, например при создании проекта «Арктик СПГ-2».

В мире за 2019 год насчитывалось пять действующих ПЗ СПГ, всего заявлено о строительстве около 15 подобных плавучих установок.

Преимущества ПЗ СПГ перед наземным способом сжижения газа заключаются в отсутствии необходимости строительства морского трубопровода и прибрежной инфраструктуры, возможности перемещения завода от одного месторождения к другому, небольшие сроки строительства, а также возможность освоения небольших месторождений.

В проделанной работе был выполнен экономический анализ, показывающий эффективность технологии производства СПГ на плавучих заводах в сравнении со строительством наземного завода на шельфовых месторождениях средней мощности.

**Научный руководитель:** д.э.н, доцент И.В. Шарф

**ГОРБЫЛЕВА Я.А.**

Российский университет дружбы народов

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ  
ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК ПРИ НАГНЕТАНИИ  
ВОДОГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ**

**GORBYLEVA Y.A.**

Peoples' Friendship University of Russia

**THE USE OF EXHAUST GASES FROM ENGINES OF POWER GENERATING  
UNITS FOR THE INJECTION OF WATER-GAS MIXTURES**

В данной работе рассмотрена возможность использования выхлопных газов двигателей энергетических электрогенерирующих установок, работающих на попутном нефтяном газе или дизельном топливе, для водогазового воздействия на нефтяные пласты. Необходимость выработки электроэнергии при геологоразведочных работах, на удаленных нефтяных промыслах, а также проблема утилизации попутного нефтяного газа привели к широкому использованию энергетических электрогенерирующих установок для выработки электроэнергии. На данный момент применяются энергетические электрогенерирующие установки, работающие на дизельном топливе, а также на природном газе или попутном нефтяном газе. Побочным продуктом работы электрогенерирующих установок являются токсичные отработанные выхлопные газы.

Выхлопные газы обычно представлены большим количеством простых составляющих, а также сложных компонентов. По составу токсичные отработанные выхлопные газы содержат до 80% от их общего объема неиспользованного азота воздуха, до 19,5% продуктов сгорания дизельного топлива, которые в своем большинстве являются канцерогенными веществами, и до 0,5% остаточного после окисления топлива кислорода. В данной работе были проведены теоретические расчеты объемов продуктов сгорания при использовании в качестве топлива природного газа и дизельного топлива. Известны примеры использования выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания для освоения скважин. В данной работе предлагается использовать выхлопные газы ДВС для закачки совместно с водой в пласт. Водогазовое воздействие является перспективным методом увеличения нефтеотдачи и решением проблемы утилизации попутного газа. Применение выхлопных газов позволит увеличить коэффициент извлечения нефти, а также снизить вредное влияние на окружающую среду.

Для создания водогазовой смеси предлагается использовать насосно-эжекторную систему (НЭС). При реализации насосно-эжекторной технологии может использоваться существующая система ППД. В работе приведена принципиальная схема закачки водогазовой смеси в скважину.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.Н. Дроздов

**ГОРЕЛКИНА Е.И.**

Российский университет дружбы народов

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УВЕЛИЧЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ  
НАГНЕТАНИЯ ГАЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ НАСОСНО-ЭЖЕКТОРНЫХ  
СИСТЕМ**

**GORELKINA E.I.**

Peoples' Friendship University of Russia

**STUDY OF THE POSSIBILITIES OF INCREASING THE GAS INJECTION  
PRESSURE WITH THE USE OF PUMP-EJECTING SYSTEMS**

Рациональное использование попутного нефтяного газа (ПНГ) является одной из важных задач нефтяной промышленности. По официальным данным, в мире сгорает около 150 млрд. м<sup>3</sup> ПНГ ежегодно. При этом в России в 1814 факелах сгорает 12,9 млрд. м<sup>3</sup>, или 13,1% от общей добычи ПНГ, в частности, из-за нерентабельности строительства для его утилизации дорогостоящих компрессорных станций. Вместе с тем в работе показано, что утилизировать ПНГ можно с применением простых и надежных насосно-эжекторных систем, не требующих высоких капитальных вложений. Однако проблема повышения давления, развиваемого насосно-эжекторной системой, является недостаточно исследованным в настоящее время вопросом.

Так, для нагнетания газа под высоким давлением предложена система, содержащая дожимной и подпорный насосы в многоступенчатом исполнении, сепаратор и эжектор. Недостатком известной системы является то, что оба насоса приводятся в действие от одного двигателя. Это не позволяет обеспечить эффективную эксплуатацию, поскольку подпорный насос работает на жидкости, а дожимной – на газожидкостной смеси. Кроме того, в известном решении нет рекомендаций по выбору оптимального состава рабочей жидкости.

Научной новизной данной работы является обоснование целесообразности независимого привода подпорного и дожимного насосов системы от разных двигателей с частотно-регулируемыми приводами, а также применения в качестве рабочей жидкости водных растворов электролитов в областях рациональных концентраций для подавления коалесценции газовых пузырьков в жидкости. Проведенные расчеты и экспериментальные исследования показали, что это дает возможность эксплуатировать насосы и эжектор в широком диапазоне изменения режимных параметров, обеспечивая улучшение характеристик дожимного насоса и эжектора с увеличением давления нагнетания газа и эффективности системы в целом.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.Н. Дроздов

**ДЕМИНА А.А.**  
Самарский Государственный Технический Университет

**РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ МЕТОДОЛОГИИ ИНТЕГРИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ АКТИВА**

**DEMINA A.A.**  
Samara State Technical University

**DEVELOPMENT AND TESTING OF THE INTEGRATED DESIGN  
METHODOLOGY BASED ON THE INTEGRATED ASSET MODEL**

В работе рассматривается обоснование разработки интегрированных моделей (ИМ) наземного обустройства нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений, приведена методология интегрированного проектирования на базе ИМ, разработана интегрированная модель актива.

Мониторинг разработки месторождений в реальном времени – это одна из ключевых составляющих современной нефтегазовой индустрии. С управленческой точки зрения под этим понятием подразумевается непрерывный процесс подготовки и принятия решения по управлению разработкой месторождений нефти и газа.

Принятие взвешенных решений должно основываться на достоверных данных, их методически верной интерпретации и интеграции друг с другом. В настоящее время таким инструментом служат интегрированные модели, включающие в себя параметры добываемого флюида, конструктивные и технологические характеристики трубопроводных сетей, а так же профили загрузки объектов подготовки газожидкостных смесей (ГЖС).

В данной работе выполнена поэтапная разработка интегрированной модели актива, внесены пласты, скважины, линейные и площадочные объекты (системы сбора, транспорта и подготовки нефти, объекты энергетики и т.д.). Выходным «продуктом» является постоянно действующая интегрированная актуальная модель актива, объединяющая все основные элементы обустройства нефтяных и газовых месторождений: пласт – скважина – система сбора – система транспорта, что служит исходными данными при создании экономических моделей.

В качестве инструментария при разработке ИМ использовался специализированный программный комплекс, который использует прямые зависимости «РVT свойства флюида – пласт – модель скважины» при итерационных расчетах сетей нефтесбора и площадных объектах, учитывая граничные условия на входе и выходе в площадной объект, и осуществляют расчет последовательно.

Полученная модель позволяет на текущем и перспективном уровне оценивать взаимное влияние всех факторов разработки и эксплуатации месторождений, а так же получать оперативные результаты в виде цифровой информации при изменении входных параметров или же параметров, затрагивающих модель на одном из этапов.

Практически доказана жизнеспособность разработанной интегрированной модели на примере проведения гидравлических, материальных и энергетических расчетов. Полученная модель удовлетворяет критериям устойчивости и адаптивности под новый вариант перспективных уровней добычи углеводородного сырья по активу, а также показывает сходимые результаты расчетов.

**Научный руководитель:** д.э.н., доцент Л.А. Ильина

**ДЫКИН А.К.**  
Санкт-Петербургский горный университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ И СТАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

**ДЫКИН А.К.**  
St. Petersburg Mining University

## RESEARCH OF HYDRAULIC RESISTANCE OF POLYETHYLENE AND STEEL GAS PIPELINES

В данной статье приведен анализ методов расчета коэффициента гидравлического сопротивления. Представлен расчет его значения на основе производственных данных для стальных и полиэтиленовых труб с различным коэффициентом износа. На основе результатов даны рекомендации по уменьшению значения гидравлического сопротивления при транспортировании газа по газораспределительным системам. Большинство из них имеют тупиковую схему распределения в силу своего экономического преимущества при строительстве. Тупиковые сети представляют собой газопровод, разветвляющийся по различным направлениям к потребителям газа. По мере удаления от источника газоснабжения или пункта редуцирования давление газа в тупиковых сетях падает, и потребители, находящиеся в конце системы, в моменты пикового потребления могут получить газ с меньшим давлением.

Одной из причин потери давления при транспорте газа является преодоление потоком газа гидравлического сопротивления внутренних стенок трубы, которое характеризуется коэффициентом гидравлического сопротивления  $\lambda$ . В данной работе проведено теоретическое и экспериментальное исследование коэффициента гидравлического сопротивления.

Проведен анализ методов расчета коэффициента гидравлического сопротивления. Построены графики зависимостей коэффициента гидравлического сопротивления от логарифма числа Рейнольдса для наглядного сравнения трех методик расчета: согласно СП 42.101.2003, в соответствии с опытами И.И. Никурадзе, по обобщенной формуле А.Д. Альтшуля.

Построены графики зависимостей коэффициента гидравлического сопротивления от логарифма числа Рейнольдса для наглядного сравнения влияния материала трубопровода на величину потерь давления по длине участка с учетом категории давления.

На базе дочерних предприятий ООО «Газпром межрегионгаз» были сняты значения потерь давления на полиэтиленовых и стальных газопроводах различной категории давления – высокой, средней и низкой.

Проведен сравнительный анализ показателя удельных потерь давления по длине участка газопровода и расчёт коэффициентов гидравлического сопротивления на основании практических данных для каждого случая.

Проведен анализ зависимости величины шероховатости внутренней стенки газопровода от срока его эксплуатации. На базе кафедры транспорта и хранения нефти и газа Горного университета с использованием профилометра HOMMEL Tester T1000 было выполнено измерение шероховатости трех образцов стальной и трех образцов полиэтиленовой труб с различной степенью износа.

Выводы:

1. В результате сравнения полученных зависимостей коэффициента гидравлического сопротивления от логарифма числа Рейнольдса можно сделать вывод, что полиэтиленовые трубы обладают большей энергоэффективностью и производительностью в сравнении со стальными.

2. Полученные зависимости потери давления по длине от производительности трубопровода подтверждают, что полиэтиленовые трубы вследствие малой шероховатости стенок заметно повышают производительность газопроводов и уменьшают потери давления по длине.

3. По результатам производственного эксперимента, проведенного на стальных и полиэтиленовых газопроводах низкого, среднего и высокого давлений, видно, что потери давления на полимерных трубопроводах ниже, чем на стальных.

4. По результатам измерения шероховатости, проведенного на базе лаборатории Горного университета, видно, что шероховатость стенок полиэтиленовых труб на порядок ниже, чем стальных, также износ стальных газопроводов происходит интенсивнее, поэтому для уменьшения коэффициента гидравлического сопротивления и повышения эффективности транспортирования газа рекомендуется использование полиэтиленовых труб.

**ЖДАНОВ М.В., ЗИНЮКОВ Р.А.**

Казанский (Приволжский) федеральный университет

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАВ ЗАВОДНЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ВЫСОКОМИНИРАЛИЗОВАННЫХ ВОДАХ**

**ZHDANOV M.V., ZINIUKOV R.A.**

Kazan (Volga region) Federal University

## **EVALUATION OF SURFACTANT FLOODING IN HIGH SALINITY CARBONATE RESERVOIRS**

Использование системы поддержания пластового давления путем заводнения на поздней стадии разработки не всегда дает положительные результаты. Чаще всего требуется внедрение более эффективного метода, способного повысить коэффициент извлечения нефти (КИН). Благодаря использованию различных поверхностно-активных веществ (ПАВ) изменяются смачиваемость породы и межфазное натяжение до предельно низких значений.

В ходе работы были использованы три ПАВ, разные как по составу, так и ионному заряду, а именно: А37 (анионно-неоногенный), Неонол (неоногенный), Биксол (катионно-неоногенный). Была определена критическая концентрация мицеллообразования, межфазное натяжение на границе «водный раствор ПАВ – нефть» в разных концентрациях, а также изучена статическая адсорбция на образцах карбонатных пород и вычислен коэффициент вытеснения, полученный рядом экспериментов на фильтрационной установке.

Каждый из образцов был проанализирован с целью оценки способности реагента повышать подвижность пластовой нефти, возникающей вследствие уменьшения поверхностного натяжения на контакте «водный раствор-нефть». Помимо этого, полуугловым методом была оценена степень влияния реагентов на величину краевого угла



смачивания породы коллектора, что подразумевает смену типа породы с гидрофобной на гидрофильную.

Таким образом, наибольшую эффективность по результатам продемонстрировал ПАВ «А37». Он показал самые низкие значения межфазного натяжения (до 0,07 мН/м) и адсорбции (3,5 мг/г при концентрации 0,2%), что является определяющим фактором при выборе реагента для повышения КИН.

**Научный руководитель:** к.х.н., доцент М.А. Варфоломеев

**ЖИГАРЕВ Д.Б.**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ  
ВРАЩЕНИЯ ВАЛА ГАЗСОДЕРЖАНИЯ НА КПД ВЫСОКООБОРОТНЫХ  
НАСОСОВ**

**ZHIGAREV D.B.**

Perm National Research Polytechnic University

**EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE EFFECT OF THE SHAFT SPEED AND  
THE GAS CONTENT ON THE EFFICIENCY OF HIGH-SPEED CENTRIFUGAL  
PUMP**

Работа посвящена методам оценки энергетической эффективности эксплуатации низкодебитного фонда скважин, оснащенных УЭЦН. На примере добывающих скважин одной из компаний. проведены обобщение и анализ данных по энергоэффективности насосных установок, в том числе с высокооборотными двигателями. По итогам стендовых испытаний высокооборотных УЭЦН и сравнения результатов с промышленными данными определены корректировочные коэффициенты по КПД и установлены функциональные зависимости энергетических характеристик от частоты вращения вала двигателя, полученные корреляции предложены для пересчета паспортных значений на стендовые. Приведены экспериментальные зависимости КПД от расхода при различных газосодержаниях. Подход, предложенный в работе, масштабируем и может быть распространен как методологическая основа на скважины с более сложными условиями эксплуатации скважин и для более сложных конструкций насосных установок.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.В. Лекомцев

**ЖОВТИХАНОВ Д.С.**

Тюменский индустриальный университет, филиал в г. Нижневартовск

**РЕЗЬБОВОЕ ЗАМКОВОЕ КОНИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ  
И СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ ЕГО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И РЕСУРСА  
РАБОТЫ**

**ZHOVTIKHANOV D.S.**

Tyumen Industrial University, branches of Nizhnevartovsk

**THREADED LOCK CONIC CONNECTION OF DRILL PIPES AND METHOD FOR  
INCREASING ITS CARRYING ABILITY AND RESOURCE OF WORK**

Практикой бурения нефтегазодобывающих скважин доказано, что наиболее уязвимым узлом в компоновке бурильной колонны продолжают оставаться резьбовые замковые соединения, воспринимающие сложные знакопеременные изгибающие и растягивающие нагрузки и имеющие тенденцию (при многократных актах свинчивания и развинчивания труб) к изнашиванию профиля резьбы, с потерей герметизирующей способности и механической прочности, с ростом риска их расчленения и аварии.

Предлагаемое резьбовое соединение для бурильных труб характеризуется увеличенным ресурсом работы и высоким показателем несущей способности резьбового соединения в условиях проводки скважин со сложными пространственными параметрами, в том числе при проводке боковых стволов, горизонтальных и разветвленных стволов глубоких нефтяных и газовых скважин.

Отличительной особенностью предлагаемого резьбового соединения является то, что полноразмерная резьбовая часть ниппеля типового замкового соединения по ГОСТ 28487-2018 увеличена безрезьбовым коническим удлинителем. При этом линейный размер удлинителя находится в пределах от 0,55 до 0,65 длины его резьбовой части. В муфтовой части замкового соединения, после окончания резьбовой типовой нарезки, предусмотрена внутренняя конусная расточка (поверхность), конгруэнтная с коническим удлинителем ниппельной части. На конической поверхности предусмотрена кольцевая канавка, с размещенной в ней уплотнительным кольцом, при этом торцовые поверхности ниппеля и муфты наклонены к оси вращения под углом от  $105^\circ$  до  $120^\circ$  (Рисунок 1).

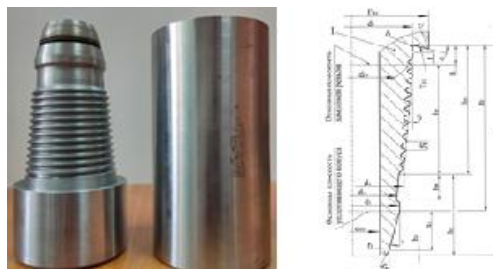


Рисунок 1 - Резьбовое замковое коническое соединение бурильных труб

В докладе будут представлены преимущества применения разработанной конструкции резьбового соединения и доказана экономическая эффективность. Для полного понимания темы будут представлены проделанные расчеты, схемы и образец резьбы.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Н.А. Аксёнова

**ЗАНЧАРОВ А.А.**  
Удмуртский Государственный Университет

**ПЕРСПЕКТИВЫ ДОБЫЧИ НЕТРАДИЦИОННЫХ ЗАПАСОВ  
УГЛЕВОДОРОДОВ, ПРУРОЧЕННЫХ К ОТЛОЖЕНИЯМ ДОМАНИКОВОГО  
ТИПА ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ НА  
ПРИМЕРЕ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ZANCHAROV A.A.**  
Udmurt State University

**PRODUCTION OF PRODUCTION OF UNCONVENTIONAL HYDROCARBON  
RESERVES ASSOCIATED WITH DOMANIC DEPOSITS FROM THE VOLGA-  
URAL OIL AND GAS PROVINCE FOR EXAMPLE OF THE UDMURT REPUBLIC**

Для современного этапа развития нефтегазодобывающей отрасли в России характерна тенденция к росту трудноизвлекаемых углеводородов. Крупные месторождения в основном выработаны, а вводимые в разработку площади представлены преимущественно низкопроницаемыми коллекторами небольшой мощности. Именно поэтому в настоящее время нетрадиционные запасы углеводородов поднялись со второстепенного на центральное место в секторе геологоразведки и добычи углеводородов.

В работе предлагается решение проблемы добычи нетрадиционных запасов углеводородов Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Для решения актуального вопроса была поставлена цель: разработать методику добычи нефти из нефтематеринских пород доманикового типа на территории Удмуртской Республики. При проектировании принципиального подхода к разработке отложений доманикового типа большое внимание уделяется особенностям литологического состава, фильтрационно-емкостным свойствам и физико-химическим реакциям, происходящим при воздействии методами увеличения нефтеотдачи на доманикиты. Были проведены химические и технологические исследования, литолого-фациальный анализ, а так же изучена история осадконакопления доманиковых отложений, позволяющие оценить перспективность данного подхода.

Возникающие условия освоения нетрадиционных запасов углеводородов обуславливают применение инновационных подходов в изучении специфичных особенностей доманиковых отложений. В дополнение к проведенным исследованиям для изучения особенностей структуры пустотного пространства кернового материала применялась совокупность технологий, называемых «Цифровой керн».

Конечным и обобщающим итогом исследований стала разработка принципиально новой методики интенсификации притока жидкости к скважине, не имеющих зарубежных и отечественных аналогов, из пород доманикового типа, основанная на последовательном применении двух методов увеличения нефтеотдачи. Совершенствование и применение методики позволит вовлечь значительные ресурсы в разработку.

**Научный руководитель:** старший преподаватель Н.Г. Истомина

**ЗАРИПОВА А.Ф.**

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

**ВЛИЯНИЕ СОСТАВА И КАЧЕСТВА ЗАКАЧИВАЕМОЙ ВОДЫ НА  
ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ГЛИНИСТЫХ КОЛЛЕКТОРОВ**

**ZARIPOVA A.F.**

National University of Oil and Gas «Gubkin University»

**INFLUENCE OF COMPOSITION AND QUALITY OF INJECTED WATER ON  
EFFICIENCY OF CLAY COLLECTORS DEVELOPMENT**

Большое количество нефтяных месторождений на территории России на данный момент находится на поздней стадии разработки, характеризующейся, помимо всего прочего, формированием трудноизвлекаемых запасов в обводненных пластах. Формируются остаточные запасы – запасы нефти, оставшиеся в пластах, разрабатываемых долгое время с заводнением.

В то же время с каждым годом растет доля добычи нефти из пород-коллекторов с ухудшенными фильтрационно-емкостными свойствами, в том числе из заглинизированных коллекторов (с содержанием глин свыше 2%). Разработка таких коллекторов требует повышенного внимания к качеству закачиваемой в пласт воды, ее минерализации и составу.

Взаимодействие определенных типов глин (например, монтмориллонита или иллита) в составе породы-коллектора с низкоминерализованной водой (по сравнению с пластовой) влечет за собой ряд физико-химических процессов, таких как разбухание глин, перемещение мелкодисперсных веществ в пласте или закупоривание пор в результате образования отложений из-за несовместимости флюидов. Эти процессы, согласно многочисленным исследованиям, могут приводить как к снижению, так и увеличению нефтеотдачи.

В данной работе предложена технология увеличения нефтеотдачи заглинизированных неоднородных пластов, находящихся на поздних стадиях разработки (с высокой степенью обводненности). Она включает в себя следующие этапы:

1. закачка воды пониженной минерализации в относительно высокопроницаемые (а значит наиболее промытые) пропластки с целью снижения проницаемости пласта за счет набухания глинистой составляющей породы-коллектора;

2. закачка раствора ПАВ для повышения нефтеотмывающей способности вытесняющего агента и увеличения нефтеотдачи.

Данная технология рекомендуется для определенной степени вертикальной неоднородности пласта и при высокой степени обводненности наиболее проницаемых пропластков.

Также в ходе исследования построена 3D гидродинамическая модель пласта в ПК tNavigator, в которой производилось моделирование данной технологии и определялись ее границы применимости и эффективность.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Л.Н. Назарова

**КАДОЧНИКОВ В.Г.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ БУРЕНИЯ И РЕОЛОГИИ БУРОВОГО РАСТВОРА НА ВЫНОСНУЮ СПОСОБНОСТЬ ШЛАМА В НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННОЙ СКВАЖИНЕ**

**KADOCHNIKOV V.G.**

St. Petersburg Mining University

**INFLUENCE OF THE BASIC DRILLING PARAMETERS AND MUD RHEOLOGY ON THE CARRYING CAPACITY OF SLUDGE IN THE DIRECTIONAL WELL**

Ежегодно объемы наклонно-направленного бурения возрастают, и на сегодняшний день составляют порядка 80-90% всего объема эксплуатационного бурения. Усложняются траектории, не только количество участков изменения зенитного и азимутального углов, но и их протяженность. Реализация сложных траекторий повышает вероятность возникновения осложнений и аварийных ситуаций, связанных с проблемой качества очистки ствола скважины от шлама.

Некачественная очистка приводит к образованию «шламовых подушек», влияющих на гидродинамическое давление в скважине и эквивалентную циркуляционную плотность (ЭЦП). Повышение качества очистки ствола, особенно важно при бурении горизонтальных участков, достигается путем применения технических средств и технологических приемов.

Одним из таких технологических приемов является оперативный контроль и управление параметрами бурения (частоты вращения, расхода очистного агента и осевой нагрузки).

При увеличении расхода бурового раствора скорость потока для выноса шлама в кольцевом пространстве увеличивается, и вынос частиц улучшается. Однако гидродинамическое давление в скважине напрямую зависит от расхода очистного агента, а в условиях узкого диапазона давлений проявления и поглощения не представляется возможным повышать качество выноса шлама увеличением одного лишь расхода бурового раствора.

Частота вращения бурильной колонны также влияет на качество очистки ствола скважины, оказывая гидродинамическое воздействие, создает вспомогательный окружной поток, который не транспортирует шлам на дневную поверхность, но способствует выносу из застойных зон в основной восходящий поток (взмучивающий эффект). На практике частота вращения колонны при комбинированном способе не превышает 160 об/мин, а последующее ее увеличение может негативно влиять на породоразрушающий инструмент и элементы КНБК.

Повышение скорости бурения при увеличении осевой нагрузки на долото находится в прямой зависимости от количества и качества промывочной жидкости, которая в процессе разрушения породы должна обеспечить своевременную очистку забоя от шлама. Для лучшей очистки забоя, осевая нагрузка, созданная бурильным инструментом на всю площадь соприкосновения долота с породой, отнесенная к единице площади (т. е. удельное давление), должна превышать сопротивление породы разрушению долотом. Также известно, что осевая нагрузка на долото в наклонно направленных скважинах и, особенно в скважинах с большим отходом от вертикали, не доходит до забоя, ввиду сложного напряженно-деформированного состояния инструмента в сква-

жине – продольные изгибы 1 и 2 рода (спиральный и синусоидальный баклинг). Это в свою очередь способствует образованию «шламовых подушек» и влияет на возможность возникновения отворотов и изломов инструмента. На сегодняшний день буровики стараются избежать ситуаций, в которых бурильная колонна принимает состояния баклинга.

Применение в составе бурильной колонны технических средств (турбулизаторов), повышающих эффективность очистки скважины, не позволяет получить нужного эффекта, ввиду сложности траектории и невозможности применения большого количества применяемых устройств.

Одним из значимых факторов, влияющих на очистку ствола наклонно-направленной скважины, является реология очистного агента, которая влияет на ЭЦП и призабойную зону, вызывая возможность загрязнения нефтегазосодержащего пласта. Безусловно, химическая обработка бурового раствора реагентами позволяет повысить эффективность выноса шлама, однако увеличение количества дорогостоящих реагентов приводит к увеличению затрат на строительство скважины.

Для изучения параметров течения бурового раствора и его выносной способности в местах потери устойчивости бурильной колонны на кафедре Бурения скважин в Санкт-Петербургском Горном университете разработан экспериментальный стенд. Возможность изменять частоту вращения, объемный расход, реологические свойства очистного агента, зенитный угол «скважины», фракции шлама и деформацию бурильной колонны, позволяет смоделировать и проанализировать качество очистки ствола скважины.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор М.В. Двойников

**КАПУЩАК Э.Р., КОЗЛОВА К.А.**  
Санкт-Петербургский горный университет

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СТВОЛА НАКЛОННО НАПРАВЛЕННОЙ СКВАЖИНЫ**

**KAPUSHNAK JE.R., KOZLOVA K.A.**  
St. Petersburg Mining University

## **DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR DETERMINING STABILITY OF A DIRECTIONAL WELLBORE**

При бурении скважин возникает проблема устойчивости стенок скважины, приводящая своими последствиями к осложнениям и увеличению стоимости скважины. В данной работе разработана методика определения устойчивости ствола наклонно-направленной скважины и рассмотрена зависимость параметров устойчивости ствола скважины от фильтраата бурового раствора.

Цель исследований: повышение эффективности бурения скважин в интервалах залегания неустойчивых слабосцементированных пород.

Задачи исследований:

- анализ существующих методов повышения устойчивости ствола скважин;
- разработка методики определения устойчивости ствола скважины с учетом фильтрации бурового раствора в горные породы при строительстве скважин;

- оценка возможности изменения прочностных свойств горных пород фильтратом бурового раствора в прискважинной зоне;
- влияние зенитного угла на устойчивость ствола скважины с учетом фильтрации бурового раствора и его состава.

В работе проведен анализ существующих методов повышения устойчивости ствола скважин на основе которого предложена методика определения устойчивости ствола скважины с учетом фильтрации бурового раствора в горные породы при строительстве скважин. Произведена оценка возможности изменения прочностных свойств горных пород фильтратом бурового раствора в прискважинной зоне с учетом зенитного угла и состава бурового раствора. Кроме этого произведена оценка ингибирующей способности химических реагентов – влияние химических реагентов на набухаемость глинистых пород.

На основе выполненных исследований были сделаны следующие выводы: получена зависимость устойчивости ствола наклонно направленной скважины от прочностных характеристик горных пород с учетом зенитного угла; определена возможность регулирования прочностных свойств горной породы фильтратом бурового раствора.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент П.А. Блинов

**КЕТОВА Ю.А.**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАВНИВАНИЯ ПРОФИЛЕЙ  
ПРИЁМИСТОСТИ ПЛАСТА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ  
ПРЕДВАРИТЕЛЬНО-СШИТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ГЕЛЕЙ**

**КЕТОВА Ю.А.**

Perm National Research Polytechnic University

**PREFORMED PARTICLE GEL APPLICATION FOR CONFORMANCE CONTROL  
TECHNOLOGY OF OIL DEPOSITES**

Разработка нефтяных месторождений в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции (НГП) ведется уже на протяжении 90 лет, ввиду чего подавляющее количество разрабатываемых нефтяных месторождений находятся на поздних стадиях разработки, а проблема обводнённости продукции скважин с каждым годом становится все более актуальной. В настоящее время для месторождений Пермского края около 75% остаточных запасов нефти характеризуются обводнённостью более 50%. Разработка эффективных технологий, позволяющих снизить обводнённость продукции скважины и увеличить коэффициент извлечения нефти, является приоритетным направлением для развития отрасли в регионе.

Традиционным реагентом для выравнивания профилей приёмистости пласта является полиакриламид. На данный момент на рынке доступны разные модификации ПАА: частично гидролизированный ПАА; гидрофобно-модифицированный ПАА и др. Однако, закачка растворов ПАА имеет ряд недостатков. Во-первых, реологические свойства растворов значительно зависят от минерализации воды и скорости закачки. Во-вторых, технология требует специального стационарного дорогостоящего оборудования.

В литературе широко описана практика применения предварительно сшитого ПАА, который представляет собой частицы суперабсорбента (PPG, preformed particle gel, ЧПГ, частицы предварительно сшитого геля). ЧПГ представляют собой частицы с трехмерной структурой, которые способны набухать в воде при этом становиться мягкими и эластичными. Суспензия, приготовленная на основе пластовой воды и ЧПГ, закачивается в нагнетательную скважину, при этом набухшие эластичные частицы полимера проникают в высокопроницаемые интервалы и блокируют их.

К настоящему времени методом радикальной сополимеризации автором синтезирован предварительно сшитый полимер. Важной особенностью данного полимера является возможность его эффективного набухания при контакте с пластовой водой в условиях низкотемпературных (менее 25 °С) и высокоминерализованных пластов Волго-Уральской НПП. Абсорбционная емкость полимера в модели пластовой воды с содержанием хлористого натрия 1-26% для фракции 250-500 мкм составила 35-37 г/г. Размер набухших частиц полимера с указанной фракцией составляет  $1716 \pm 387$  мкм.

Проведенные фильтрационные испытания на карбонатном керне с естественной трещиной показали, что полимер способен проникать в трещины и каналы, диаметр которых в 20 раз меньше диаметра набухшей частицы. При этом визуально зафиксирован видимый вынос частиц из керна. Полимер продемонстрировал блокирующие свойства: проницаемость трещинного образца керна после закачки химреагента снизилась с 2,005 до 0,120 мкм<sup>2</sup> (в 16,7 раза) при возросшем перепаде давления с 0,103 до 1,70 атм. На данный момент испытательные работы по изучению свойств полимера и особенностей технологии продолжаются с целью выхода на проведение опытно-промышленных работ для конкретных эксплуатационных скважин.

**Научный руководитель:** д. г.-м.н., профессор С.В. Галкин

**КИМ В.В.**

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

## **ОСОБЕННОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ОБЪЕКТА РАЗРАБОТКИ ПО ДАННЫМ ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

**КИМ V.V.**

National Research Tomsk Polytechnic University

## **FEATURES OF THE CHOICE DEVELOPMENT OBJECTS ACCORDING TO WELL COMPLETION DATA AT THE FIELDS IN THE WESTERN SIBERIA**

В настоящее время при разработке нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири всё чаще приходится сталкиваться с проблемой снижения добычи. Появление этой проблемы связано с различными причинами, это выражается в неконтролируемом прорыве воды и газа в добывающие скважины, в неравномерном профиле притока вследствие значительных неоднородностей по проницаемости. Грамотное выделение объекта разработки по данным заканчивания и выбор соответствующей компоновки является решением данной проблемы.

Выделяют следующие основные критерии выделения объекта разработки:

1. геолого-физические свойства пород коллекторов;
2. физико-химические свойства нефти, воды и газа;



3. фазовое состояние углеводородов и режим работы пластов;
4. условия управления процессом разработки нефтяных месторождений;
5. технику и технологию эксплуатации, а также тип заканчивания скважин;
6. прогноз падения пластового давления, входные дебиты скважин и темпы их падения.

В работе была проведена оценка эффективности применения различных типов заканчивания скважин при различной анизотропии и толщины пласта. Были учтены различия вертикальной и горизонтальной проницаемости, что обычно оказывает существенное влияние на эффективность эксплуатации добывающих скважин.

Также обращают особое внимание на факторы, влияющие на качество заканчивания скважин. Результатирующими критериями качества являются результаты гидродинамических исследований и опробования пластов.

Выделяют основные критерии эксплуатационных качеств скважин:

1. гидродинамическое совершенство призабойной зоны скважины;
2. технические показатели качества скважины (герметичность устьевого оборудования обсадных колонн, тампонажного камня, разобщающих мостов и пакеров; отсутствие перетоков по стволу скважины; профиль скважины; долговечность и работоспособность ствола и призабойной зоны скважины при эксплуатации; экологическая надёжность и экономические показатели качества; рентабельность строительства и ремонтов скважины.).

В данной работе проведено обоснование выбора применения тех или иных технологий заканчивания скважин в различных геологических условиях. На сегодняшний день для повышения продуктивности активно применяют технологии отдельной эксплуатации, «Рыбья кость», «Березовый лист», МГРП в горизонтальных скважинах, а также интеллектуальные системы заканчивания скважин.

**Научный руководитель:** старший преподаватель Ю.А. Максимова

**КОДИРОВ Ш.Ш.**

Южно-Уральский государственный университет (НИУ)

## **РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРИХВАТОВ КОЛОНН БУРИЛЬНЫХ ТРУБ**

**QODIROV SH.SH.**

South Ural State University (National Research University)

## **DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODEL FOR PREDICTING DRILL PIPE STICKING**

Бурение скважин для разведки и разработки новых месторождений, а также добычи углеводородных ресурсов всегда было и остается чрезвычайно капиталоемким для нефтегазодобывающих организаций. Получение высоких технико-экономических показателей бурения во многом зависит от успешности преодоления осложнений и аварий. Наиболее распространенным и трудоемким видом аварий в процессе бурения скважин является прихват бурильной колонны.

Прихват колонны бурильных труб является одним из самых тяжелых видов аварий в бурении нефтяных и газовых скважин и оказывает существенное влияние на эф-

фektivность процесса бурения и стоимость скважины. Прогнозирование прихвата на стадии проектирования и в процессе бурения скважин позволяет минимизировать риск возникновения прихвата за счет выбора оптимального способа предупреждения для конкретных геолого-технических условий.

На основе искусственных нейронных сетей, разработана модель диагностирования и прогнозирования прихватов на стадии проектирование строительство и в процессе бурения скважины. В качестве набора данных о прихватах в работе были использованы промысловые архивные данные ВНИИКРнефти и ОАО «Нафту газ» по 102 прихватам скважин. В модели в качестве элементов входных данных применяется важные и обобщающие факторы, влияющие на возникновение всех видов прихватов, что позволяет прогнозировать все виды прихватов колонн бурильных труб. С целью повышения восприимчивости входных данных к обучению нейронной сети, производится преобразование элементов данных на субэлементы с последующей нормализацией. Экспериментальным методом выбирается тип и архитектура сети, а также ее гиперпараметры.

Оценка качества работы сети производится методом кросс-валидация по к-блокам. Для нахождения оптимальной комбинации активационных функций с различными оптимизаторами производится экспериментальные исследования с дальнейшим анализом результатов. Полученная модель позволяет произвести процедуру диагностирование и прогнозирования прихватов на стадиях проектирования и в процессе бурения скважины, что позволит минимизировать риски возникновения непредвиденных аварий (прихватов). Разработанная модель позволяет прогнозировать возникновение и определять тип прихвата на экспериментальных данных с точностью прогнозирования 93 %.

Отличительной особенностью предлагаемого метода является то, что полученная модель прогнозирования легко может адаптироваться к новым данным, что часто происходит при бурении скважин на новых месторождениях.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.Л. Шестаков

**КОЗЛОВ В.В.**

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОТХОДОВ БУРЕНИЯ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

**KOZLOV V.V.**

South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platova

## **IDENTIFICATION OF DRILLING WASTE AND THEIR USE**

В работе предлагается вместо дорогостоящей утилизации бурового шлама использовать мобильные установки с высокой степенью проходимости, для изготовления пропанта. После обеззараживания, введения специальных добавок и изготовления окатышей пропанта заданного размера производится непосредственно на месторождении углеводородов с использованием для обжига попутного газа. Полученный пропант используется для гидроразрыва на этом же месторождении.

При сооружении нефтегазовой скважины глубиной до 4000 метров образуется до 600 м<sup>3</sup> бурового шлама. Вопросы утилизации, обеззараживания и переработки шлама в настоящее время являются серьёзной экологической проблемой не только для нашей страны, но и за рубежом.

Средняя стоимость утилизации 1 м<sup>3</sup> бурового шлама в России составляет порядка 10 000 рублей. На кафедре «Нефтегазовая техника и технологии» на базе Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова разработана технология получения пропанта из бурового шлама. Суть технологии заключается в следующем: полученный буровой шлам специальными химическими реагентами обеззараживается, используя попутный газ, окатыши приготовленного шлама заданного диаметра обжигаются непосредственно на месторождении. На этом и рядом расположенных месторождениях используется приготовленный из бурового шлама пропант, при этом получается существенный экологический и экономический эффект.

Сооружение нефтегазовых скважин сопровождается образованием отходов бурения, которые относятся к отходам 3-4 классов опасности и оказывают воздействие на окружающую среду. При подготовке проектов отходы бурения разделяют на три основных категории: отработанный буровой раствор, буровой шлам и буровые сточные воды. Степень опасности отходов бурения зависит как от выбуренной горной породы, так и от химических реагентов, применяемых в бурении.

Нами, используя специально разработанные химические добавки, разработана технология изготовления и обжига пропанта непосредственно на конкретном месторождении, для этого предлагается использовать мобильную установку с высокой степенью проходимости. Таким образом, разработанная технология получения пропанта даёт возможность получить существенный экономический и экологический эффект.

На разработанную технологию получения пропанта из отходов бурения подана заявка на изобретение.

**Научный руководитель:** д.т.н., доцент А.А. Третьяк

**КОМАРОВА О.Д.**

Самарский государственный технический университет

## **РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБРАЗОВАНИЯ АСПО В НКТ**

**KOMAROVA O.D.**

Samara State Technical University

## **THE DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL FOR THE ASPHALTENE PRECIPITATION IN THE PRODUCTIONAL TUBING**

Одна из актуальных проблем при добыче нефти является образование АСПО в призабойной зоне пласта, на внутренней и внешней стенках НКТ. Один из оптимальных методов удаления парафиновых отложений в НКТ-скребкование, то есть механическое удаление АСПО. Для предупреждения и удаления отложений применяются также тепловые обработки. Для оптимизации режимов работы скважинного оборудования, исключая или сокращающих остановки скважин для таких обработок, актуальной задачей является определение физико-химических условий образования АСПО при

различных геолого-технологических параметрах скважины. Такая задача решается в рамках математической модели, описывающей распределение давления и температуры в системе «пласт-скважина-насос»; модели образования отложений в скважине.

В работе представлен расчётный алгоритм который включает: теплофизический модуль (описывает теплофизику горных пород, пластовых флюидов, распределение температуры по стволу скважины), гидродинамический модуль (позволяет найти распределение давления по глубине скважины), PVT-модуль (построен на эмпирических зависимостях различных параметров нефти, газа, воды при соответствующих температурах и давлениях). Реализуя три модуля, получаем данные о распределении температуры и давления в системе пласт-скважина-насос, об изменении параметров ГЖС по стволу скважины, которые в свою очередь дают представление о глубине начала кристаллизации парафина при изменении параметров потока в НКТ.

Разработанная модель может быть дополнена данными о мероприятиях по удалению и предупреждения АСПО и приборов контроля параметров скважины.

В результате проведенного исследования получаем достоверную математическую модель, которая позволяет нам оптимизировать работу скважины, уменьшая вероятность образования АСПО и количество мероприятий по их удалению.

**Научный руководитель:** к.ф.-м.н., доцент А.В. Тютяев

**КОНДРАТЮК А.А.**

Самарский государственный технический университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ И РАЗРАБОТКА РЕАГЕНТА ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ИХ РАЗРУШЕНИЯ**

**KONDRATYUK A.A.**

Samara State Technical University

**STUDIES THE EFFECT OF HYDROCHLORIC ACID ON THE SURFACE AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF OIL-WATER EMULSIONS AND THE DEVELOPMENT OF A REAGENT TO INTENSIFY THE PROCESS OF THEIR DESTRUCTION**

В настоящей работе представлены результаты лабораторных исследований, направленных на установление влияния соляной кислоты (HCl) на поверхностные и реологические свойства водонефтяных эмульсий (ВНЭ). Анализ геолого-технических мероприятий (ГТМ), проводимых на месторождениях Самарской области, показал, что наблюдается взаимосвязь между кислотными ГТМ и увеличением обводненности скважинной продукции на объектах подготовки нефти. Исследование влияния HCl на поверхностные свойства ВНЭ показывает, что при повышении ее содержания в ВНЭ наблюдается уменьшение межфазного натяжения (МФН) на границе раздела фаз «нефть - пластовая вода», но при концентрации HCl 1300-1400 ppm регистрируется дальнейший рост значений МФН. Наблюдаемые закономерности могут быть связаны с процессом протонирования смол и асфальтенов нефти и образованием осадка, что приводит к формированию дополнительной поверхности раздела фаз и повышает величину

МФН. Экспериментальные исследования изменения реологических свойств ВНЭ в присутствии HCl показали, что вязкость эмульсии кратно повышается, даже при низком ее содержании (500 ppm), что влияет на ее эффективное разрушение ВНЭ. Эффективность разрушения ВНЭ в присутствии HCl при использовании стандартных деэмульгаторов даже при повышенных дозировках (до 500 г/т) и повышении температуры разрушения ВНЭ оказалось достаточно низкой. Одним из существующих способов интенсификации процесса разрушения таких эмульсий является использование понизителей вязкостей, которые улучшают работу деэмульгаторов. По результатам проведенных исследований разработан реагент - понизитель вязкости на основе отечественных ПАВ неионного типа, щелочного агента и растворителя. Выполнена оценка эффективности его действия в снижении вязкости ВНЭ, стабилизированной соляной кислотой. Разработанный реагент может быть использован на объектах подготовки скважинной продукции совместно с промышленными деэмульгаторами для интенсификации разрушения ВНЭ, стабилизированных HCl, а также на объектах добычи нефти в целях исключения образования высоковязких ВНЭ и повышения эффективности работы погружного насосного оборудования и системы сбора скважинной продукции.

**Научный руководитель:** к.х.н, доцент В.В. Коновалов

**КОПЫЛОВ Д.Е.**

Тюменский индустриальный университет

**СПОСОБ НАГНЕТАНИЯ В ВОДОНАСЫЩЕННЫЙ ПЛАСТ И ПОДДЕРЖАНИЯ  
ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ВОДОПРОЯВЛЕНИЙ В  
ГАЗОВЫХ СКВАЖИНАХ**

**KOPYLOV D.E**

Tyumen Industrial University

**METHOD OF INJECTION INTO A WATER – SATURATED RESERVOIR AND  
MAINTAINING RESERVOIR PRESSURE FOR PREVENTION THE WATER  
INFLOW IN GAS WELLS**

На данный момент основным осложнением при эксплуатации месторождений малой газонасыщенной толщины является быстрый прорыв подошвенной воды. В связи с возникновением данного осложнения к пробуренной скважине начинает подтягиваться водяной конус, который по мере эксплуатации скважины, если его не сдерживать каким-либо образом, поднимается все выше и выше, до тех пор, пока полностью не задавит скважину. После того как это произошло скважину либо продувают, тем самым вредят окружающей среде, либо консервируют, что приносит убытки добывающим компаниям.

В связи с этим, большинство газодобывающих компаний нуждаются в способах и технологиях, которые позволят решить проблему образования конуса.

В работе предлагается типовая скважинная компоновка, а также режим оптимальной работы как скважины, так и всех элементов данной компоновки.

Предлагаемая компоновка состоит из трех пакеров, первый предотвращает попадание воды за колонну компрессорных труб, второй позволяет сохранять неизменными межфазовые проницаемости по газу и воде через перфорационные отверстия, тре-

тий разобщает пространство на надпакерное и подпакерное. Также, основным элементом компоновки является «насос – перевертыш», которые позволяет закачивать всю подтянувшуюся воду обратно в водонасыщенный пласт.

Основной задачей является создание методики расчета оптимальной работы «насоса – перевертыша», который позволит эксплуатировать скважину без аварийных ситуаций. В данной методике расчета основным параметром является оптимальная подача насоса, которая зависит от множества параметров как пласта, так и скважины.

После проведения всех расчетов, создания простейшей гидродинамической модели, были сделаны выводы о том, что использование «насоса – перевертыша» позволит увеличить время эксплуатации скважины, а также количество добываемой продукции (газа).

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.В. Стрекалов

**КРАСИЛЬНИКОВ О.К.**

Альметьевский государственный нефтяной институт

**ВНЕДРЕНИЕ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ ПРИВОДОВ СТАНКОВ-КАЧАЛОК ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ НА ОБУСТРОЙСТВО СКВАЖИН И ЭКОНОМИИ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ**

**KRASILNIKOV. O.K.**

Almetyevsk State Oil Institute

**THE INTRODUCTION OF GAS ENGINES AS DRIVES OF PUMPING UNTIL TO OPTIMIZE THE COSTS OF WELL CONSTRUCTION AND SAVE ENERGY**

Скважинная механизированная добыча нефти является одним из самых энергоемких технологических процессов на нефтедобывающих предприятиях, следовательно, обладает наибольшим потенциалом для внедрения энергосберегающих мероприятий. Установки штанговых скважинных насосов, применяемые для добычи нефти на «зрелых» и малых месторождениях с удаленно расположенными скважинами, являются объектами, актуальными для разработки мероприятий по оптимизации энергопотребления, в т.ч. и в силу своей распространенности на нефтепромыслах Российской Федерации и других стран. Внедрение газового двигателя в качестве силового привода УШСН позволит снизить затраты на обустройство месторождений с одиночными скважинами и утилизацию попутного газа, получить экономию энергоресурсов.

Скважинная механизированная добыча нефти является одним из самых энергоемких технологических процессов нефтегазовой отрасли, а, следовательно, обладает наибольшим потенциалом для внедрения энергосберегающих мероприятий. Одним из решений повышения эффективности разработки «зрелых» и малых месторождений с удаленно расположенными скважинами, оснащенными установками штанговых насосов, является использование газового двигателя в качестве силового привода станка качалки.

Замена электродвигателя балансирных станков-качалок на серийно выпускаемый газовый двигатель внутреннего сгорания, разработанный специально для штанговых скважинных насосных установок, направлено на снижение затрат при обустройстве одиночных скважинами, решения проблем с утилизацией попутного газа.

Перспективы использования

- объекты, не имеющие развитой инфраструктуры – отсутствие электроснабжения, отсутствие инфраструктуры утилизации попутного газа.
- обустройство одиночных и удаленных скважин после бурения;
- обустройство скважин после реконструкции, не имеющих электроснабжения;
- применение на объектах с достаточным объемом попутного газа;
- оснащение скважин период пробной эксплуатации нефтяных месторождений.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент М.З. Валитов

**КРИВИЛЕВ Г.М.**

Удмуртский государственный университет

### **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ДОБЫЧИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МНОГОПЛАСТОВЫХ ОБЪЕКТОВ**

**KRIVILEV G.M.**

Udmurt State University

### **AUTOMATED SYSTEM FOR OIL PRODUCTION DIFFERENTIATION IN MULTILAYERED RESERVOIRS**

В связи с ростом количества случаев одновременно-раздельной эксплуатации многопластовых объектов, особенно на месторождениях, находящихся на поздней стадии разработки, необходимость точного распределения объемов добычи нефти по продуктивным пластам становится более актуальной. Точность данного распределения влияет на такие задачи, как оценка остаточных запасов и эффективности разработки пластов, подбор скважин-кандидатов на ГТМ и прогнозирование их эффективности.

Целью данной работы была разработка теоретического подхода к решению вопроса дифференциации добычи по пластам и его реализация в виде программного обеспечения для проведения оперативной оценки состояния разработки пластов. Новый метод направлен на то, чтобы обеспечить: учет времени включения пласта в разработку, учет изменений обводненности притока пластов, учет динамики падения дебита.

Итоговым результатом стала разработка и реализация универсального подхода, применимого к распределению добычи нефти по пластам с целью оперативного анализа состояния разработки любых объектов при условии достаточного количества данных. Исходными данными анализа являются данные работы скважин, исторические данные изменения перфораций, а также фильтрационные параметры пластов.

С использованием разработанной программы произведено распределение добычи по пластам Турнейского объекта Мишкинского месторождения. Работа включала расчет активных интервалов перфорации, построение типовых характеристик вытеснения, заполнение недостающих данных. Сравнение с распределением по гидродинамическому моделированию продемонстрировало положительные результаты.

**Научный руководитель:** главн. инженер проектов ЗАО «ИННЦ» И.Е. Донской

**КУРАСОВ О.А.**

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

## **ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ**

**KURASOV O.A.**

National Research Tomsk Polytechnic University

### **RISK ASSESSMENT DURING MODERNIZATION OF THE GAS-TRANSPORT SYSTEM**

Обеспечение безаварийной и надежной работы промысловых газопроводов (ГП) является приоритетной задачей в системе трубопроводного транспорта газа. Вопреки принимаемым мерам по предотвращению штатных ситуаций при обеспечении бесперебойных поставок природного газа конечному потребителю на уровне проектных параметров, аварии все равно происходят. Это свидетельствует о недостаточной эффективности существующих способов их предупреждения. Одна из причин – отсутствие универсальной методики комплексного анализа ГП, позволяющего следить за их техническим состоянием в течение всего жизненного цикла.

В работе предлагается метод расчетного определения показателей риска и вероятности возникновения инцидентов на газовых сетях и сооружениях газораспределительной сетей при их эксплуатации в штатных и аварийных ситуациях.

Объектом исследования является распределительная газовая сеть нефтегазовой компании, предназначенная для обеспечения природным газом потребителей. Начало трассы - установка подготовки газа (УПГ), конец трассы - газораспределительный пункт (ГРП). Участок ГТС является ГП высокого давления II категории с  $P_y=0,6$  МПа, длиной 7,4 км и не относится к магистральным ГП. В качестве проектных решений при оценке вероятности возникновения инцидентов и анализе безопасности и рисков на исследуемом участке рассматриваются опасные производственные объекты (ОПО) - участок трубопровода, прокладываемый подземно и параллельно основному трубопроводу (лупинг) вдоль всей его трассы длиной 7,8 км, и горизонтальный стальной резервуар (газгольдер) объемом  $300 \text{ м}^3$ , установленный на УПГ.

Разработка алгоритма анализа и мониторинга рисков, а также сценариев развития неблагоприятных ситуаций, осуществляется исходя из расчетов параметров функционирования ОПО. В общем виде последовательность расчета выглядит следующим образом: «прочность  $R\sigma(\tau) \rightarrow$  жесткость  $R\delta(\tau) \rightarrow$  устойчивость  $R\lambda(\tau) \rightarrow$  ресурс  $RN\tau(\tau) \rightarrow$  надежность  $RQR(\tau) \rightarrow$  живучесть  $Lld(\tau) \rightarrow$  безопасность  $S(\tau) \rightarrow$  риск  $R(\tau) \rightarrow$  защищенность  $Zk(\tau)$ ». Все параметры являются функциями времени  $\tau$ , на всех стадиях их жизненного цикла.

Предложенная методика расчета, описывающая состояние промыслового ГП под действием эксплуатационных и внешних воздействий, необходима для расчетно-экспериментального анализа и определения ключевых параметров безопасности, рисков и защищенности ГТС.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор П.В. Бурков



**ЛЫСАКОВ Д.В., КОМАРОВСКИЙ И.А.**  
Сибирский федеральный университет

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ И СРЕДСТВ ЗАБУРИВАНИЯ  
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СТВОЛОВ СКВАЖИН С ИСКУССТВЕННОГО ЗАБОЯ  
ОТКЛОНИТЕЛЯМИ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ В ТВЕРДЫХ И ОЧЕНЬ  
ТВЕРДЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ**

**LYSAKOV D. V., KOMAROVSKY I.A.**  
Siberian Federal University

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES AND TOOLS FOR DRILLING  
ADDITIONAL BOREHOLES WITH ARTIFICIAL BOTTOMHOLE DEFLECTORS  
OF CONTINUOUS ACTION IN HARD AND VERY HARD ROCKS**

В настоящее время существуют различные технические средства для искусственного искривления скважин с целью решения различных технических и геолого-методических задач, одними из которых являются отклонители непрерывного действия (ОНД) фрезерующего типа. Для успешного забуривания нового направления скважины в твердых и очень твердых горных породах с искусственного забоя существуют достаточно категоричные рекомендации, согласно которым применение ОНД фрезерующего типа возможно при условии, что твердость забоя выше или равна вмещающим породам. Если эти рекомендации не соблюдаются, то будет наблюдаться повышенная скорость бурения, которая будет препятствовать интенсивности набора кривизны отклонителем. Анализ материалов показал, что в настоящее время сложно подобрать отверждаемые материалы для создания искусственных забоев, твердость которых была бы выше VIII категории по буримости.

При искривлении скважин в твердых горных породах в качестве породоразрушающего инструмента как правило выступают алмазные долота и шарошечные долота типа К и ОК. Механизм разрушения горных пород алмазными долотами осуществляется раздавливанием и резанием-скалыванием, а бурение шарошечным инструментом дроблением и скалыванием. Данные механизмы разрушения эффективны при бурении твердых и достаточно хрупких пород. Исходя из этого возникла идея использования искусственного забоя из материала, который по своим физико-механическим свойствам имеет отличия от механизма разрушения алмазными и шарошечными долотами.

Подходящим природным материалом для искусственного забоя может являться древесина, которая за счет наличия волокон и высокой степени пластичности малоэффективно разбурируется алмазными и шарошечными долотами, что в свою очередь ограничит скорость углубки на начальных этапах искривления и формирования уступа. Проведенные стендовые испытания бурения пробки из дерева шарошечными и алмазными долотами показали, что существует возможность ограничения скорости углубки при забуривании до 0,9 и 1,1 м/ч соответственно.

На этой основе разработана и описана конструкция устройства для доставки деревянного искусственного забоя в скважину. Приведены результаты стендовых исследований бурения деревянной пробки шарошечными и алмазными долотами, представлены формулы для расчета длины деревянной пробки обеспечивающей уход от старого направления скважины.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор В.В. Нескоромных

**МАЛКИНА И.А.**

Самарский государственный технический университет

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЛИКВИДАЦИИ ПОГЛОЩЕНИЙ ПРИ БУРЕНИИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ С  
КОРОТКИМ ПЕРИОДОМ ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ**

**MALKINA I.A.**

Samara State Technical University

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR LIQUIDATION OF ABSORPTIONS  
WHILE DRILLING USING STRUCTURAL FORMING COMPOSITIONS WITH A  
SHORT PERIOD OF GELING**

Поглощения бурового раствора при строительстве скважин являются одним из наиболее часто встречающихся осложнений, сопряженных с необходимостью проведения дополнительных работ по их устранению, в том числе с использованием механических устройств и химических реагентов. Они могут явиться причинами дифференциальных и механических прихватов, привести к потере бурильного инструмента, возникновению прямых и косвенных экономических затрат, увеличению сроков бурения.

Существующие способы ликвидации поглощений во многом индивидуальны и эффективны в своих определенных геолого-физических условиях, поэтому лучшим способом борьбы с поглощениями является их предупреждение, которое заключается в реализации целого комплекса мероприятий, таких как планирование режимов бурения, выбор оптимального бурильного инструмента, регулирование плотности буровых растворов и пр. Тем не менее, на многих месторождениях при проходке "традиционных" для поглощения интервалов – четвертичных отложений, пластов ангарской и усольской свит, серпуховского, башкирского, турнейского, фаменского и франского ярусов, поглощения бурового раствора неизбежны.

Так же стоит отметить, что ликвидация любых поглощений предпочтительна без спускоподъемных операций, поэтому наибольшую привлекательность представляют технологии, основанные на использовании эффективных тампонажных растворов. Подобной технологией является разработанный и рассматриваемый в настоящей работе способ изоляции поглощающих интервалов структурообразующей композицией «FORMATECH» с коротким периодом гелеобразования.

Данная технология не требует извлечения из скважины бурильного инструмента и проведения дополнительных спускоподъемных операций, реализуется посредством попеременной закачки через бурильные трубы растворов специальных низко- и среднемолекулярных полимеров с некоторыми оптимизирующими добавками, а также сшивателей быстрого действия, разделенных между собой эмульсионными высоковязкими оторочками. Смешение реагирующих растворов происходит непосредственно в пласте за счет высокой развитости и извилистости трещин и фильтрационных каналов, их большой удельной поверхности, а также общих диффузионных процессов, и приводит к образованию вязкоупругих гелей, многократно снижающих гидропроводность зон поглощения вплоть до полной их изоляции. Необходимость быстрой сшивки композиции обусловлена необходимостью уменьшения расхода химреагентов и сокращения времени проведения работ.

В определенных случаях в композицию «FORMATECH» возможно добавление небольшого количества наполнителей (кордного волокна, резиновой крошки, опилок,

глины и пр.), повышающих структурно-механические свойства системы и обеспечивающих еще больший изолирующий эффект.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент О.А. Нечаева

**МАРТЫНЕНКО Я.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОСТНО-ГАЗОВОГО ЭЖЕКТОРА В СИСТЕМАХ ХРАНЕНИЯ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА (СПГ)**

**MARTYNENKO Y.V.**

St. Petersburg Mining University

## **RATIONALE FOR USING A LIQUID-GAS EJECTOR IN LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG) STORAGE SYSTEMS**

Хранение сжиженного природного газа представляет собой сложную систему, которая обеспечивает поддержание низкой температуры топлива, что увеличивает затраты на капитальные и эксплуатационные расходы сооружения таких резервуарных парков. Для обеспечения безопасности системы хранения СПГ оборудованы устройствами, обеспечивающими сброс паров из хранилища при возникновении их избытка в аварийных или периодических ситуациях. Такие сбросы либо сжигаются в факеле системы, что ведет к потерям дорогостоящего топлива, либо при наличии технологической обвязки отбираются компрессором, использование которого влечет за собой дополнительные энергозатраты.

Отбор проб сжиженного природного газа (СПГ) также является неотъемлемой частью процессов сжижения, хранения и транспортировки топлива. Использование компрессора для подачи регазифицированного сжиженного природного газа (РСПГ) в пробоотборник может повлечь за собой изменение компонентного состава пробы из-за попадания смазочных масел устройства. Помимо изменения качественных характеристик, применение компрессора влечет за собой дополнительные капитальные и энергетические затраты при комплектации и эксплуатации системы соответственно.

Исходя из вышеперечисленных недостатков применимости компрессора при хранении сжиженного природного газа и отборе проб, возникает цель разработки способов, позволяющих обеспечить снижение энергетических затрат при хранении СПГ и повысить качество отбираемых проб.

В качестве альтернативы традиционным средствам контроля и сброса предлагается использовать жидкостно-газовый эжектор (ЖГЭ): включив ЖГЭ в технологическую обвязку резервуара для поддержания рабочего давления путем сброса топлива в сепаратор за счет энергии высоконапорного потока газовой фазы; включив ЖГЭ с систему периодического отбора проб, в которой регазифицированный СПГ, пройдя газовый хроматограф, закачивается в пробоотборник при помощи эжектора.

Для обоснования эффективности использования ЖГЭ произведен технологический расчет потерь топлива при хранении его в резервуаре и при отборе проб для количественной оценки целесообразности применения способов сброса паров и отбора проб с внедренным эжектором. Рассчитаны основные показатели эффективности струйного устройства, в соответствии с которыми выбрана наиболее производительная аэродина-

мическая схема. Для наглядного анализа полученных результатов построены зависимости давления смеси на выходе из эжектора, приведенной мощности и коэффициента полезного действия от коэффициента эжекции. На основании выбранной схемы построена напорная характеристика устройства, работающего на оптимальном, срывном и предельном режимах. Произведен расчет геометрических размеров проточной части эжектора и представлена его конструктивная схема. Полученные результаты подтверждены моделированием процесса в программном комплексе ANSYS.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент В.А. Воронов

**МАСКЕНОВ А.С.**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

### **ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА САМОВОССТАНОВЛЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ПРИ ДОБАВЛЕНИИ НАБУХАЮЩИХ ДОБАВОК**

**MASKENOV A.S.**

Ufa State Petroleum Technological University

### **STUDY OF THE PROCESS OF SELF-HEALING OF CEMENT STONE WITH ADDITION OF SWELLING MATERIALS**

Как известно, наиболее уязвимым элементом конструкции скважины является цементное кольцо, которое подвергается воздействию различных технологических нагрузок. Эти нагрузки приводят к образованию сети трещин и, как следствие, к потере герметичности. Проникновение воды в цементный камень - очень серьезная, опасная проблема, которая может привести к утечкам, межпластовым перетокам, выходу флюида на поверхность, коррозии камня и, как следствие, к снижению функциональности и безопасности крепи скважины.

Таким образом, для решения данной проблемы возникает необходимость применения новых технологий. Наиболее перспективной и малоизученной является деятельность, направленная на разработку тампонажного материала, способного самовосстанавливаться. Это позволит не только повысить качество строительства скважин, но и сократить расходы, связанные с их ремонтом и восстановлением.

Разработка нового тампонажного материала подразумевает под собой ввод специальных добавок, направленных на самозалечивание цементного камня. Одной из таких возможных добавок является водонабухающая резина. Предполагается, что данная резина должна набухнуть при контакте с пластовым флюидом и, как следствие, "залечить" образовавшиеся в цементном камне трещины. В первую очередь очень важно рассмотреть влияние данного реагента на свойства цементного раствора и камня.

В данной работе проводилось исследование водонабухающих резиновых частиц и их самовосстанавливающая способность. Была исследована целесообразность применения набухающих в воде резиновых частиц, а также влияние данных частиц на механические и реологические свойства цементного раствора и камня. Самовосстанавливающая способность цементного камня с различным процентным содержанием и размером частиц была определена количественно с помощью теста на проницаемость.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Ф.А. Агзамов

**МЕЛЬНИКОВ А.А.**

Самарский государственный технический университет

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ПРОЦЕССА СИСТЕМЫ "ПЛАСТ-СКВАЖИНА-НАСОС" КАК ИНСТРУМЕНТ ГДИС**

**MELNIKOV A.A.**

Samara State Technical University

**MATHEMATICAL MODELING OF THE FILTRATION PROCESS OF THE SYSTEM "RESERVOIR -WELL-PUMP" AS A TOOL**

В данной работе представлен дополнительный инструмент исследований, позволяющий оценить геологическое состояние пластовой системы. Кратко представлена математическая модель, на основании которой производится анализ и интерпретация данных, выполнен расчет по математической модели, а также произведено сравнение с промысловыми данными нефтедобывающей компании «ООО РН-Банкор».

В таблице 1 частично представлены результаты расчета с использованием математического моделирования и сравнение их с промысловыми данными.

Таблица 1 - Результаты расчета

<b>Скважина</b>	<b>Расчет, МПа</b>	<b>Факт, МПа</b>	<b>Погрешность, %</b>
<b>2076</b> Тагульского м-я	16	16,8	<b>4,7</b>
<b>3180</b> Тагульского м-я	15,8	16	<b>1,2</b>
<b>3300</b> Тагульского м-я	16,9	16,8	<b>0,7</b>
<b>4023</b> Тагульского м-я	12	11,4	<b>5</b>
<b>6880</b> Тагульского м-я	16,3	16,8	<b>3</b>
<b>2058</b> Тагульского м-я	13,6	13,8	<b>1,4</b>

Экономический расчет предлагаемой методики показал, что эффективность метода составит 6 150 860 рублей в год. Стоит отметить, что при увеличении фонда скважин месторождений, данная цифра будет увеличиваться пропорционально недостижению объемов исследований, необходимых для допустимой оценки геологического состояния пластовой системы и месторождения в целом.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-35-00248.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент О.А. Грибенников

**МЕРЗЛЯКОВ К.К., ЮНУСОВ Т.И., ВЛАСОВА В.Д.**  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

**ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КИСЛОТНЫХ СОСТАВОВ С  
ПРИРОДНЫМИ ПАВ НЕФТЕЙ РОМАШКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**MERZLYAKOV K.K., YUNUSOV T.I., VLASOVA V.D.**  
National University of Oil and Gas «Gubkin University»

**STUDY OF INTERACTION BETWEEN ACID COMPOSITIONS AND NATIVE  
SURFACTANTS OF OILS FROM ROMASHKINSKOE'S OILFIELD**

Кислотные обработки находят все большее применение на месторождениях РФ, что связано с большим временем выработки скважины. Для поддержания дебита скважины на нормальном уровне кислотные обработки проводятся регулярно. В первую очередь они воздействуют на призабойную зону пласта (ПЗП), фильтрационные свойства которой определяют количество добываемой нефти. Данный метод обработки ПЗП не лишен недостатков, так как в процессе обработки, может возникать большое количество осложнений таких как: образование высоковязких обратных нефтекислотных эмульсий и выпадение осадков при взаимодействии с пластовыми флюидами, вторичное осадкообразование, коррозионная активность, набухание и миграция глин.

В данном исследовании изучается возможность взаимодействия кислоты с природными поверхностно-активными веществами нефтей Ромашкинского месторождения с целью выявления закономерностей их совместимости и активности нефтей.

Объектами исследования были выбраны соляная кислота, как наиболее часто применяемая для кислотных обработок, и сульфаминовая кислота, как наиболее перспективная кислота для использования на труднодоступных месторождениях из-за ее сухого товарного вида. В качестве углеводородных объектов изучались: н-октан, толуол, образцы модельной и деасфальтизированной нефти, нефти Ромашкинского месторождения. Нефть деасфальтизировалась методом осаждения асфальтенов гептаном. Модельной нефтью считался раствор асфальтенов в толуоле с массовым содержанием асфальтенов аналогичным содержанию в нефти.

Методом исследования был выбран метод измерения межфазного натяжения по контуру висючей капли на приборе DataPhysics OCA15Pro.

В ходе исследований были выявлены следующие закономерности:

- при увеличении концентрации соляной и сульфаминовой кислот межфазное натяжение на границе с выбранными образцами углеводородных систем снижается;
- при переходе от модельной нефти к деасфальтизированной нефти, а затем к образцу нефти межфазное натяжение снижается, что говорит о поверхностной активности тяжелых компонентов нефти;
- при соотнесении величин межфазного натяжения можно заметить, что, помимо асфальтенов, в нефти содержится большое количество других природных поверхностно-активных веществ, таких как, например, смолы и нафтеновые кислоты;
- при соотнесении данных по межфазному натяжению на границе растворов кислоты с модельной нефтью и деасфальтизированной нефтью можно сделать предположение, что асфальтены являются относительно слабыми поверхностно-активными веществами, влияющими на процессы, происходящие на границе раздела фаз.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Л.Ф. Давлетшина

**МОСТОВАЯ А.М.**  
Санкт-Петербургский горный университет

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ**

**MOSTOVAYA. A.M.**  
St. Petersburg Mining University

## **AN INTEGRATED APPROACH TO THE DEVELOPMENT AND OPTIMIZATION OF NATURALLY FRACTURED CARBONATE RESERVOIRS**

В процессе разработки месторождения происходит загрязнение призабойной зоны пласта (ПЗП) в добывающих скважинах, что является одной из главных проблем при добыче нефти из карбонатных коллекторов.

Для решения проблемы кольматации ПЗП карбонатного коллектора чаще всего применяют различные методы увеличения нефтеотдачи (МУН), эффективность которых зависит от тщательного анализа данных по каждой скважине.

Целью данной работы является обоснование комплексного подхода к разработке нефтяного месторождения в условиях карбонатных коллекторов на основе данных гидродинамических исследований (ГДИС) и обобщения геолого-промысловой информации и геолого-гидродинамического моделирования.

Основными задачами исследования являются: выявить особенности нефтяного месторождения; интерпретировать результаты ГДИС для определения неопределенностей с помощью программного комплекса «Saphir»; построить геологическую синтетическую модель с помощью программного обеспечения Petrel по результатам геофизических исследований скважин (ГИС) и ГДИС; по результатам цифрового моделирования определить оптимальную технологию воздействия на пласт для рентабельного увеличения нефтеотдачи.

Для увеличения эффективности добычи нефти на рассматриваемом месторождении необходимо осуществлять проектирование процесса разработки и тщательный мониторинг скважин в режиме реального времени, так как месторождение представлено карбонатными породами, имеет сложное геологическое строение; для залежи характерны дифференциация свойств пластовой нефти по глубине; на месторождении пробурены горизонтальные стволы большой протяженности. В процессе интерпретации данных ГДИС было выявлено большое количество неопределенностей. Для уточнения полученных данных была построена геологическая синтетическая модель участка месторождения. После чего на полученной модели были спроектированы процессы гидроразрыва пласта (ГРП) и СКО, посчитан дебит до и после воздействия. В результате дебит по жидкости после СКО увеличился в 2 раза, по сравнению с дебитом после ГРП, и эффект обработки держался на протяжении всего рассматриваемого периода.

Представленный подход позволит более экономически и технологически эффективнее проектировать и контролировать процесс разработки месторождения. Результаты исследований и цифрового моделирования показали, что в условиях рассматриваемого месторождения проведение СКО будет целесообразнее, чем проведение ГРП.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент С.В. Мигунова

**МУН В.А.**  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУЙНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ,  
ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА**

**MUN V.A.**  
National University of Oil and Gas «Gubkin University»

**RESEARCH OF JET COMPRESSOR UNIT FOR UTILIZATION OF ASSOCIATED  
PETROLEUM GAS**

Одной из актуальных проблем является утилизация попутного нефтяного газа. Согласно постановлению правительства Российской Федерации нефтегазодобывающие компании обязаны обеспечить процесс утилизации попутного нефтяного газа и довести его до 95%. В связи с этим необходимо создание простой, дешевой и эффективной техники и технологии для утилизации попутного нефтяного газа. В данной работе предлагается использовать струйную компрессорную установку.

Метод утилизации попутного нефтяного газа с помощью струйного компрессора является перспективным, так как струйный компрессор обладает рядом преимуществ: высокая долговечность из-за отсутствия подвижных деталей, простота конструкции, низкая стоимость.

Для повышения КПД всей струйной компрессорной установки в целом предлагается включить в нее турбинный узел, который и является основным объектом исследования. В данном случае повышение эффективности установки достигается за счет рационального использования энергии потока рабочей жидкости.

В рамках данной работы рассматривается турбина сетчатой структуры. Одним из основных преимуществ турбин сетчатой структуры является возможность снижения себестоимость в 5-10 раз по сравнению с известными конструкциями.

С помощью программы SolidWorks FlowSimulation проведен численный расчет турбин сетчатой структуры.

В рамках данной работы разработан стенд для исследования активных турбин различной конструкции. Стенд и турбина выполнены с использованием технологии 3D печати и лазерной резки.

Управление турбиной, в частности ее остановка возможна за счет отклонения струи с помощью специальных устройств.

С помощью разработанной методики проведения испытаний, проведены физические эксперименты. В результате полученных данных построены экспериментальные характеристики нескольких исполнений турбин.

В ходе испытаний подтверждена работоспособность перспективной экспериментальной турбины с сетчатой структурой каналов.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Ю.А. Сазонов



**НИКИТИН А.В.**

Самарский Государственный Технический Университет

**УЧЕТ НЕНЬЮТОНОВСКИХ СВОЙСТВ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ В  
ПРОЦЕССЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**NIKITIN A.V.**

Samara State Technical University

**HYDRODYNAMIC MODELING PROCESS WITH NON-NEWTONIAN  
PROPERTIES OF HIGH-VISCOUS OIL**

В представленной работе обоснована необходимость учета неньютоновских свойств высоковязкой нефти в процессе гидродинамического моделирования.

Предложен способ учета неньютоновских свойств нефти. Отмечается, что учет неньютоновских свойств позволяет обнаружить проблемы, свойственные разработке месторождений высоковязкой нефти таких, как месторождения района Мелекесской впадины.

Результаты проведенных расчетов показывают значительное влияние неньютоновских свойств на накопленную добычу нефти по пласту. Также выявлено положительное влияние различных ГТМ на невыработанные зоны и накопленную добычу нефти, отработана методика локализации остаточных запасов.

Проведена оценка экономических рисков проекта. Учет неньютоновских свойств при проектировании системы разработки месторождений позволит получить доход в размере 15,1 млн. руб за период в 85 лет.

**Научный руководитель:** к.т.н, доцент Л.Н. Хромых

**ОВСЕПЯН Э.Э.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО КИСЛОТНОГО ГИДРОРАЗРЫВА  
ПЛАСТА В УСЛОВИЯХ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НЕФТЯНОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**OVSEPIAN E.E.**

St. Petersburg Mining University

**APPLICATION OF COMBINED FRACTURING IN OIL FIELD CARBONATE  
RESERVOIRS**

На сегодняшний день большая часть запасов нефти и газа являются трудноизвлекаемыми. Для извлечения таких категорий запасов могут применяться комбинированные геолого-технические мероприятия, направленные на увеличение дренирование пласта. Гидро разрыв пласта давно доказал высокую эффективность на многих месторождениях УВ, при грамотном подходе и выборе объекта воздействия.

Целью научной работы является обоснование эффективности применения комбинированного гидроразрыва пласта в условиях карбонатных коллекторов башкирского яруса нефтяного месторождения.

Основными задачами исследования являются: изучение и классифицирование существующих технологий ГРП; выявление особенностей нефтяного месторождения в условиях карбонатных коллекторов; обоснование технологической и экономической эффективности комбинированного кислотного гидроразрыва пласта в условиях карбонатных коллекторов.

Исходя из рассматриваемых пластовых условий, в качестве рекомендованной технологии был выбран комбинированный кислотный гидроразрыв пласта (ККГРП), т.к. отличительной особенностью является то, что в качестве основной рабочей жидкости используется сшитый кислотный раствор с проппантом. Преимущество ККГРП состоит в том, что используется кислота, имеющая способность растворять горную породу, а также проппант, который не позволяет образовавшейся трещины захлопнуться, тем самым компенсируя недостаток традиционного КГРП – быстрое смыкание трещины.

В работе использовались методики Аумен Al-Ameri и Talal Gamadi для расчета ширины трещины после взаимодействия с соляной кислотой.

Дебит скважины до проведения геолого-технических мероприятий составлял  $3,72 \text{ м}^3/\text{сут}$  (Скин-фактор +3,5). После проведения традиционного ГРП дебит составил  $52,87 \text{ м}^3/\text{сут}$ . А после ККГРП –  $71,94 \text{ м}^3/\text{сут}$ . со значением скин-фактора (-4,3).

Результаты математического моделирования показали, что использование ККГРП в условиях карбонатных неоднородных коллекторов является более целесообразным, чем проппантный гидроразрыв. Расчетный дебит нефти после ККГРП увеличился в 19 раз. Экономическая эффективность составила 44,7 млн. рублей.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент С.В. Мигунова

**ОВЧАРЕНКО А.М.**

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТА ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ**

**OVCHARENKO A.M.**

National Research Tomsk Polytechnic University

## **DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE TRANSPORT OF HIGH-VISCOSITY OIL**

Главной проблемой сырьевой базы нефтяного рынка России является постепенное ухудшение ее структуры с увеличением доли трудноизвлекаемых запасов за счет роста себестоимости добычи. Исходя из прогнозируемых перспектив развития ресурсного сектора экономики РФ, будет расти роль глубоких нефтеносных горизонтов в старых добывающих регионах с развитой инфраструктурой, доля обводненных и низкопроницаемых горизонтов, что неизменно приведет к увеличению объемов добычи тяжелых высоковязких нефтей.

Целью данной работы является разработка оптимальной технологии обработки нефти для снижения вязкости.

Для реализации указанной цели, необходимо выполнить следующие задачи: провести литературный обзор современных методик снижения вязкости нефти; показать зависимости реологических свойств нефти от изменения внешних условий; предложить оптимальную методику обработки аномально-вязкой нефти для ее энергоэффективного транспорта на основе лабораторных исследований.

Технология подготовки и перекачки сверхвязких нефтей давно интересует мировое сообщество исследователей и технологов. Это обусловлено тем, что, с одной стороны, решение задач качественного и быстрого разделения эмульсий прямого и обратного типов остается актуально и напрямую связано с показателями плотности и вязкости. С другой стороны, изменение качества жидких углеводородов в сторону «утяжеления», напрямую отражается на технологиях транспортировки и энергетических затратах для обеспечения требуемых объемов перекачки. Все указанное выше определяет способность нефтетранспортных компаний развиваться с учетом требований Энергетической стратегии России до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 13.11.2009г. № 1715-р и требований Федерального закона N 261-ФЗ от 23.11.2009г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». В целом указанное является стратегией не только отраслевого, но и межотраслевого характера, и влияет на государственное управление энергетическим сектором РФ.

Опираясь на данные ранее проведенных исследований, весьма перспективным воздействием на снижение коэффициента вязкости нефти или нефтепродуктов, наряду с гидротранспортом и подогревом, является их термообработка, добавление присадок для снижения коэффициента гидравлических потерь, электроискровая обработка, виброобработка и использование комбинированных методов. При этом все данные способы имеют ряд достоинств и недостатков.

Исходя из проведенного лабораторного анализа следует, что метод УЗВ, в отличие от других методов, позволяет комплексно решать задачи подготовки и транспортировки. Применение комбинированного подхода также способствует решению указанных задач, но с наибольшими затратами для предприятия.

В исследовании представлены: технология подготовки и транспорта аномально-вязкой нефти с применением ультразвукового воздействия; характер изменения свойств нефти в тепловом, ультразвуком, сверхвысокочастотном и комбинированных полях.

**Научный руководитель:** к.х.н., доцент Н.В. Чухарева

**ОГАЙ В.А.**  
Тюменский индустриальный университет

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ  
ГАЗОЖИДКОСТНЫХ ПОТОКОВ С ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕМ**

**OGAI V.A.**  
Tyumen Industrial University

**EXPERIMENTAL RESEARCHES OF VERTICAL GAS-LIQUID FLOWS WITH A  
FOAMING AGENT**

В работе представлены результаты экспериментальных исследований вертикальных газожидкостных потоков с пенообразующими поверхностно-активными веществами (ПАВ). Исследования проводились на разработанном экспериментальном стенде в условиях близких к условиям добычи газа из сеноманских газовых залежей завершающей стадии разработки.

В настоящее время большое количество сеноманских газовых залежей Западной Сибири находится на завершающей стадии разработки. Добыча газа из таких залежей сопровождается накоплением жидкости различного типа на забоях скважин. Одним из методов решения данной проблемы является ввод в скважину пенообразующих поверхностно-активных веществ. На сегодняшний день существующие немногочисленные расчётные модели, которые позволяют прогнозировать потери давления в стволе газовой скважины, работающей с пенообразователями в потоке. Они были созданы на основе стендовых исследований при атмосферных условиях, а полученные с помощью них результаты имеют значительные погрешности. Были проведены исследования газожидкостных потоков с пенообразователями с учётом влияния ключевых параметров потока (в том числе давления и температуры); планируется последующий анализ данных и разработка расчётной модели прогнозирования потерь давления.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор С.И. Грачёв

**ПАВЛОВ М.М., ПОЛЯНСКИЙ С.Д.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ОПТИМИЗАЦИИ  
ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ СКВАЖИН**

**PAVLOV M.M., POLJANSKIJ S.D.**  
St. Petersburg Mining University

**APPLICATION OF MACHINE LARNING METHODS FOR ANOMALY  
DETECTION DURING DRILLING OPERATIONS AND OPTIMIZATION A WELL  
DRILLING PROCES**

Бурение скважин является одной из самых дорогостоящих операций нефтегазовой отрасли, и любой день простоя на буровой приносит ощутимые убытки для нефтя-

ных компаний. В настоящее время качество бурения и скорость проходки во многом зависит от квалификации бурового персонала, тем самым повышая вероятность аварийной ситуации при недостаточной компетенции мастера или его ошибок. Любая авария во время бурения может остановить процесс бурения на неопределенный срок, а то и совсем приостановить дальнейшее строительство конкретной скважины. Одно из актуальных направлений исследований – это цифровые технологии, а именно методы машинного обучения, способные снизить затраты на процесс бурения, предупредить возникновение аварийных ситуаций, таких как прихват бурового инструмента, поглощение бурового раствора, обрушение стенок скважин, нефте-, газо-, водопроявления и т.д.

Методы машинного обучения основаны на обработке больших объемов данных с целью выявить какие-либо закономерности исследуемых данных, предсказать дальнейшее их поведение.

На первых этапах систем построенные на основе искусственного интеллекта будут способны давать рекомендации, помогающие инженерам по бурению выбирать оптимальные параметры режима бурения для достижения оптимального значения стоимости одного метра проходки, снизить аварийность работ, что впоследствии улучшит технико-экономические показатели процесса бурения в целом. В будущем данные методы лягут в основу создания автономных буровых систем и цифровых двойников скважин.

Цель исследования – рассмотреть наиболее популярные методы машинного обучения и применить их к реальным данным со скважины, оценив их предсказательную способность, точность и способность к обучению.

Путем анализа данных со станций ГИС и ГТИ можно построить предиктивные модели, способные предсказать вероятность возникновения аварии в тот или иной момент времени во время бурения, указать или уточнить интервалы одинаковой буримости на скважинах одного месторождения, а также выявить закономерности изменения каких-либо пластовых свойств в определенной области пласта.

Машинное обучение являет собой сложную дисциплину, включающую в себя математическую статистику, методы оптимизации и др. Важной особенностью машинного обучения является специфика переобучения и вычислительной эффективности. Многие методы неразрывно связаны с интеллектуальной обработкой данных и извлечением информации. Данные методы способны решать большой спектр задач: классификации, регрессии, прогнозирования, интерполяции, кластеризации.

Процесс бурения в плане применения данных методов является более комплексной задачей, так как необходимо анализировать временные ряды данных, что усложняет задачу. Оценивая опыт предыдущих исследований, для создания моделей в большинстве случаев используют нейронные сети, как метод, способный принимать, обрабатывать данные со сложной взаимозависимостью в режиме реального времени. Основное преимущество нейронных сетей – решение задач при неизвестных закономерностях, устойчивость к шумам во входных данных и способность к обучению на основании данных, которые раньше не встречались.

Однако для всех методов машинного обучения, и особенно нейронных сетей, критическим стоит вопрос качества данных, используемых для моделирования. Неполные, несогласующиеся, дублирующиеся друг с другом данные могут значительно ухудшить результаты, которые получаются при использовании данных моделей. Также еще одной проблемой является выбор параметров, подаваемых на вход модели машинного обучения. Важно выбрать тот минимальный список свойств, параметров, которые

будут максимально подробно описывать исследуемый объект и не зашумлять модель, тем самым снижая точность конечного результата.

Методы машинного обучения имеют значительный потенциал для построения сложных систем анализа и прогнозирования показателей бурения, аварийных ситуаций, а также для выбора оптимальных параметров бурения. Однако данные методы очень сильно зависят от качества и полноты набора исследуемых данных. И применительно к бурению скважин не всегда удастся получить согласованные по времени данные ввиду отсутствия единой системы сбора и обработки данных, обеспечивающих унификацию и универсальность разрабатываемых алгоритмов.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Г.В. Буслаев; д.т.н., профессор М.В. Двойников

**ПЕХТЕРЕВ Д.Н.**

Самарский государственный технический университет

## **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕКАЧКИ ВЫСОКОПАРАФИНИСТОЙ НЕФТИ**

**PEKHTEREV D.N.**

Samara State Technical University

### **FACTORS AFFECTING THE EFFICIENCY OF HIGH-PARAFFIN OIL PUMPING**

Доля высокопарафинистой нефти в общероссийском объеме добычи неуклонно возрастает. Это обуславливает актуальность проблемы влияния различных факторов на эффективность перекачки высокопарафинистой нефти. В работе было проведено сравнение толщины парафиновых отложений в «горячем» и изотермическом, работающем при средней температуре перекачки, нефтепроводах.

Выполнен расчет толщины отложений на стенках трубопровода в зависимости от различных факторов, таких как: разность температур нагрева и окружающей среды, производительность перекачки, диаметр трубопровода, шероховатость внутренней поверхности труб, коэффициент теплопередачи. В программной среде «Autodesk AutoCad» создана 3D-модель стенки трубы с парафиновыми отложениями. А также рассмотрено совместное влияние факторов на толщину парафиновых отложений.

Проведены расчеты времени безопасной остановки «горячего» нефтепровода, необходимой температуры предварительного нагрева нефти перед остановкой, давления сдвига нефти, обработанной депрессорной присадкой. Произведена оценка влияния различных факторов на время безопасной остановки «горячего» трубопровода и рассмотрены способы его увеличения.

По результатам расчетов проведен анализ влияния технологических параметров перекачки на эффективность транспортировки высокопарафинистых нефтей, который позволяет сделать выводы:

- эффективность перекачки высокопарафинистой нефти зависит от толщины отложений на стенке трубопровода, состав отложений зависит от состава нефти;
- увеличению толщины отложений способствует увеличение содержания парафинов в нефти, разность температур нагрева нефти и окружающей среды, шероховатость внутренней стенки трубопровода;

- уменьшению толщины отложений способствует увеличение диаметра трубопровода и коэффициента теплопередачи;
- увеличение производительности перекачки уменьшает толщину отложений в трубопроводах малых диаметров и увеличивает в трубопроводах больших диаметров;
- все перечисленные факторы влияют на толщину отложений совместно и могут ослаблять или усиливать действия друг друга;
- время безопасной остановки трубопровода возрастает при увеличении температуры нагрева нефти, а также при увеличении производительности перекачки перед остановкой;
- давление сдвига нефти, обработанной депрессорной присадкой снижается при увеличении температуры нагрева нефти, производительности перекачки перед остановкой и диаметра трубопровода.

**Научный руководитель:** д.п.н., доцент Г.М. Орлова

**ПОЛЯКОВА Т.Г.**

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АБСОРБЦИОННОЙ ОСУШКИ ГАЗА КАК СПОСОБА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ**

**POLIAKOVA T.G.**

National Research Tomsk Polytechnic University

**INCREASING THE EFFICIENCY OF ABSORPTION GAS DRYING AS A WAY TO PREVENT HYDRATE FORMATION DURING TRANSPORTATION**

Помимо непосредственной добычи газа из недр его необходимо подготовить, обеспечить товарное качество, в частности, удалить влагу, которая пагубно влияет на технико-экономические показатели работы установок и способствует образованию кристаллогидратов.

В связи с высокими требованиями к качеству подготовленного газа и ростом влагосодержания для повышения рентабельности добычи технология подготовки газа постоянно совершенствуется и обновляется, в том числе и абсорбционный метод осушки.

Целью работы является рассмотрение и повышение эффективности работы жидких осушителей, а именно: этиленгликоля (ЭГ), диэтиленгликоля (ДЭГ) и триэтиленгликоля (ТЭГ) в условиях установки комплексной подготовки газа (УКПГ) на примере нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ) «Х».

При выполнении работы решались следующие задачи:

1. теоретическое рассмотрение абсорбционного метода осушки газа;
2. моделирование технологической схемы рассматриваемого процесса в программном комплексе «Honeywell UniSim Design» для определения эффективности использования гликолей;
3. анализ влияния термобарических параметров, концентрации и расходов гликолей на эффективность их работы.

В качестве «базовых» параметров схемы в процессе моделирования в «Honeywell UniSim Design» были выбраны реальные технологические параметры месторождения «Х»: ДЭГ 99% масс., температура контакта 18°C, давление газа 4 МПа, давление в абсорбере 4 МПа, расход гликоля 3 м<sup>3</sup>/ч, расход газа 300 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Состав газа, поступающего на УКПГ, % масс: метан (СН<sub>4</sub>) - 98,9%, этан (С<sub>2</sub>Н<sub>6</sub>) – 0,01%, пропан (С<sub>3</sub>Н<sub>8</sub>) – 0,02%, бутан (С<sub>4</sub>Н<sub>10</sub>) – следы, диоксид углерода (СО<sub>2</sub>) – 0,03%, азот (N<sub>2</sub>) -0,7%, гелий (He) – 0,01-0,02%, водород (Н<sub>2</sub>) – 0,002-0,04%, аргон (Ar) – 0,01-0,03%. Содержание других компонентов пренебрежимо мало. Содержание влаги при моделировании задавалось 2 г/м<sup>3</sup>.

Сравнение гликолей проводилось при следующих параметрах: давление газа, контактная температура, концентрация и расход осушителя. Показателями эффективности абсорбентов выступали: температура точки росы (ТТР) в соответствии с требованиями СТО Газпром 089-2010; потери осушителя; простота регенерации насыщенных гликолей.

В результате работы был выбран наиболее подходящий осушитель с точки зрения его эффективности и экономичности.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент М.В. Мищенко

**РЕПИН Д.В.**

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

## **ПРОБЛЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ПЕНЫ ПРИ ЕЕ ЗАКАЧКЕ В ПЛАСТ**

**REPIN D.V.**

National University of Oil and Gas «Gubkin University»

## **PROBLEMS OF MAINTAINING THE STABILITY OF THE FOAM WHILE INJECTING INTO THE RESERVOIR**

В работе предлагается изучение проблем поддержания стабильности пены СО<sub>2</sub> путем проведения серии лабораторных экспериментов с последующим анализом показателей стабильности пены, коэффициента снижения подвижности и определением эффективности ее закачки в различных случаях. В данной работе описываются эксперименты в ходе которых определялось изменение стабильности и коэффициента снижения подвижности пены СО<sub>2</sub> альфа-олефинсульфоната при добавлении наночастиц SiO<sub>2</sub> и вязкоупругого поверхностно-активного вещества, а также влияние пластового давления на стабильность и эффективность закачки пены СО<sub>2</sub>.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент И.В. Язынина



**САДЫКОВ М.И., ДОСЕНКО М.А.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОНАБУХАЮЩИХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ  
СТВОЛА СКВАЖИНЫ ПРИ ПРОХОДКЕ ИНТЕРВАЛОВ  
СИЛЬНОТРЕЩИНОВАТЫХ ПОРОД**

**SADYKOV M.I., DOSENKO M.A.**  
St. Petersburg Mining University

**APPLICATION OF WATER-PUMPING POLYMERS FOR FIXING A WELL BORE  
WHILE PERFORMING THE INTERVALS OF STRONG-CRACKED BREEDS**

При бурении в интервалах трещиноватых горных пород буровые компании часто сталкиваются с проблемой устойчивости стенок скважины. Одним из способов решения данной проблемы является создание изоляционных составов на основе водонабухающих полимеров, которые используются самостоятельно при низкой интенсивности поглощения или используются вместе с закачкой отверждающихся тампонажных смесей в случае катастрофических поглощений.

Цель исследования: Повышение эффективности бурения неустойчивых интервалов скважин.

Задачи исследований:

- анализ существующих методов укрепления неустойчивых горных пород, слагающих стенки скважины;
- разработка методики исследований устойчивости ствола скважины;
- проведение лабораторных испытаний для определения влияния водонабухающих полимеров на устойчивость ствола скважины;
- проведение аналитических расчетов напряженно-деформированного состояния горного массива в околоскважинной области.

Водонабухающие полимерные (ВНП) составы имеют ряд преимуществ перед тампонажными смесями на основе цементов с минеральной вяжущей составляющей:

- высокая степень фильтрации в пласт;
- химическая стойкость к агрессивным флюидам;
- быстрое действие;
- высокая степень набухания в первые 10-15 часов.

Проведены исследования ряда составов ВНП с целью определения прочностных характеристик горных пород в прискважинной зоне при их фильтрации в пласт. При испытаниях учитывался фракционный состав, тип и размер каналов трещиноватой зоны, состав и количество водонабухающего полимера, дифференциальное давление и глубина его проникновения. Также предлагается способ доставки состава в неустойчивый интервал скважины.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

Состав ВНП на водной основе при малом времени на раскрытие увеличивает сцепление горной породы, но понижает угол внутреннего трения. При 12 часовой выдержке состава увеличивается, как сцепление, так и угол внутреннего трения, что позволяет сказать об увеличении коэффициента устойчивости

Состав ВНП в растворе на углеводородной основе «Полиэконал-Флора» показал свою эффективность, увеличив коэффициент устойчивости, при снижении сцепления и увеличения угла внутреннего трения.

Наилучшие результаты показал вязкоупругий состав на основе РНРА, увеличив коэффициент устойчивости в опасных сегментах ствола скважины на 50 %-60 % (коэффициент запаса при зенитном угле 70–90 градусов), однако РНРА является растворимым в воде соединением и при длительном контакте с водным раствором растворяется, снижая прочностные характеристики стенки скважины и увеличивая вероятность обвалов.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент П.А. Блинов

**САНДЫГА М.С.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В ПОРОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ**

**SANDIGA M.S.**

St. Petersburg Mining University

## **RESEARCH OF TERMS OF ORGANIC SEDIMENTS FORMATION IN THE POROUS SPACE OF RESERVOIR**

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований условий образования органических отложений в поровом пространстве пород-коллекторов, представлены методики и результаты фильтрационных и томографических исследований модельных парафинсодержащих растворов. В процессе проведения экспериментов изучалось влияние температуры на процесс парафинизации модельных растворов.

Ключевые слова: органические отложения, фильтрационные исследования, томографические исследования, температура насыщения.

Одним из главных параметров пластовой нефти, учитываемых при обосновании и выборе методов и технологий предотвращения образования органических (асфальтосмолопарафиновых) отложений в системе «пласт-скважина», является температура ее насыщения парафином. Ввиду сложности проведения многофакторного анализа влияния различных компонентов и параметров исследуемой системы на процессы образования органических отложений, и в первую очередь парафина, в данной работе представлены методики исследований и результаты моделирования максимально упрощенных систем – парафинсодержащих растворов.

Комплекс исследований, проведенный в лабораториях Горного университета включал в себя работы по изучению реологических свойств модельного раствора нефти, проведение фильтрационного эксперимента для изучения поведения высокопарафинистых систем в поровом пространстве пласта-коллектора и визуальный контроль посредством томографических исследований за формой и местом образования отложений в порах горной породы.

Исследования реологических свойств модельного раствора нефти проводились на высокоточном полуавтоматическом оборудовании австрийского и французского производства. Проведены замеры вязкости раствора на вискозиметре Physica MCR в системе «плита-плита», которые позволили определить температуру насыщения раствора парафином в свободном объеме. После этого были проведены фильтрационные исследования на установке AutoFlood-700 при моделировании условий, близких к пла-

стовым. Данный комплекс исследований показал, что для одной и той же нефти температура насыщения парафином в поровом пространстве породы-коллектора может превышать величину этого параметра в свободном объеме. Установлено, что для исследованных растворов (моделей высокопарафинистых нефтей) фазовый переход парафина из жидкого в твердое состояние, т.е. образование кристаллов парафина в поровом пространстве, происходит при температуре на 3-4 °С выше, чем в свободном объеме.

На следующем этапе были проведены томографические исследования кернового материала, используемого в фильтрационном эксперименте. Методика данного вида исследований основывается на различной поглощаемости рентгеновского излучения разными минералами, входящими в состав горной породы. Рентгеновские лучи, проходя через породу и вмещаемые в ней флюиды, теряют свою энергию, регистрируются приемником, после чего происходит реконструкция полученной модели на компьютере с помощью специализированного программного обеспечения. В результате проведения томографических исследований были произведены расчеты пористости образцов горной породы до и после проведения фильтрационных исследований со снижением температуры. Полученные результаты показали, что после фильтрации парафиносодержащего раствора при снижении температуры открытая пористость образца горной породы снизилась с 9.0 до 2.1%, что свидетельствует о существенной коагуляции порового пространства керна парафином.

Стоит отметить, что полученные экспериментальные данные необходимо учитывать при разработке нефтяных месторождений в условиях возможного образования органических (асфальтосмолопарафиновых) отложений в системе «пласт-скважина». Это позволит более надежно прогнозировать и эффективно предотвращать их образование.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор М.К. Рогачев

**СЕРГЕЕВ Г.М.**

Санкт-Петербургский горный университет

**РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ЗАБОЙНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО  
УСТРОЙСТВА ПОДАЧИ ДОЛОТА ДЛЯ БУРЕНИЯ ГЛУБОКИХ, НАКЛОННО-  
НАПРАВЛЕННЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН**

**SERGEEV G.M.**

St. Petersburg Mining University

**DEVELOPMENT AND APPLICATION OF A DOWNHOLE HYDRAULIC  
THRUSTER FOR DRILLING DEEP DIRECTIONAL AND HORIZONTAL WELLS**

При бурении глубоких наклонно-направленных и горизонтальных скважин существуют силы сопротивления, возникающие из-за трения, резания горной породы замками труб или прилипания в местах контакта бурильной колонны со стенкой скважины. С углублением скважины растет число точек и величина сил контакта из-за потери устойчивости бурильной колонны. При этом увеличиваются силы сопротивления, которые в определенные моменты времени становятся больше силы тяжести той части колонны, за счет массы которой создается нагрузка на долото. Вследствие чего осевое воздействие на забой уменьшается по мере разрушения породы, а массы вертикальной

части бурильной колонны становится недостаточно для обеспечения требуемой нагрузки на долото, что приводит к снижению механической скорости бурения, приближая ее к нулю.

Другая распространенная проблема заключается в том, что с увеличением горизонтальной глубины вертикальных и наклонно-направленных скважин в колонне бурильных труб возникают различные виды колебаний, которые вызывают «подскакивание» и «проскальзывание» долота на забое и приводят к снижению нагрузки на долото и досрочному выходу из строя бурового инструмента.

Эффективным решением приведенных проблем является применение забойного устройства подачи долота (ЗУПД), схема размещения которого представлена на рисунке 1. Самые ранние упоминания подобных изобретений в базах Роспатента датируются 1930 годом. Забойные устройства для подачи долота отличаются разнообразием конструкций и наименований, например, забойный механизм подачи (ЗМП, МПД), регулятор подачи долота (РПД), автомат подачи долота (АПД), стабилизатор нагрузки механический (СВМ), гидравлическое нагружающее устройство (англ., «hydraulic thrusting device») или забойный нагружатель (англ., downhole thruster) и др.

Основной функцией ЗУПД является создание автоматической постоянной гидравлической нагрузки, обеспечивающей ограничение вибрации, количества УБТ, повышение долговечности долот, забойных двигателей, элементов бурильной колонны. Все это способствует увеличению проходки на долото, механической и рейсовой скоростей, создает более эргономические и безопасные условия для работы буровых бригад.

В середине 2000-х годов было произведено испытание ЗУПД-195 при бурении скважины Северо-Югидского газоконденсатного месторождения. Результаты оценки экономической эффективности показали высокую перспективность разработки. Применение ЗУПД-195 еще на стадии приемочных испытаний позволило сэкономить средства, более чем в полтора раза превышающие затраты на НИОКР и изготовление опытного устройства.

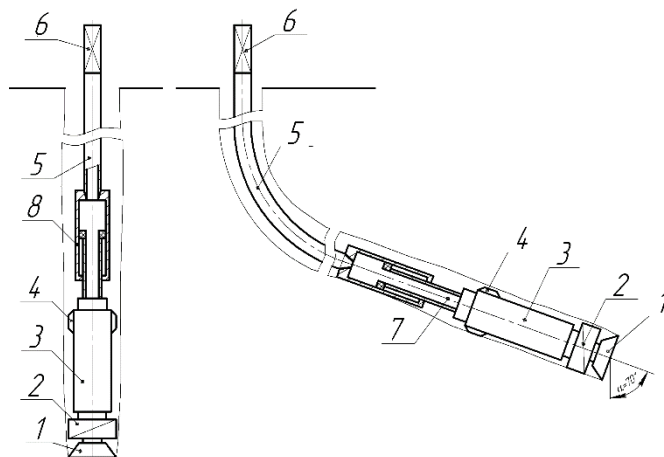


Рисунок 1 – Состав бурильной колонны ЗУПД.

1 – долото; 2 – калибратор; 3 – забойный двигатель; 4 – центратор; 5 – бурильные трубы; 6 – ведущая труба; 7 – выдвижной вал ЗУПД; 8 – корпус ЗУПД.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Г.В. Буслаев

**СКВОРЦОВА Е.С., ГУЛИЕВА А.Ш.**  
Российский университет дружбы народов

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ ДЛЯ  
ИЗМЕНЕНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕФТЕЙ**

**SKVORTSOVA E.S., GULIEVA A.SH.**  
Peoples' Friendship University of Russia

**APPLICATION OF THE HYDRODYNAMIC CAVITATION METHOD FOR  
CHANGING THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF OILS**

Характерной особенностью современной нефтедобычи является увеличение в мировой структуре сырьевых ресурсов доли высоковязких нефтей, к которым относится нефть с вязкостью 30 мПа\*с и выше. Высоковязкая нефть содержит большое количество макромолекулярных веществ, что серьезно ограничивает добычу, транспортировку и переработку. Таким образом, стратегии по снижению вязкости и улучшению качества высоковязкой нефти имеют большое значение для ее использования.

Существующие способы воздействия на реологические свойства высоковязкой нефти не полностью удовлетворяют потребителей из-за высоких материальных затрат и ненадежности технологий. Одним из перспективных способов снижения вязкости нефти может стать гидродинамическое кавитационное воздействие.

В своей работе мы предлагаем схему экспериментального стенда, благодаря которому предлагаем изучить влияние гидродинамической кавитации на вязкость нефти.

Экспериментальная система состоит из емкости для нефти, насоса высокого давления, кавитационного реактора (включая кавитационное сопло), измерительных приборов (манометры, термометр), клапанов и трубопроводов высокого давления. Необходимо отметить, что кавитационное сопло является местом образования каверн и ключевой структурой всей экспериментальной системы. Выбор подходящего кавитационного сопла очень важен для генерации пузырьков и ее влияния на снижение вязкости нефти. Положительный эффект от кавитации - получение мелкой монотонной массы жидкости, то есть дробление парафиновых образований в нефти.

Данный метод может быть весьма перспективным способом воздействия и управления реологическими свойствами при решении задач транспортировки нефтей, а предлагаемый стенд даст возможность для изучения технологии гидродинамической кавитационной обработки высоковязких нефтей.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.Н. Дроздов

**СОЛОДОВ П.А.**  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН НА МОРСКОЙ ГАЗОВОЙ ЗАЛЕЖИ**

**SOLODOV P.A.**  
National University of Oil and Gas «Gubkin University»

## **HORIZONTAL WELLS PLACEMENT OPTIMIZATION FOR OFFSHORE GAS RESERVOIR**

Целью данной работы является разработка подхода к определению оптимального размещения проектного фонда на газовой залежи морского месторождения посредством гидродинамического моделирования.

Критериями оптимальности размещения добывающего фонда являются: максимальная накопленная добыча газа и конденсата за срок службы морского гидротехнического сооружения и продолжительность периода постоянной добычи газа.

Для определения оптимального расположения забоев горизонтальных скважин на площади морской газовой залежи предложена концепция использования упрощенной гидродинамической модели. Суть данной концепции заключается в представлении круговой газовой залежи пластового типа в виде конуса и проведении многовариантных гидродинамических расчетов с дальнейшим переносом оптимального положения скважин на полномасштабную модель. Для описания реальной модели в виде конуса использовались следующие геометрические характеристики залежи: радиус чисто газовой зоны, соотношение площадей чисто газовой зоны и водогазовой зоны и толщина пласта.

Использование упрощенной модели в виде правильной геометрической фигуры обусловлено возможностью автоматического формирования различных вариантов размещения скважин в симуляторе и позволяет сократить время на вычисления.

Стратегии разработки газовой залежи при многовариантных расчетах дискретно отличаются положением точки входа в пласт относительно центра залежи и углом смещения горизонтальных стволов относительно равномерно-веерной расстановки. При выполнении многовариантных расчетов используется оптимизационный алгоритм Дифференциальной эволюции. Суть данного метода заключается в последовательном формировании и расчете групп вариантов моделей, каждая последующая из которых формируется из параметров предыдущей, которые оказывали наибольшее влияние на максимизацию целевой функции.

Определена стратегия разработки с максимальной целевой функцией, расположение горизонтальных скважин которой было перенесено на полномасштабную модель, и на ней рассчитаны показатели добычи. По предварительным технико-экономическим оценкам получено, что оптимизированный вариант показывает большую экономическую эффективность за счет увеличения периода постоянной добычи газа в сравнении с принятыми проектными решениями по расстановке фонда.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент В.Л. Воеводкин

**СОЛОМАТИН В.П., СИНЕБРЮХОВ К.В.**

АО «ТомскНИПИнефть»,  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ MACHINE LEARNING И BIG DATA ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**SOLOMATIN V.P., SINEBRIUKHOV K.V.**

JSC «TomskNIPIneft»,  
National Research Tomsk Polytechnic University

**POSSIBILITIES OF USING MACHINE LEARNING AND BIG DATA TECHNOLOGIES IN OILFIELD DEVELOPMENT DESIGN**

В современных экономических реалиях, а так же на основе состояния ресурсной базы месторождений Томской области у инженеров по разработке нефтяных месторождений, как у основной рабочей единицы по созданию проектно-технологической документации, не осталось прав на ошибку при создании технологической схемы разработки месторождений.

У инженеров существует множество инструментов для определения системы разработки месторождения, однако, сам процесс выбора оптимального по технологическим и экономическим параметрам варианта разработки занимает большое количество времени, и результат не всегда является наилучшим.

В настоящей работе рассматривается опыт применения и возможность внедрения технологий машинного обучения и больших данных в определенные этапы при проектировании разработки нефтяных месторождений, а также возможный эффект от внедрения данных технологий.

В работе представлен собственный автоматизированный вариант поиска оптимального расположения скважины и сетки скважин на картах месторождения, основанный на расчете максимального запускного дебита, потенциальных извлекаемых запасах и темпов падения жидкости на исследуемых месторождениях. Приведен алгоритм анализа экономических показателей разработки месторождения и их сравнения при выборе наиболее эффективного варианта.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор П.Н. Зятиков

**СТЕПАНЕНКО И.Б., КОРНИЛОВ К.В., СИЛИЧЕВ М.А.**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ  
РАЗРУШЕНИЯ СТОЙКИХ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ В УСЛОВИЯХ  
ИНВЕРСИИ ФАЗ**

**STEPANENKO I.B., KORNILOV K.V., SILICHEV M.A.**

Perm national research Polytechnic University

**RESEARCH THE TECHNOLOGY OF ULTRASONIC TREATMENT FOR  
DESTRUCTION STABLE WATER-OIL EMULSIONS IN CONDITIONS OF PHASE  
INVERSION**

В работе представлены исследования технологии ультразвукового воздействия для разрушения стойких водонефтяных эмульсий в условиях инверсии фаз. Ультразвуковое воздействие является перспективным методом подготовки сырой нефти. Он реализуется с помощью излучателей ультразвуковых колебаний с частотой от 1 до 100 кГц. Авторами работы проведены исследования по анализу условий применимости способа и оценка технологического эффекта разрушения стойких водонефтяных эмульсий при промышленной подготовке нефти на территории Пермского края. На основании полученных экспериментальных данных составлены зависимости, описывающие характер влияния параметров ультразвукового воздействия на разрушение стойких водонефтяных эмульсий в условиях различной обводненности близкой к точке инверсии фаз.

К основным и самым распространенным методам, которые применяются для разрушения стойких водонефтяных эмульсий (ВНЭ) на производстве, относятся механический и термохимический. Указанные методы являются наиболее технологичными по сравнению с аналогичными технологиями, однако не всегда показывают высокую эффективность разрушения стойких водонефтяных эмульсий (ВНЭ). В связи с этим поиск и применение новых эффективных технологий для разрушения водонефтяной эмульсий является актуальной задачей. Одной из них является обработка стойкой водонефтяной эмульсии ультразвуковым методом. Известно, что ультразвуковые волны вызывают в эмульсии механические колебания, которые придают ускорение и приводят в движение капли воды – дисперсной фазы, что способствует увеличению количества столкновений капель воды, их объединению и последующему осаждению в объеме дисперсной среды – нефти.

Показано, что из небольшого набора экспериментов и ограниченного диапазона значимых характеристик УЗ воздействия выявлена зависимость эффективности разрушения от состояния системы стойкой водонефтяной эмульсии. Отмечено, что вид эмульсии (прямая или обратная), а также количественное водосодержание, как технологический показатель при промышленной добыче нефти, существенно определяет стойкость эмульсии и ее разрушение.

Также, в 2020 году провели опытно-промышленные испытания на мобильной установке подготовки скважинной продукции по подбору разработке технологии разрушения стойких водонефтяных эмульсий ультразвуковым и электромагнитным методами и определению оптимальной работы системы.

Область применения данных исследований широка. Так на основании имеющегося мирового опыта и собственных экспериментальных данных можно выдать реко-



мендации по эффективному проведению процессов разделения стойких водонефтяных эмульсий с применением ультразвуковых комплексов для различных составов и свойств добываемой продукции. Результаты исследований имеют практическую значимость могут быть применены в различных технологических процессах, начиная от скважины и заканчивая на площадных объектах промысловой подготовки нефти.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.В. Лекомцев

**СТРИЖНЕВ Г.К.**

Санкт-Петербургский Горный университет

**РАЗРАБОТКА ГЕЛЕОБРАЗУЮЩЕГО СОСТАВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ  
ЖИДКОСТИ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА ПРИ ОСВОЕНИИ  
НЕТРАДИЦИОННЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ**

**STRIZHNEV G.K**

St. Petersburg Mining University

**DEVELOPMENT OF GEL-FORMING COMPOSITION OF PROCESS FLUID FOR  
HYDRAULIC FRACTURING OF FORMATION DURING DEVELOPMENT OF  
NON-TRADITIONAL OIL RESERVES**

Ухудшение геологических условий залегания пластов, трудность извлечения из них углеводородов ввиду ряда факторов, вынуждает нефтегазовую индустрию постоянно совершенствовать технологии поиска, разведки и добычи нефти и газа. Гидроразрыв пласта в настоящее время является одним из широко применяемых методов увеличения продуктивности скважин в нефтяной и газодобывающей промышленности. В данной статье будут рассмотрены особенности гелеобразующей жидкости на основе биоксанта – «Биоксан-НТ» для проведения высокорасходного ГРП и сравнение ее и с другими типами жидкостей. А также применимость данной системы для увеличения эффективности интенсификации притока нефти для трудноизвлекаемых (ТРИЗ) запасов на примере, баженовской свиты.

Цель: выделить особенности гелеобразующих составов на основе ксантановой камеди и обосновать применимость с целью совершенствования технологического процесса ГРП в условиях трудноизвлекаемых запасов нефти, а также создания разветвлённой системы трещин и повышение показателя Stimulated Reservoir Volume.

Материалы и метод: рассматривая, особенности проведения ГРП на месторождении с трудноизвлекаемыми запасы можно выделить следующие факторы:

- сложная геология (разломы, карбонатные прослой с песчаниками);
- подбор такой геометрии трещины, чтобы не было прорывов; иногда невозможность интерпретации КПД после тестовых закачек или проблема определения давления закрытия (т.к. можно не увидеть его из-за низкой проницаемости);
- пластовые условия (повышенные температуры, большая глубина залегания, АВПД).

Основным технологическим вызовом, является создание распространённой сети трещин для увеличения стимулированного объема пласта. В силу этой причины, появилась концепция стимулированного объема пласта/месторождения (Stimulated Reservoir Volume, SRV) в качестве параметра корреляции производительности сланце-

вых скважин, и для оценки эффективности стимуляции сланцев. Показатель SRV является комплексным, в виду этого он зависит о множества характеристик (объем пропанта на стадию, скорость и режим закачки, количество кластеров, типы жидкостей). В рассматриваемой работе будет затронута характеристика типа жидкости.

На основе выбранного параметра были проведены ключевые лабораторные исследования по оценке качества гелланта и получаемой на его основе жидкости ГРП. Помимо экспериментальной части в работе представлены математические расчеты.

Результат: применение такой технологии как гель на основе SI Bioxan позволит улучшить способы разработки коллекторов со слабыми глинистыми барьерами в водо-нефтяной зоне. Высокая антиседиментационная способность позволит уменьшить вероятность СТОПа. Высокая скорость восстановления, позволяет реконструировать структуру геля после прохождения зоны перфорации. Данная система в меньшей степени зависит от качества воды и позволяет снижать время и стоимость на транспортировку и загрузку.

Вывод: использование составов на основе ксантана (SI Bioxan) в условиях ТРИЗ будет более эффективно и рационально.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор М.К. Рогачев

**СУЛТАНБЕКОВ Р.Р.**

Санкт-Петербургский Горный университет

## **ВЛИЯНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ОСТАТОЧНЫХ ТОПЛИВ НА ОСАДКООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ХРАНЕНИИ В РЕЗЕРВУАРАХ**

**SULTANBEKOV R.R.**

St. Petersburg Mining University

## **INFLUENCE OF STABILITY OF RESIDUAL FUELS ON SEDIMENTATION WHEN STORING IN TANKS**

В процессе хранения и перевалки остаточных топлив часто происходит смешение разных видов топлив. Зачастую в резервуары имеющие остатки, сливают новый продукт, также смешение происходит преднамеренно для получения смесевых топлив, особенно в топливных терминалах.

Поэтому существуют высокие риски потери стабильности топлив в процессе хранения и выпадения тяжелых компонентов и асфальтенов в осадок. Проявление несовместимости и стабильности топлив увеличивает активность выпадения осадка, что негативно влияет на полезный объем резервуара и на качественные параметры хранимого топлива.

Проявления «несовместимости» при смешении нефтепродуктов связаны с возникновением прочных межмолекулярных взаимодействий, вызванных изменением структурно-группового состава и взаимного соотношения концентраций высокомолекулярных соединений нефтепродуктов, что приводит к образованию ассоциатов молекул, объемных коллоидных частиц различной формы и структуры.

Существующие методы оценки стабильности и совместимости нефтепродуктов не обладают высокой точностью и имеют большую погрешность.

Для точной оценки совместимости и стабильности нефтепродуктов разработан способ, а именно алгоритм проведения лабораторных испытаний, который позволит определять совместимость сразу нескольких видов топлив и в необходимой пропорции до смешения в резервуарах, также данный способ позволяет определить количественные характеристики осадкообразования.

Проведенные лабораторные исследования показывают, что активность осадкообразования наблюдаются при 40°C и выше. Также при хранении в течении 12 часов и более наблюдается процесс осадкообразования, и с дальнейшим течением времени только увеличивается. При времени выдержки от 24 до 42 часов количество общего осадка увеличивается не значительно, это объясняется тем, что успевают за 24 часа протекать химическая реакция в топливной смеси между тяжелыми компонентами и н-парафинами и основное количество асфальтенов и тяжелых компонентов выпадает в осадок. Опыты показывают, что при эксплуатационных температурных режимах, при смешении несовместимых топлив в резервуарах за достаточно короткий промежуток времени возможны активное осадкообразование.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.М. Щипачев

**ТЕРЁХИН А.В.**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

**СОЗДАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТАМИ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ АВТОМАТИЗАЦИИ ДИСКРЕТНОГО И ЧАСТОТНОГО МЕТОДОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ Понижения ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИЕЙ И ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ГАЗОПРОВОДА**

**TERYOKHIN A.V.**

Perm National Research Polytechnic University

**CREATION OF AN EFFICIENT SYSTEM FOR MANAGING AIR COOLING APPLIANCES BY AUTOMATING DISCRETE AND FREQUENCY REGULATING METHODS IN ORDER TO REDUCE THE ELECTRIC CONSUMPTION OF DRAWBOARD**

В настоящее время самым большим потребителем электроэнергии на компрессорной станции является узел охлаждения транспортируемого газа. Существует ряд способов, позволяющих регулировать процесс охлаждения. С точки зрения энергоэффективности самыми практичными решениями являются: автоматизация работы аппаратов воздушного охлаждения, установка частотно регулируемых приводов. Около 90% компрессорных станций осуществляют включение/выключение АВО с помощью оператора. В связи с чем в настоящей работе предлагается оптимизировать процесс управления АВО посредством его автоматизации. Для достижения данной цели необходимым представляется создание управляющего алгоритма, учитывающего различные климатические условия.

Объектом исследования выбраны АВО типа 2-АВГ-75, как самый распространенный тип используемых аппаратов на территории Российской Федерации, а также его математическая модель. Для того, чтобы максимально снизить энергопотребление

АВО, необходимо оснастить их частично или полностью частотно-регулируемыми приводами. Поскольку данная модернизация экономически целесообразна не для всех КС, управляющий алгоритм написан таким образом, что способен учитывать отсутствие ЧРП. В дополнение к основным факторам, влияющим на изменение количества работающих вентиляторов или в частных случаях скорости их вращения таких как, температура и расход транспортируемого газа и окружающего воздуха, в систему управления добавлен учёт и влияние влажности окружающей среды, а также степень наружной загрязнённости труб теплообменной секции, как факторов, оказывающих существенное влияние на теплосъём.

Преобразование общеизвестных методик расчёта, а также математических моделей в программы и дальнейшее их сопоставление позволило выделить наиболее объективные с точки зрения регулирования работы системы критерии, а также степень их влияния на систему.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.Ф. Сальников

**ФРАНКОВ М.А.**

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНОЙ РОТОРНОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ МАШИНЫ**

**FRANKOV M.A.**

National University of Oil and Gas «Gubkin University»

### **RESEARCH OF HYBRID ROTARY HYDRAULIC MACHINE**

Одним из актуальных вопросов при разработке нефтяных и газовых месторождения является добыча в осложненных условиях: повышенная концентрация механических примесей, высокая вязкость нефти, высокая обводнённость скважин. Вариантом решения данной проблемы является поиск и разработка новых технических решений.

Для решения поставленной выше проблемы в рамках данной работы рассматривается гибридная роторная гидравлическая машина, которая может работать как в режиме насоса объемного типа действия, так и в режиме насоса динамического типа действия.

Гибридный роторный насос объемного типа способен перекачивать высоковязкие жидкости и имеет ряд преимуществ: отсутствие эластомера, низкая виброактивность, все рабочие поверхности выполнены технологически простыми (это цилиндрические и плоские поверхности).

Гибридный роторный насос динамического типа является лабиринтным насосом, который имеет ряд преимуществ: малая масса ротора и, как следствие, меньшая виброактивность ротора; относительная простота конструкции ротора; способность перекачивать многофазные среды и работать при высокой концентрации механических примесей в потоке; способность перекачивать как маловязкие, так и высоковязкие жидкости; способность реверсивной работы – при смене направления вращения ротора меняется направление потока, а характеристики насоса могут оставаться на том же уровне.

В ходе данной работы разработаны различные микромоделли и экспериментальные образцы насоса как объемного типа, так и динамического. Проведены физические

эксперименты с моделями насоса, получены их напорные характеристики. Данные полученные в ходе проведенных лабораторных исследований подтверждают перспективность дальнейших разработки и исследования данных гидравлических машин.

Работы проводятся при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России. Уникальный идентификатор работ (проекта) RFMEFI57717X0269.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Ю.А. Сазонов

**ХАРИТОНОВ Е.В., БАЙБЕКОВА Л.Р., ШАРИФУЛЛИН А.В.**

Казанский национальный исследовательский технологический университет

### **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ КОМПОЗИЦИИ ПРИ ТРУБОПРОВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ УГЛЕВОДОРОДОВ. МЕТОДИКА ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ**

**KHARITONOV E.V., BATBEKOVA L.R., SHARIFULLIN A.V.**

Kazan National Research Technological University

### **ANTITURBULENT ADDITIVES IN THE PIPELINE TRANSPORT OF HYDROCARBONS. EFFECTIVENESS ASSESSMENT METHODOLOGY**

В работе разбирается возможность применения полимерных композиций на предмет повышения пропускной способности трубопроводной системы, перекачивающей нефтеэмульсионные среды, на примере продукции ПАО «Татнефть» и АО «Газпромнефть». Работа выполнена при финансовой поддержке гранта им. заслуженного деятеля нефтепереработки А.Л. Санникова БЛПС АО «Газпромнефть»-2018.

Целью данной работы является оценка эффективности структурно-механической устойчивости энергосберегающих присадок, которые предназначены для увеличения пропускной способности трубопроводов на нефтяных эмульсиях ПАО «ТАТНЕФТЬ» и выявление технического результата на предмет повышения пропускной способности.

Дополнительно в рамках этого проекта разработана методика сравнительной оценки эффективности действия противотурбулентных присадок. Проведены результаты исследования разработанной присадки NAVA, и промышленно-применяемых присадок на увеличение пропускной способности нефтей и нефтяных эмульсий НГДУ «Азнакаевнефть» с водосодержанием от 10 до 40%.

Обнаружено, что с увеличением водосодержания происходит снижение эффективности присадки Baker Hughes по отношению к разработанной серии присадок NAVA. Присадка NAVA была приготовлена путем компаундирования низкомолекулярных полимеров и ПАВ при добавке наночастиц оксида алюминия.

Противотурбулентные свойства исследуемых присадок оценивались по изменению расхода прокачиваемой жидкости от числа циркуляционных циклов на модельной установке для стендовых испытаний расходных характеристик гидравлических сопротивлений в близких условиях к реальным.

Проведенные исследования показали, что применение низкомолекулярных композиций в сравнении с высокомолекулярными обладают большей эффективностью по времени, а, следовательно, большей эффективностью по длине трубопровода. Эта особенность позволит снизить число дозирования присадки от 3 до 10 раз на один и тот же участок трубопровода по сравнению с промышленно применимыми составами.

Данные результаты интеллектуальной собственности зарегистрированы авторами и получены патент и свидетельство ЭВМ.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.В. Шарифуллин; к.т.н., доцент Л.Р. Байбекова

**ХУДАЙБЕРДИЕВ А.Т.**

Тюменский индустриальный университет, филиал в г. Нижневартовск

**ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ КЛАПАНА  
ОПРЕССОВОЧНОГО МНОГОКРАТНОГО ДЕЙСТВИЯ**

**KHUDAIBERDIEV A.T.**

Tyumen Industrial University, branches of Nizhnevartovsk

**INCREASING THE TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF WELL  
CONSTRUCTION BY USING A MULTIPLE-ACTION PRESSURE VALVE**

В данной работе рассматривается решение проблемы опрессовки труб в скважине. Техническим результатом работы является клапан упрощенной конструкции, с возможностью предварительной настройки по давлению опрессовки и отсутствием подвижных элементов, повышенной надежности в работе. Клапан позволяет сократить продолжительность проведения опрессовочных работ, а так же сократить непроизводительное время (НПВ) за счет уменьшения количества спуско-подъемных операций.

Традиционная технология опрессовки бурильных труб в скважине заключается в однократном применении устройства для опрессовки, после чего бурильную колонну поднимают, извлекают устройство и заменяют на новое. Это приводит к увеличению непроизводительного времени, риску возникновения осложнений при проведении повторного СПО и опрессовке, дополнительным экономическим затратам.

Новизна заключается в том, что бросовый запорный элемент выдавливают из устройства избыточным внутренним давлением, превышающим ранее назначенное для опрессовки, не менее чем в полтора раза, а для последующих опрессовок труб в скважине в полость труб сбрасывают очередные бросовые элементы (шары).

Опытный образец устройства диаметром 105 мм был изготовлен на промышленном предприятии в г. Тюмени. В целях проверки работоспособности устройства и его настройки на расчетные параметры работы авторами проведены предварительные заводские приемочные испытания, которые показали перспективность использования разработанного КОМД для многостадийной опрессовки бурильных труб в промышленных условиях. Получен патент на изобретение полезной модели.

Испытания на промысле показали необходимость более точного изготовления сопрягаемых (подвижных) деталей устройства и применения износостойких комплектующих деталей (шаров). После испытаний устройства на скважине поверхность шара была деформирована. По результатам испытаний металлические шары были заменены на керамические.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения устройства обусловлен сокращением непроизводительного времени в среднем на 36 часов при бурении одной скважины. При стоимости одного часа работы буровой установки 26 167 руб., экономиче-

ский эффект от применения КОМД составит 942 012 руб. на скважину. Планируемая стоимость изделия составляет 96 тыс. руб.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Н.А. Аксёнова; к.т.н., доцент М.И. Корабельников; к.т.н., доцент Е.Ю. Липатов

**ЮНУСОВ Т.И.**

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

## **ОБ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ С ПОМОЩЬЮ ХЕЛАТНЫХ РЕАГЕНТОВ**

**YUNUSOV T.I.**

National University of Oil and Gas «Gubkin University»

## **ON WEL STIMULATION IN HIGH TEMPERATURE CARBONATE RESERVOIRS WITH CHELATING AGENTS**

Проведение мероприятий интенсификации добычи путем солянокислотных обработок в высокотемпературных карбонатных коллекторах зачастую не приносит ожидаемого эффекта ввиду ряда осложнений: высокой скорости реакции с породой, образования осадков на контакте кислоты с нефтью, повышенной коррозии металлического оборудования. Одним из вариантов «мягких» систем для воздействия на пласт в таких случаях являются хелатные реагенты, чаще всего представляющие собой аминокполикарбоксильные кислоты и их соли. Данные реагенты растворяют карбонатную породу, образуя комплексы с ионами металлов, а в результате снижения кислотности раствора становится возможным предотвратить осадкообразование и повышенную коррозию. Недостатком подобных составов является низкая растворяющая способность, что приводит к необходимости их применения в высоких концентрациях (порядка 22-25%).

Данная работа посвящена разработке состава на основе коммерчески доступного хелатного реагента, сохраняющего все преимущества подобных составов, но применяемого в более низких концентрациях. Для этого был проведен комплекс лабораторных испытаний, включавший в себя изучение действия различных добавок, способствующих растворению, изучение поведения различных поверхностно-активных веществ в растворах хелатных реагентов, а также оценку технологических свойств состава.

Показано, что среди всех добавок только лимонная кислота способна повышать растворяющую способность при высоких температурах, в то время как эффективность различных неорганических катализаторов зависит от природы катиона и меняется в зависимости от температуры. Выявлено также, что применяемые в кислотных составах анионные и катионные ПАВ с хелатными реагентами несовместимы, а амфолитные ПАВ на основе бетаинов и оксидов аминов проявляют самую высокую эффективность.

Практическим результатом работы стала разработка новой композиции на основе хелатных реагентов. Показано, что полученная композиция с концентрацией действующего вещества 18% сохраняет пролонгированную реакцию с породой, соответствует требованиям, предъявляемыми нефтедобывающими компаниями и может быть допущена до следующих этапов испытаний и до опытно-промышленного применения.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Л.А.Магадова

**ЯКУНИНА Н.С.**

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

## **ГАЗ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ПЕРЕХОДЕ: МОСТ ИЛИ ПУНКТ НАЗНАЧЕНИЯ?**

**YAKUNINA N.S.**

National research Tomsk polytechnic university

### **GAS IN THE ENERGY TRANSITION: BRIDGE OR THE DESTINATION?**

Среди различных глобальных вызовов, с которыми столкнулась мировая энергетика в начале XXI века, особое значение своей комплексностью и многогранностью имеет так называемый энергетический переход.

Обусловленный растущей обеспокоенностью общественности проблемами изменения климата, энергетический переход нацелен на решение климатической проблемы путём отказа от углеводородного топлива – угля, нефти и природного газа, и перехода к малоуглеродной и безуглеродной энергетике, поскольку потребление и производство энергии в настоящее время составляют около двух третей глобальных выбросов парниковых газов.

Однако, осуществить такой переход сразу невозможно, поэтому в среднесрочной перспективе в качестве альтернативного варианта – «переходного источника энергии» – можно рассматривать вопрос увеличения использования природного газа, поскольку газ, несмотря на его углеводородную природу, является относительно чистым источником энергии и позволяет найти оптимальное решение триединой задачи: удовлетворить растущий глобальный спрос на энергию и обеспечить сокращение выбросов как углекислого газа (климатическая задача), так и других вредных и загрязняющих атмосферу веществ (улучшение качества атмосферного воздуха).

Таким образом, целью работы является оценка потенциала природного газа в качестве переходного топлива к экономике с низким и нулевым уровнем выбросов углерода.

Доля природного газа в мировом энергетическом балансе увеличилась с 18 % в 1970 году до 23 % в 2018 году. В 2018 году спрос на газ в США вырос на 10%, в то же время происходит снижение потребления угля (-4%) в результате вывода из эксплуатации угольных электростанций (15 ГВт мощности закрыты в 2018 году), ужесточения норм выбросов и доступности более дешевого природного газа для производства электроэнергии.

Потребление газа также ускорило в Китае (+18%) в соответствии с политикой замещения угля на газ в электроэнергетике и теплоснабжении. Рост наблюдался также в Индии и Южной Корее благодаря устойчивому экономическому росту. А также в России (хотя и более медленными темпами, чем в 2017 году) и ускорилось в Канаде, Иране и Алжире.

В работе был проведен анализ, основанный на опыте стран, как развитых, так и развивающихся, которые можно разделить на две категории: страны с большим количеством запасов природного газа и страны, зависящие от импорта. Межстрановой анализ поможет понять реальные проблемы и возможности природного газа в качестве переходного топлива.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 18-010-00660 А.

**Научный руководитель:** д.э.н, доцент И.В. Шарф



## **Секция 2. ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ МАТЕРИАЛОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

**АЛФЕРОВА Д.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

### **ПОПУТНОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИТТРИЯ, ИТТЕРБИЯ И ДИСПРОЗИЯ РЕЭКСТРАКЦИЕЙ ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ АПАТИТОВЫХ РУД**

**ALFEROVA D.A.**

St. Petersburg Mining University

### **ACCOMPANYING EXTRACTION OF YTTRIUM, YTTERBIUM AND DYSPROSIUM BY RE-EXTRACTION FROM APATITE ORE PROCESSING PRODUCTS**

Фосфорные минеральные удобрения получают переработкой апатитового концентрата. В примесных количествах (около 1%) апатитовые руды содержат редкоземельные металлы (РЗМ). В схеме кислотной переработки сырья часть РЗМ, причем наиболее ценной среднетяжелой группы, переходит в растворы технологической фосфорной кислоты (ФК). Разработка технологии извлечения элементов из растворов фосфорной кислоты и разделения на индивидуальные компоненты позволила бы расширить сферу деятельности предприятий и ограничить зависимость от импорта.

Использование экстракционного метода извлечения РЗМ обусловлено их низким содержанием в апатитовых рудах и сложностью разделения на индивидуальные элементы. В основе метода экстракции лантаноидов — комплексообразование с фосфорсодержащими органическими реагентами. Различная устойчивость получаемых органических комплексов определяет эффективное разделение близких по химическим свойствам РЗМ.

Объектом исследования являются насыщенные элементами растворы органического экстрагента на основе ди-2-этилгексилфосфорной кислоты (Д2ЭГФК). Насыщение проводилось как из промышленных растворов, так и из растворов, моделирующих состав технологических. Для реэкстракции использованы растворы серной и щавелевой кислот различной концентрации.

В ходе исследования получены технологические параметры, обеспечивающие полную очистку экстракта от основных сопутствующих примесей, железа и титана. Введением дополнительной стадии их извлечения после каждого цикла экстракции была достигнута 99,9% степень чистоты и увеличена емкость экстрагента по целевому компоненту (по иттрию в 2,05 раза, по иттербию в 2,2 и по эрбию в 2,53 раза).

В процессе проведения реэкстракции увеличение концентрации серной кислоты повышает степень высаливания из органической фазы каждого металла.

В работе определены оптимальные условия разделения тяжелых РЗМ и их максимального концентрирования в водной фазе. Согласно разработанной технологической схеме получения и разделение смеси тяжелой группы РЗЭ на индивидуальные компоненты в лабораторном масштабе с использованием технологических фосфорнокислых растворов получены соединения карбонатов Yb, Y и Dy «чистотой» не менее 90%, содержащих менее 5% примесных компонентов.

Работа выполнена в рамках проекта № 19-19-00377 (22.04.2019), поддержанного РНФ в конкурсе «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами».

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор О.В. Черемисина

**АМБУЛ Е.В.**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

### **ЭКСТРАКЦИЯ РЗЭ ИТТРИЕВОЙ ПОДГРУППЫ СМЕСЯМИ CYANEX 272 И P-507 ИЗ ХЛОРИДНЫХ СРЕД**

**AMBUL E.V.**

Saint-Petersburg State Institute of Technology

### **YTTRIUM REE SUBGROUP EXTRACTION BY MIXTURES OF CYANEX 272 AND P-507 FROM CHLORIDE MEDIUM**

Изучена совместная экстракция редкоземельных элементов (РЗЭ) среднетяжелой группы (СТГ) из хлоридных растворов, смесью экстрагентов моно-2-этилгексилловый эфир 2-этилгексилфосфоновой кислоты (P-507) + ди(2,2,4-триметилпентил) фосфиновая кислота (Cyanex 272) + 10 объемных % ТБФ в изопар-л с массовой концентрацией P-507 + Cyanex 272 – 15, 30, 50%. Мольное соотношение экстрагентов равно 1:1. Головной раствор хлоридов РЗЭ получен растворением в хлороводородной кислоте карбонатов РЗЭ СТГ предприятия «Апатит».

Создана база данных, содержащая равновесные концентрации индивидуальных РЗЭ в водной и органической фазах в интервале концентраций суммы хлоридов РЗЭ 0.05–1.70 моль/дм<sup>3</sup>. Проанализированы изотермы экстракции суммы РЗЭ, индивидуальных РЗЭ (Eu, Gd, Tb, Dy, Y) при их совместной экстракции. Рассчитаны факторы разделения пар Gd/Eu, Tb/Gd, Dy/Tb, Y/Dy. Показано, что в широком диапазоне исходных концентраций хлоридов РЗЭ коэффициент распределения иттрия превышает коэффициент распределения диспрозия в 6 раз, фактор разделения диспрозий/тербий достигает величины 3. Установлено, что эквимольная смесь P-507 и Cyanex 272 может быть использована в экстракционной технологии получения диспрозия и тербия.

Определены сольватные числа  $S$  при экстракции хлоридов РЗЭ СТГ смешанным экстрагентом с различной массовой концентрацией: 15%  $S=2.7$ , 30%  $S=3.1$ , 50%  $S=4.1$ . Методами ИК (400-4000 см<sup>-1</sup>) и ЯМР (<sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C, <sup>31</sup>P) спектроскопии, диэлькометрии исследованы растворы иттрия в экстрагенте P-507. Установлено присутствие хлорид иона в насыщенном растворе иттрия в P-507 гравиметрическим методом. Определение хлорид ионов в реэкстракте с азотной кислотой, проводили осаждением с нитратом серебра по стандартной методике.

На основе полученных зависимостей сдвигов ЯМР сигналов, изменения ИК-спектров и диэлектрической проницаемости растворов от концентрации в них иттрия предложен механизм реакций экстракции и сольватации экстрагируемых комплексов в органической фазе.

**Научный руководитель:** к.х.н., доцент М.А. Афонин

**АРСЛАНОВ А.А.**

Уральский государственный горный университет

**РАЗРАБОТКА ГИДРОВИХРЕВОГО СТРАТИФИКАТОРА ВЕНТУРИ ДЛЯ  
СЕПАРАЦИИ НАНОЧАСТИЦ ЛЕГИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

**ARSLANOV A.A.**

Ural State Mining University

**DEVELOPMENT OF A HYDRO-VORTEX VENTURI STRATIFIER FOR  
SEPARATION OF NANOPARTICLES OF ALLOYING MATERIALS**

Проект по разработке гидровихревого стратификатора Вентури направлен на решение задачи, весьма характерной и актуальной практически для всех технологических переделов, связанных с измельчением материалов - а именно на повышение степени извлечения фракций заданной крупности и снижение энергоемкости данного процесса. Для технологических процессов критически важным условием обеспечения высокого качества готового продукта является использование микро- и наноразмерных частиц крайне жестко детерминированного класса крупности, что не в полной мере возможно реализовать существующими и применяемыми традиционными средствами сепарации.

Для решения указанной задачи настоящим проектом предлагается к разработке и внедрению гидровихревой стратификатор Вентури, в определенной степени имеющий в своей основе элементы т.н. скруббера Вентури. Конструктивно наша разработка представляет собой трубопровод (труба Вентури), по которому снизу вверх под давлением воздуха поступает собранный ранее объем дисперсных частиц, формируя тем самым так называемый кипящий слой. На определенном участке в трубопроводе установлены гидровихревые форсунки, центробежно распыляющие капли жидкости. Благодаря разработанной математической модели возможно обоснование геометрических параметров трубы Вентури и аэратора, оснащенного гидровихревыми форсунками, способных формировать такие значения угловой скорости вращения капель жидкости, которые позволят воздействовать только на частицы заданного узкого класса крупности. Эти дисперсные частицы увлекаются распыленными каплями в боковые кольцевидные ниши с последующим сбором в бункер, а оставшиеся частицы либо осаждаются на дне трубопровода либо поднимаются выше форсунки.

На основе проведенного математического моделирования скорость потока дисперсных частиц, геометрические параметры аэратора и трубы Вентури, а также угловая скорость капель жидкости на выходе из форсунок могут быть заданы таким образом, что сепарироваться, то есть удаляться из общего потока под воздействием форсунок будут только частицы требуемой крупности. Новизной описанного устройства является его конструкция и компоновка (расположение форсунок, размеры узлов), которая может быть научно обоснована только с использованием разрабатываемого математического аппарата, позволяющего смоделировать процесс гидровихревой коагуляции частицы и капли жидкости - нового способа сепарации, также являющегося элементом новизны нашей разработки - во взаимно перпендикулярных плоскостях и обосновать параметры работы (геометрические размеры трубы Вентури, аэратора с форсунками, давление воздуха, частота вращения форсунок, угловая скорость капель и т.д.).

**Научный руководитель:** д.т.н., доцент Н.В. Макаров

**БАКИНА Е.И.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## **ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОДНЫЕ БРИКЕТЫ НА ЦЕМЕНТНОЙ СВЯЗКЕ В ДОМЕННОЙ ПЛАВКЕ**

**BAKINA E.I.**

National University of Science and Technology "MISiS"

### **IRON-CARBON BRIQUETTES IN CEMENT BINDING IN BLAST FURNACES**

В работе предлагается решение актуальной задачи по созданию технологии производства брикетов из вторичных металлургических материалов.

Были рассмотрены способы брикетирования, состав и свойства окалины, а также выполнена работа по разработке составов, проведению лабораторных испытаний и выбору оборудования для производства металлургических брикетов, проведены опытно-промышленные испытания металлургических брикетов в качестве компонента доменной шихты.

Расход сухого кокса снизился, коксовая составляющая брикета чугуна полностью заменила скиповый кокс. В процентном выражении каждые 10 кг брикета на 1 т чугуна позволяют снизить расход кокса на 0,32 %. Производство увеличилось на 7 т/сутки, что связано с улучшением газопроницаемости столба шихты за счет изменения ее гранулометрического состава. Это увеличило интенсивность плавки. Улучшение гранулометрического состава шихты подтверждается снижением выноса колошниковой пыли. В процентном выражении каждые 10 кг брикетов на 1 т чугуна позволяют повысить производительность на 0,28 %.

Опыт производства и применения брикетов показал, что брикеты являются полноценным компонентом доменной шихты, прочностные характеристики брикетов (как при нормальной, так и при высокой температуре) удовлетворяют условиям доменной плавки, коксовая мелочь в составе железоуглеродосодержащих брикетов заменяет сухой топливный кокс с коэффициентом близким к 1,0, брикеты после термовлажностной обработки практически неограниченное время могут храниться на открытом воздухе без потери основных качественных характеристик.

Железо и углеродсодержащие брикеты на цементной связке, изготавливаемые из мелкодисперсных металлических отсеков, пыли и шламов имеют высокую термостойкость, не разрушаются при быстром нагреве в восстановительной атмосфере доменной печи, и являются высококачественным комплексным сырьем для доменной плавки, содержащим металлическое железо, восстановитель и флюсующие компоненты.

Производство железно и углеродсодержащих брикетов на цементной основе позволяет решать проблему производственного рециклинга коксовой мелочи и мелкодисперсных металлических отходов для предприятий, не имеющих аглофабрики. Применение брикетов может быть особенно эффективным на печах, работающих на нефлюсованном железорудном сырье с применением известняка и доломита.

Железо и углеродсодержащие брикеты, снижая содержание кислорода в шихте, увеличивают долю CO в колошниковом газе и его калорийность, что может быть использовано в специальных технологических режимах доменной плавки с целью получения в доменной печи колошникового газа заданного состава.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент П.И. Черноусов

**БАРБАНЭЛЬ П.Ф.**  
Санкт-Петербургский горный университет

## **ГАЗИФИКАЦИЯ ТВЕРДОГО УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО ТОПЛИВА**

**BARBANEL P.F.**  
St. Petersburg Mining University

### **GASIFICATION OF CARBON-CONTAINED FUEL**

Актуальность данной темы обусловлена поиском наиболее рациональных путей использования как природных твердых топлив, так и альтернативного сырья, которое может быть использовано в качестве топлива, а именно промышленных отходов и отходов потребления.

Цель данной работы заключается в изучении процесса газификации и поиске преимуществ данного процесса по сравнению с процессом полного окисления (сжигания).

Из-за активного развития нефтеперерабатывающей отрасли, газификацию перестали повсеместно исследовать и развивать. Тем не менее газогенераторы, ранее использовавшиеся в том числе и для обеспечения топливом транспорта, могут успешно применяться и в наши дни.

Использование процесса газификации для перевода в газ твердого природного топлива можно обосновать тем, что газообразное топливо имеет ряд преимуществ, в числе которых можно назвать легкость транспортировки и распределения между потребителями, а также меньшее негативное влияние на окружающую среду.

Проблемой процесса сжигания топлива с экологической точки зрения является выделение диоксинов, сильнейших синтетических ядов. В процессе газификации, при правильной организации самого процесса, выбросы диоксинов резко снижаются, цифры для сжигания могут составлять порядка 3 мг/нм<sup>3</sup>, в то время как для газификации концентрация диоксинов может составлять 0,2-0,5 мг/нм<sup>3</sup>. Также стоит обратить внимание на более низкие выбросы по оксидам азота, для процесса сжигания – 350 мг/нм<sup>3</sup>, для газификации – 150 мг/нм<sup>3</sup>. Таким образом сразу можно заявить о снижении затрат на очистку отходящих газов.

Помимо явного преимущества в экологическом аспекте газификация имеет более широкие возможности применения продуктов процесса, особенно при использовании в качестве сырья природных энергоносителей. В процессе газификации, из-за возможности варьирования используемых окислителей, которыми могут являться воздух, пар, кислород, углекислый газ, и многочисленные их комбинации в различных пропорциях, возможно получить газовую смесь пригодную для дальнейшего химического синтеза, примером которого является синтез Фишера-Тропша, синтез аммиака и синтез метанола.

Таким образом, процесс газификации топлива как природного, так и неприродного происхождения, является выгодной альтернативой процессу полного окисления и имеет экологические и экономические преимущества в сравнении с последним.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент С.Н. Салтыкова

КИНЕТИКА СОРБЦИИ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ  
ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

BOLOTOV V.A.  
St. Petersburg Mining University

KINETICS OF SORPTION OF SULFUR-CONTAINING GASEOUS  
SUBSTANCES BY FERROMANGANESE MATERIALS

Современные тенденции в черной металлургии обуславливают увеличение производственных мощностей, в результате чего образуется огромный спектр технологических выбросов. Для решения данной проблемы эффективно использование сорбционных методов очистки. Наиболее перспективными и недорогими сорбентами являются пористые неорганические материалы, содержащие вещества, проявляющие окислительные свойства к целому ряду газообразных соединений. Одним из перспективных направлений сорбционной утилизации отходящих газов металлургического производства является использование адсорбента на основе отечественных железомарганцевых руд. Для расчета промышленных адсорбционных процессов важно знание скоростей диффузии, определяемых сопряженными процессами сорбции-десорбции.

В работе исследована кинетика сорбции сероводорода на марганцевой оксидно-карбонатной руде Улу-Теляжского месторождения, содержащей от 36 до 55 % смеси оксидов марганца (II) и (IV) и до 10% оксида железа (III). Интерпретация кинетической кривой проводилась при допущении однородной по объему пористой структуры адсорбента. Диффузия в таком зерне описывается двумя различными коэффициентами: константами скорости соответственно адсорбции и десорбции.

Согласно полученным результатам процесс сорбции описан уравнением формальной кинетики I порядка (Рисунок 1).

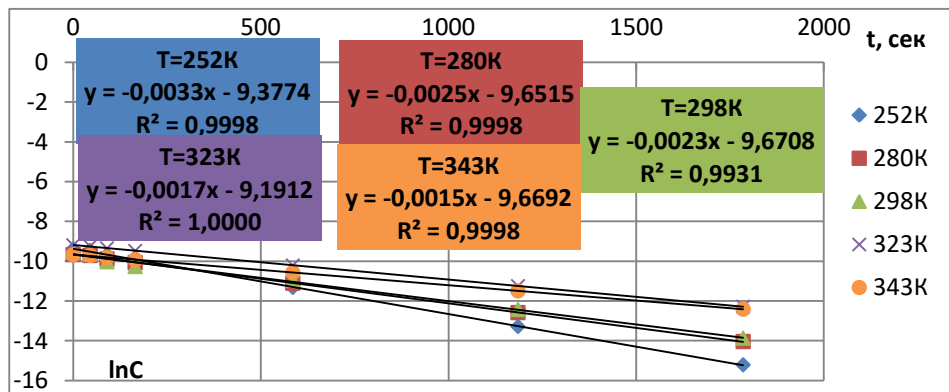


Рисунок 1 – Зависимость логарифма константы сорбции  $H_2S$  от обратной температуры

С увеличением температуры наблюдается уменьшение значения константы скорости процесса, то время как уменьшается сопротивление активационных барьеров и увеличивается константа десорбции. Рассчитанное значение энергии активации составило  $14,3 \pm 2,0$  кДж/моль, что характеризует лимитирующую диффузионную стадию процесса.

Научный руководитель: д.т.н., профессор О.В. Черемисина

**БОРИСОВА К.И.**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОЦЕССА ИЗОМЕРИЗАЦИИ**

**BORISOVA K.I.**

Ufa State Petroleum Technological University

### **CURRENT POSITION OF ISOMERIZATION TECHNOLOGY**

С каждым годом в России и в целом по миру непрерывно растет спрос на автомобильные бензины, сочетающие в себе высокие экологические и эксплуатационные характеристики. Огромным препятствием на пути устранения проблемы низкого качества моторных топлив, является высокое содержание в бензинах катрифформинга (основного компонента высокооктановых бензинов) ароматических соединений (до 60 %), неравномерное распределение испаряемости и детонационной стойкости топлива на всем интервале его кипения.

Включение в состав НПЗ установки изомеризации делает возможным извлечение из состава бензинов низкооктановых легких фракций и дальнейшее получение изомеризата с повышенным октановым числом и одновременно низким содержанием ароматических углеводородов, бензола и олефинов.

На российском рынке представлены практически все известные лицензиары технологии изомеризации как зарубежные, так и отечественные. Лидирующие позиции среди иностранных фирм занимает фирма Axens (19,7% российского рынка), не уступает ей и компания UOP (20,2 % российского рынка суммарно за счет технологий Penex и Par-Isom). Небольшой процент нашего рынка занимает технология компании Süd-Chemie – 3,3 %. Крупнейшими отечественными компаниями, сумевшими реализовать себя на рынке производства катализаторов, являются ПАО «НПП Нефтехим» и их известный катализатор СИ-2, а также фирма НПФ «Олкат», выпускающая низкотемпературный катализатор ИПК-2С.

Успех технологии изомеризации пентан – гексановых фракций «Изомалк-2», разработанной ПАО «НПП Нефтехим», позволил компании добиться лидерства и завоевать ведущее положение не только на внутреннем рынке страны, но и выйти на международную арену. В первую очередь это связано с уникальными особенностями оксидного не хлорированного катализатора СИ-2, а именно его сероустойчивость, низкий диапазон рабочей температуры, устойчивость к проскокам азота и воды.

Технология успешно реализуется на следующих заводах: ОАО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ОНПЗ», ОАО «САРАТОВСКИЙ НПЗ», ОАО «УФАНЕФТЕХИМ», ОАО «НОВОЙЛ» и др.

В последние годы большой интерес компании направлен на изомеризацию фракции  $C_7$ , выкипающей при 70 – 105 °С, по технологии Изомалк-4 (на катализаторе СИ-4) и получение продукта – концентрата, способного конкурировать с алкилатом по своим эксплуатационным свойствам.

Несмотря на устойчивые позиции иностранных компаний, ПАО «НПП Нефтехим» на своем примере доказала и продолжает доказывать возможность внедрения отечественных технологий и современных исследовательских разработок.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Г.М. Сидоров

**БОРИСОВА Т.Н.**

Ивановский государственный химико-технологический университет

**КИНЕТИКИ АДСОРБЦИИ И ДЕСОРБЦИИ ПАРОВ ВОДЫ НА  
ГРАНУЛИРОВАННЫХ БЕЗ СВЯЗУЮЩИХ НИЗКОМОДУЛЬНЫХ ЦЕОЛИТАХ**

**BORISOVA T.N.**

Ivanovo State University of Chemical Technology

**KINETICS OF ADSORPTION AND DESORPTION OF WATER VAPORS ON  
GRANULATED BINDER-FREE LOW-MODULE ZEOLITES**

Низкомодульные цеолиты (например, LTA, SOD и др.) являются перспективными материалами применительно к осушке природного и других технологических газов. Данные типы цеолитов селективно поглощают водяные пары из газовой фазы благодаря наличию полостей с размером от 0.3 до 0.45 нм.

В настоящей работе для синтеза низкомодульных цеолитов была использована ультразвуковая обработка суспензии метакаолина, оксида алюминия и гидроксида натрия с последующим формованием образцов. Далее были проведены термическая обработка гранул при 600 °С и гидротермальная активация в растворах NaOH с концентрацией 2-6 моль/л. Было показано, что частицы цеолита LTA имеют форму близкую к кубу и размер около 2 мкм, а размер области когерентного рассеяния (ОКР) составляет 760 нм; частицы цеолита SOD имеют неправильную форму с размером 0.5–1 мкм и размером ОКР 453 нм. Также определены значения площади удельной поверхности цеолитов LTA (150 м<sup>2</sup> г<sup>-1</sup>) и SOD (115 м<sup>2</sup> г<sup>-1</sup>).

Были получены изотермы адсорбции и десорбции паров воды на цеолитах, которые показали, что кривые относятся к IV типу. Максимальное количество поглощенных паров воды для LTA составило ~30 мас.% и для SOD ~20 мас.%. Исследование кинетики адсорбции паров воды на гранулах цеолитов проводилось в установке проточного типа при объемной скорости 20000 с<sup>-1</sup>. Установлено, что при адсорбции воды из газовой фазы в динамическом режиме на цеолите LTA точка росы достигает -50°C, а на цеолите SOD -9°C. Были рассчитаны значения кажущейся энергии активации процесса адсорбции для обоих цеолитов, которые составили около 50 кДж·моль<sup>-1</sup>, а также определен порядок процессов (для LTA - 0.2, для SOD - 0.9).

Методами синхронного термического анализа было показано, что для цеолита LTA десорбция воды происходит до 275.5 °С, а для цеолита SOD удаление адсорбированной воды наблюдаются до 304 °С. Было установлено, что эти процессы протекают в два этапа. Данные кинетики десорбции были обработаны методами изоконверсионного анализа Fridmana, Ozawa–Flynn–Wall и Kissinger–Akahira–Sunose, с помощью которых были рассчитаны значения кажущейся энергии активации для десорбции воды на цеолитах. Показано, что все три анализа дают близкие результаты. Установлено, что при значении степени конверсии до 0.2 величины энергии активации составляют не более 60 кДж моль<sup>-1</sup>, что отвечает десорбции физически связанной воды. Повышение значений активации до 110 кДж моль<sup>-1</sup> (для SOD) и до 80 кДж моль<sup>-1</sup> (для LTA) связано с удалением воды из α- и β-ячеек цеолитов.

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение НИР, тема № FZZW-2020-0010.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Н.Е. Гордина



**ВАСИЛЬЕВ Р.Е., ПРОНЕНКО А.М.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ  
ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ АТМОСФЕРНОГО  
И АВТОКЛАВНОГО ОКИСЛЕНИЯ ВЫСОКОСЕРНИСТЫХ  
ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ**

**VASILYEV R.E., PRONENKO A.M.**  
St. Petersburg Mining University

**TECHNOLOGICAL JUSTIFICATION AND INVESTIGATIONAL STUDY OF THE  
COMBINED TECHNOLOGY OF ATMOSPHERIC AND AUTOCLAVE OXIDATION  
OF SOUR GOLD-BEARING CONCENTRATES**

В результате истощения запасов легковоскрываемого, богатого золотосодержащего сырья возрастает потребность в изучении технологий предварительной обработки упорного сырья для его подготовки к последующему цианированию. Одной из причин упорности золота является его тонкая вкрапленность в сульфидных минералах, что вызывает необходимость предварительного окисления подобного для последующего цианирования. С этой целью в данной отрасли распространены следующие операции: окислительный обжиг, биоокисление, автоклавное и атмосферное окисление. Первые три технологии предполагают фактически полное разрушение золотосодержащих сульфидов, последняя – частичное изменение указанных минералов. Технологии, предполагающие окисление сульфидных минералов, дают более высокий эффект в отношении извлечения золота, т.к. позволяют практически полностью высвободить тонковкрапленное золото для последующего цианирования. Благодаря высокой интенсивности и экологической безопасности автоклавное выщелачивание становится наиболее предпочтительной технологией для данного типа сырья. Однако при переработке высокосернистых золотосодержащих концентратов в автоклавном процессе выделяется большое количество тепла, отвод которого осуществляется за счет разбавления пульпы, что снижает показатель технологии.

Поиски процесса, лишённого указанного недостатка, является актуальной задачей. Наибольший интерес, по нашему мнению, могут представлять комбинированные технологии совмещающие неполное био- или атмосферное окисление с последующим автоклавным выщелачиванием.

В данной работе предложено в качестве предварительного окисления использовать сверхтонкое измельчение с последующим атмосферным выщелачиванием (процесс типа «Albion»), что позволило окислить часть серы в концентрате и направить его на автоклавное выщелачивание. Это позволит уменьшить разбавление пульпы и увеличить производительность автоклавного процесса.

В результате проведения анализа было установлено, что степень окисления серы при атмосферном окислении составила 80%. Далее пульпа была направлена на автоклавное выщелачивание, с целью доокисления оставшейся серы. В результате степень окисления серы составила 97%, а извлечение золота 95%. Расчет теплового баланса показал, что применение предварительного атмосферного окисления позволяет снизить количество выделяемой тепловой энергии в автоклаве в 2 раза.

По результатам проведения лабораторных испытаний можно сделать вывод о том, что совмещение технологии атмосферного и автоклавного выщелачивания является

ся приемлемым. Благодаря применению процесса Albion» можно достичь окисления части серы до нужного значения для последующего автоклавного выщелачивания, исключая процессы отвода тепла из автоклава или разбавления пульпы.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.Я. Бодуэн

**ВАСИЛЬЕВА Е.В.**

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДА СОЗДАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕЙ КУЗНЕЦКОГО БАСЕЙНА**

**VASILEVA E.V.**

Kuzbass State Technical University

## **DEVELOPMENT OF A METHOD FOR CREATING INNOVATIVE PRODUCTS ON THE BASED ON THE KUZNETSK BASIN COALS**

В условиях сложного положения мирового угольного рынка обостряется необходимость создания технологий глубокой переработки угля с получением высокотехнологичных продуктов. Необходимость создания технологий импортозамещения особенно актуальна для продуктов на основе углеродных волокон, около 95 % которых перерабатываются в композиционные материалы. Углепластики находят широкое применение в качестве конструкционных материалов в авиакосмической отрасли, автомобиле- и судостроении, медицинской технике, при изготовлении спортивных товаров и т.д.

В связи с актуальностью проблемы дефицита сырья для производства углеродных волокон на кафедре химической технологии твердого топлива Института химический и нефтегазовых технологий совместно с ПАО «Кокс» г. Кемерово проводятся исследования возможности получения экстрактивного пека на основе термического растворения углей Кузнецкого бассейна марок Г, ГЖ и Ж в среде антраценовой фракции переработки каменноугольной смолы для изучения возможности его применения в качестве сырья для производства углеродных волокон. Исследованиями установлено, наибольший выход целевого продукта получен при использовании угля марки ГЖ, оптимальными условиями получения продукта терморазложения с низкой температурой размягчения являются соотношение растворитель/уголь – 70/30, температура в реакторе – 390–400°C. Такой пек характеризуется наименьшей зольностью и наименьшим содержанием  $\alpha$  и  $\alpha_1$ -фракций. Для получения продукта с высокой температурой размягчения оптимальными условиями являются соотношение растворитель/уголь – 60/40, температура в реакторе – 370°C.

Также на основе литературных данных установлено, что полученный экстрактивный пек может применяться в качестве связующего для электродной промышленности. Кроме того, пек с пониженным содержанием полициклических ароматических углеводородов, без дополнительной очистки, может быть востребован уже сейчас в технологиях, не предъявляющих высоких требований к зольности (производство углеродистых огнеупоров и огнеупорных масс).

Проект включен в перечень проектов, получивших поддержку НОЦ Кузбасс.

**Научный руководитель:** д.х.н., профессор Т.Г. Черкасова

**ВЕТОШКИНА И.С.**

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева

**ПОЛУЧЕНИЯ СВЯЗУЮЩЕГО ДЛЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ  
УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСТВОРЕНИЯ  
УГЛЕЙ**

**VETOSHKINA I.S.**

Kuzbass State Technical University

**OF OBTAINING A BINDER FOR HIGH-TECH CARBON CARBON MATERIALS  
BY THE METHOD OF THERMAL CARBON DISSOLUTION**

С целью увеличения объемов сырья для современных углеродных материалов рассмотрен вопрос получения пеков на основе глубокой переработки углей. Уникальные потребительские свойства каменноугольных пеков обуславливают их широкое использование в качестве электродного связующего и импрегната в производстве различных углеродных материалов. Существует ряд высокотехнологичных уникальных продуктов, в том числе не имеющих аналогов на российском рынке, в производстве которых пек является важнейшим сырьевым компонентом, таких как: игольчатый кокс, графитированные порошки для литий-ионных батарей, углеродные волокна.

Проведены исследования по получению связующего методом термического растворения углей марок Г, Ж, ГЖ сырьевой базы ПАО «Кокс» в антраценовом масле. Разработана экспериментальная установка для проведения термического растворения. Определены оптимальные параметры проведения процесса, исследовано качество полученных продуктов. В условиях дефицита каменноугольного пека их можно использовать для увеличения объема сырья.

По итогам работы показана возможность получения сырья для производства связующего материала, напрямую из угля, минуя высокотемпературный процесс коксования. Целевое назначение экстрактивного пека, полученного термическим растворением – связующее для электродной промышленности, и других углеродных материалов. Кроме того, пек с пониженным содержанием ПАУ, без дополнительной очистки, может быть востребован уже сейчас в технологиях, не предъявляющих высоких требований к зольности.

**Научный руководитель:** д.х.н., профессор Т.Г. Черкасова

**ВОРОБЬЕВА А.Р.**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

**ЭКСТРАКЦИЯ КАНЦЕРОГЕННЫХ ПОЛИЦИКЛОАРЕНОВ ИЗ АРОМАТИЧЕСКОГО СЫРЬЯ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДОМ И СМЕШАННЫМ ЭКСТРАГЕНТОМ N- МЕТИЛПИРРОЛИДОН – ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ**

**VOROBYOVA A.R.**

Saint-Petersburg State Institute of Technology

**EXTRACTION OF CARCINOGENIC POLYCLICLOARENES FROM AROMATIC RAW MATERIAL DIMETHYL SULPHOXIDE AND MIXED SOLVANT N-METHYLPYRROLIDON - ETHYLENE GLYCOL**

В соответствии с экологическими требованиями ароматические масла – мягчители, применяемые в шинной промышленности, должны содержать не более 10 мг/кг суммы восьми канцерогенных полиароматических углеводородов (ПАУ), в том числе, не более 1 мг/кг наиболее канцерогенного бензо(а)пирена. Цель работы – сравнение эффективности диметилсульфоксида (ДМСО), применяющегося в качестве экстрагента канцерогенов на заводе холдинга «Оргхим», и смеси N- метилпирролидон – этиленгликоль (90:10 мас%) при экстракционной очистке промышленного образца тяжелого ароматического сырья от канцерогенных полициклоаренов. В таблице приведены характеристики сырья и рафинатов, полученных четырехступенчатой противоточной экстракцией ДМСО при массовом отношении к сырью 1:1, температуре 45 °С и предложенной нами смесью N -МП - ЭГ (90:10 мас%) при массовом отношении к сырью 0.68:1, температуре 45 °С.

Таблица 1 – Характеристика сырья и полученных рафинатов

Наименование показателя	Сырье	Рафинат при экстракции	
		ДМСО (1:1)	N -МП – ЭГ (90:10 мас%) (0.68:1)
Выход рафината,%	100	92.0	87.0
Показатель преломления, $n_D^{50}$	1.5280	1.5275	1.5191
Содержание ПЦА,%	7.5	5.5	4.1
Содержание суммы 8 канцерогенов	34.1	2.9	2.14
том числе: бензо(а)пирена	2.9	0.26	0.15
Бензо(е)пирен	9.5	0.79	0.56
Бензо(а)антрацен	1.0	0.54	0.29
Хризен	12.0	0.51	0.55
Бензо(б)флуорантен	4.4	0.46	0.36
Бензо(г)флуорантен	1.6	<0.1	0.10
Бензо(к)флуорантен	1.2	0.19	0.06
Дибензо(а,г)антрацен	1.5	0.14	0.07

Из данных таблицы следует, что степень извлечения канцерогенных полициклоаренов при использовании смеси N -МП - ЭГ (90:10 мас%) гораздо выше даже при меньшем соотношении растворителя к сырью, по сравнению с ДМСО.

**Научный руководитель:** д.х.н., профессор А.А. Гайле

**ГАБДУЛХАКОВ Р.Р.**  
Санкт-Петербургский горный университет

## **ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК НА ПОЛУЧЕНИЕ КОКСА АНИЗОТРОПНОЙ СТРУКТУРЫ**

**GABDULKHAKOV R.R.**  
St. Petersburg Mining University

## **INFLUENCE OF ADDITIVES ON THE PRODUCTION OF ANISOTROPIC COKE STRUCTURE**

Игольчатый кокс является важным стратегическим продуктом глубокой переработки нефти и представляет собой высокоструктурированный анизотропный углеродистый материал с низким коэффициентом термического расширения и малым содержанием гетеропримесей и серы, широко применяемый в сталелитейной промышленности, а также при производстве литий-ионных аккумуляторов. Премиальные марки игольчатого кокса (SP) применяются для производства высококачественных графитовых электродов ЭГСП/UHP (ultra-high power) для дуговых печей сверхвысокой мощности. На данный момент, Россия полностью зависит от поставок игольчатого кокса из-за границы и не имеет своего поставленного производства, при этом, постоянно растущая потребность в данном виде углеродного материала для России составляет 30 000 тонн/год.

Наиболее благоприятным сырьем для получения игольчатого кокса являются низкосернистые нефтяные фракции с высоким содержанием ароматики, алкилароматики с короткими боковыми цепями, а также нафтеновых углеводородов, склонных к процессу межмолекулярного переноса водорода, который при протекании радикально-цепных реакций способствует более «мягкой» карбонизации с образованием развитой мезофазы с достаточно низкой вязкостью для более плавного слияния частиц мезофазы и развития текстуры потока. Для обеспечения необходимого состава сырья, предлагается, основной базис, в качестве которого выступает низкосернистый газойль каталитического крекинга, смешивать с добавками органического происхождения, представленными в виде полимерных структур – доноров алкилароматических и нафтеновых углеводородов.

На базе Санкт-Петербургского горного университета, на лабораторной установке коксования углеводородного сырья проведены испытания по коксованию тяжелого газойля каталитического крекинга с применением полимерных добавок в количестве 2,5, 5 и 10 % масс. при давлении 0,35 МПа и температурных пределах 495-505 °С. В ходе экспериментов были получены образцы углеродных материалов игольчатой структуры с улучшенными показателями качества.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Н.К. Кондрашева

**ГАРЕЕВА Н.И.**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

## **КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ ИЗ ТЯЖЁЛЫХ НЕФТЕЙ**

**GAREEVA N.I.**

Ufa State Petroleum Technological University

### **CONCENTRATION OF METALS FROM HEAVY OILS**

В настоящее время актуальной является проблема добычи, транспортировки и переработки тяжелых нефтей и природных битумов, которые характеризуются высоким выходом тяжелых фракций, содержанием ароматических углеводородов, смолисто-асфальтовых веществ, концентрацией металлов и сернистых соединений, повышенными значениями плотности, вязкости и коксуемости. Поэтому необходимо разработать специализированные методы подготовки и переработки такого сырья. Наличие гетероатомных соединений приводит к ухудшению качества получаемых нефтепродуктов, отравлению катализаторов вторичных процессов переработки нефти, коррозии оборудования.

Особый интерес представляют тяжелые нефти как сырье для получения концентратов ценных металлов таких, как ванадий и никель. В мировой практике применяются технологии по концентрированию и извлечению металлов из тяжелого нефтяного сырья. В России подобные технологии не реализованы. Целью данной работы является проверка возможности концентрирования металлосодержащих соединений в продуктах процессов переработки тяжелой нефти с целью дальнейшего выделения металлов.

Для выполнения работы была выбрана тяжелая нефть Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Анализ показал, что нефть относится к типу битуминозной нефти (плотность  $936 \text{ кг/м}^3$ ), характеризуется низким содержанием фракций до  $350^\circ\text{C}$  – 25 % масс., высоким содержанием серы 5 % масс. Деасфальтизация мазута проводилась легким бензином при давлении 1 ат температуре  $20^\circ\text{C}$ . Кратность (об.) легкого бензина к мазуту 3,5:1. При этом был получен асфальт с концентрацией ванадия 1700 ppm. Коксование мазута проводили при температуре  $500^\circ\text{C}$ , получен кокс с содержанием ванадия 3400 ppm. В процессе деасфальтизации часть металлоорганических соединений переходит в деасфальтизат, извлечение металлов из которого не представляется возможным. В процессе коксования металлы полностью переходят в кокс без потерь с дистиллятами.

Таким образом, была подтверждена возможность концентрирования ванадия в тяжелых фракциях и продуктах переработки битуминозных нефтей с целью дальнейшего выделения металлов и их промышленного использования.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.Ф. Ахметов

**ГОЛОВАЧЕВ А.А.**

Кузбасский Государственный Технический Университет имени Т.Ф. Горбачева

**ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ЗОЛЫ  
УНОСА КУЗНЕЦКИХ УГЛЕЙ**

**GOLOVACHEV A.A.**

Kuzbass State Technical University

**EXTRACTION OF RARE AND RARE EARTH ELEMENTS FROM FLY ASH OF  
KUZNETSK COALS**

В работе предлагается применение различных способов извлечения редких и редкоземельных элементов из золошлаковых отходов Кузбасса.

Для получения концентрата, богатого редкими и редкоземельными элементами было использовано два метода обогащения отходов угольной промышленности. Первый метод основан на последовательном осаждении посторонних компонентов из полученной при растворении золы вытяжки и дальнейшем переосаждении оксалатов редких и редкоземельных металлов. Второй метод основан на обогащении золы методом ионной флотации.

В методе последовательного обогащения осаждением для получения вытяжки 1000 г. золы уноса растворили в 1500 мл 2,5 М азотной кислоты. После одного дня отстаивания образовался раствор темно-оранжевого цвета и взвесь геля кремниевой кислоты, а также силикатов металлов. После фильтрации смеси получен прозрачный оранжевый раствор вытяжки с рН 0-1.

Для осаждения гидроксидов железа(III) и алюминия при рН 5,0 к раствору добавили концентрированный раствор аммиака. Образовавшийся осадок был отделен декантацией и отфильтрован. При дальнейшем добавлении раствора аммиака к раствору фильтрата до рН 7,5 выпадал желто-белый осадок. Масса осадка составила 14,47 г.

После отделения и просушивания на воздухе осадок был растворен в 350 см<sup>3</sup> 0,5 н. раствора азотной кислоты до рН раствора 0-2, затем к вытяжке был добавлен насыщенный раствор щавелевой кислоты. В результате образовывался белый мелкодисперсный осадок оксалатов редкоземельных металлов. При повышении уровня рН раствора до 8 происходило полное осаждение, но при этом выпали в осадок оксалаты щелочноземельных металлов и, частично, гидроксиды элементов. Масса отделенного осадка составила 5,494 г.

В методе флотационного обогащения к 500,14 г золы уноса было добавлено 2000 мл воды, 52 мл 2-этилгексанола (соотношение органической и водной фаз составляет 1:40) и 2,01 г додецилсульфата натрия в качестве реагента-собирателя и ПАВ. Суспензия выдерживалась в течение 10 минут, после чего была проведена флотоэкстракция при рН 7,5-8,5 на лабораторной флотомашине ФЛ-240. В результате образовалась устойчивая пена серого цвета. После высушивания масса собранных частиц составила 0,690 г.

**Научный руководитель:** к.х.н., доцент Е.В. Черкасова

**ГРИГОРЬЕВА А.Н.**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО НОВОГО ТИПА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РАСТВОРОВ ФЛОКУЛЯНТОВ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

**GRIGOREVA A.N.**

St.Petersburg State Institute of Technology

**NEW TYPE OF ENERGY SAVING MIXER FOR FLOKULANT SOLUTIONS IN OIL AND GAS INDUSTRY**

Рассмотрена методика расчета допустимой частоты вращения перемешивающего устройства при приготовлении флокулянтов. Показаны результаты экспериментальных исследований по приготовлению концентрированных растворов с использованием различных типов рабочих колес перемешивающего устройства.

Область применения флокулянтов невероятно широка. Основными сферами использования этих веществ является очистка сточных и питьевых вод, а также нефтегазовая отрасль. Задачи применения реагентов в нефтехимическом производстве - увеличение нефтеотдачи полимерными гелями и системами, полимерное заводнение, регулировка стабильности, реологического свойства и водоотдачи буровых жидкостей, предотвращение набухания почвы и глин, укрепление скважин. Использование реагентов помогает улучшить качество выпускаемой продукции, а также вести контроль за чистотой состава нефтехимических веществ.

Актуальной проблемой в настоящее время является снижение энергозатрат на производство продукции. Это требует применение современных энергосберегающих аппаратов. Целью работы является комплексное исследование характеристик нового перемешивающего устройства и сравнительный анализ с перемешивающими устройствами других типов. В работе представлены сравнительные характеристики эффективности приготовления флокулянта трехлопастной, турбинной и конической мешалками. В качестве критерия эффективности принято время растворения полимера и потребляемая мощность. Наиболее эффективным показало себя колесо конического типа (Рисунок 1).

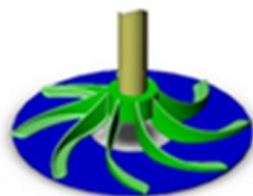


Рисунок 1 – Коническая мешалка

В ходе проведенных исследований была разработана методика подбора мешалки для приготовления концентрированного раствора флокулянта необходимой концентрации. Теоретический расчет был основан на стандартной полуэмпирической модели турбулентности Прандтля, дополненной Карманом. По результатам расчетов, с помощью конической мешалки можно перемешивать флокулянт на наибольшей частоте вращения среди используемых в исследовании рабочих колес, т.к. она создает меньше сдвиговых напряжений во время работы за счет обтекаемой формы лопастей. Примене-



ние турбинной мешалки на высоких частотах вращения ограничено, т.к. она создает опасные сдвиговые напряжения за счет острых кромок лопаток, расположенных под углом 90° к плоскости вращения. Аппарат с конической мешалкой по отношению полезного эффекта к затратам на потребляемую электроэнергию также является наиболее привлекательным. По сравнению с турбинной новый тип мешалки потребляет меньше энергии в 20 раз.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Р.Ш. Абиев

**ГРИГОРЬЕВА В.А., ЖУКОВА В.Е.**  
Санкт-Петербургский горный университет

### **КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ МЫШЬЯКОВИСТЫХ МЕДНЫХ КОНЦЕНТРАТА И ПРОМПРОДУКТА УЧАЛИНСКОЙ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ**

**GRIGOREVA V.A., ZHUKOVA V.E.**  
St. Petersburg Mining University

#### **HYDROMETALLURGICAL TREATMENT OF HIGH ARSENIC COPPER CONCENTRATES AND MIDDLING PRODUCTS OF THE UCHALINSKY MINING AND PROCESSING PLANT**

В связи со сложившейся тенденцией роста спроса и потребления меди, богатые месторождения отрабатываются и в переработку вовлекают руды более низкого сорта, что непосредственно влияет на технологический процесс и показатели обогащения. В среднем, в последние десятилетия содержание металлов в рудах уменьшилось в 1,5 раза, а доля труднообогатимых разновидностей в общем объеме сырья возросла с 15 до 40 %.

Присутствие мышьяка и сурьмы в сырье стало одной из актуальных проблем в области цветной металлургии. Основными соединениями, содержащими мышьяк, в месторождениях сульфидной меди являются минералы блеклых руд - теннантит ( $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$ ), энаргит ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ), луцонит ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ) и аурипигмент ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ). Одновременное присутствие в них ценного элемента (меди) и токсичных элементов (мышьяка и сурьмы) затрудняет разделение минералов и выделение технологических продуктов – медного концентрата и отвальных хвостов, а также повышает извлечение в концентрат вредных примесей, вызывая значительные трудности при его дальнейшей плавке. Перевод же минералов блеклых руд в хвосты приводит к большим потерям меди. В России с данной проблемой столкнулся Учалинский горно-обогатительный комбинат (далее УГОК).

Одним из перспективных методов переработки сульфидного сырья со сложным составом является способ обработки  $\text{NaOH-Na}_2\text{S}$  раствором, позволяющий селективно удалять примеси As и Sb, не затрагивая ценные компоненты, при их совместном содержании.

Целью исследования являлось изучение возможности применения сульфидно-щелочного кондиционирования для повышения качества медных концентратов (МК) и очистки медьсодержащих промпродуктов (МП) УГОКа.

В ходе экспериментов с концентратом были выявлены значительная зависимость показателей извлечения от температуры и плотности пульпы. Наилучшие результаты по выщелачиванию концентрата достигались применением раствора, содержащего 4 М NaOH и 1,5 М Na<sub>2</sub>S (t=95°C) в течение 3 часов (почти 100% извлечение мышьяка). Для МП прослеживается аналогичная тенденция влияния температуры на степень удаления примесей. Однако, при попытках поддержания низкого Ж:Т (от 1 до 3) максимальный переход мышьяка в раствор составил 40,66 %. На данный момент ведутся исследования в области интенсификации процесса для улучшения массообмена.

Внедрение процесса предварительной обработки в существующий технологический цикл предприятия значительно повысит качество концентрата, позволяя производить продукцию, соответствующую высшим маркам ГОСТ Р 52998-2008. Помимо этого, предприятие сэкономит на расходах по выплате штрафов. Возвращение очищенного МП в производственный цикл повысит суммарное извлечение полезного компонента, что снизит потери ценных металлов с хвостами обогащения. Все это приведет к повышению конкурентоспособности на рынке, стабилизации и укреплению экономики фабрики.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.Я. Бодуэн

**ГРИШИН И.С.**

Ивановский государственный химико-технологический университет

## **КРЕМНИЙОКСИУГЛЕРОДНЫЕ КОМПОЗИТЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ АДСОРБЕНТЫ**

**GRISHIN I.S.**

Ivanovo State University of Chemistry and Technology

## **SILICON OXICARBIDE COMPOSITES AS PERSPECTIVE ADSORBENTS**

К кремнийоксиуглеродным композитам обычно относят материалы на основе оксикарбида кремния (SiOC), которые формально могут быть описаны как продукты внедрения углерода в сетевую структуру силикатов. Эти композиты отличаются уникальной сетевой архитектурой, а также нано- и микро-структурой, которая и определяет все свойства SiOC. Особый интерес эти соединения вызывают, так как они могут быть основой для синтеза мультикомпонентных композитных материалов, обладающих заданными свойствами, например в результате внедрения металлов. Высокая прочность, термическая и химическая устойчивость расширяют область применения оксикарбидов кремния. С технологической точки зрения они могут быть отличными носителями для катализаторов или адсорбентами. Известны случаи их применения для очистки сточных вод. Однако синтез кремнийоксиуглеродных композитов в настоящее время является относительно дорогостоящим, поскольку подразумевает использование прекурсоров с высокой стоимостью, а также термической обработки при высокой температуре. Поэтому поиск новых способов получения этих уникальных материалов является актуальной проблемой.

В работе предложен новый подход к синтезу кремнийоксиуглеродных композитов, основанный на взаимодействии более дешевого активированного угля и белой сажи при их механической обработке в измельчающем оборудовании. Деформационные

процессы значительно изменяют структуру реагентов, а подводимая механическая энергия ускоряет протекающие реакции за счет локальных перегревов. Было обнаружено, что взаимодействие активированного угля, белой сажи и кислорода воздуха имеет несколько последствий. Во-первых, окисление угля, в результате которого изменяется его химическая структура, а во-вторых, образование связей между активированным углем и диоксидом кремния белой сажи, что фактически означает образование оксикарбида кремния. Это подтверждено по результатам исследования синтезированных композитных материалов с применением различных экспериментальных методик, в частности рентгеновской дифракции, ИК-спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии и т.д. Интенсивная механическая обработка деформирует структуру активированного угля, поэтому удельная поверхность и пористость готового композита уменьшаются, однако это может быть компенсировано значительно более высокой адсорбционной активностью по отношению к определенным соединениям. В частности, кремнийоксиуглеродные композиты позволяют более эффективно очищать экстракционную фосфорную кислоту от фторид-ионов.

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение НИР (Тема № FZZW-2020-0010). При выполнении исследований привлекалось оборудование ЦКП ИГХТУ.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Н.Н. Смирнов

**ДАУДИ Д.И.**  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

**РАЗРАБОТКА ПОЛИМОЧЕВИННЫХ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАФИНОВО-НАФТЕНОВОГО МАСЛА VHVI-4 В  
КАЧЕСТВЕ ДИСПЕРСИОННОЙ СРЕДЫ**

**DAUDI D.I.**  
National University of Oil and Gas «Gubkin University»

**DEVELOPMENT OF POLYUREA GREASES WITH THE USE OF PARAFFIN-  
NAPHTHENIC OIL VHVI-4 AS A DISPERSION AGENT**

Надежность и долговечность работы механизмов и машин во многом зависят от качества смазочных материалов. Совершенствование техники, а также ужесточение условий их эксплуатации приводит к повышению требований качества смазочных материалов. Производители стараются улучшить эксплуатационные свойства для увеличения срока службы оборудования и его энергоэффективности, а также оптимизировать соотношение цены и качества смазочных материалов. Вместе с тем, ужесточаются требования по экологии и безопасности. Это все влечет за собой использование современных компонентов пластичных смазок. Проанализировав рынок лития можно увидеть тенденцию к его дальнейшему удорожанию, а это, в свою очередь, повлияет на неэффективность его использования как компонента загустителя для пластичных смазок. Наряду с этим фактом можно утверждать, что перспективными компонентами для смазок будут являться загустители на основе полимочевины, так как они обладают не только лучшими высокотемпературными свойствами и большей долговечностью, чем мыльные аналоги, но и более привлекательной ценой (Таблица 1).

Таблица 1. Сравнение свойств пластичных смазок с различными загустителями

Показатель/ загуститель	Высокотемпературные свойства		Старение	Совместимость металлами	Коллоидная стабильность	Токсичность	Адгезия	Текучесть	Пределная нагрузочная способность	Сопротивление сдвигу	Антифрикционные свойства	Противозносные свойства	Общая характеристика
	Высокотемпературные свойства	Низкотемпературные свойства											
Литий	1,5	2,0	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	1,5	2,0	2,0	2,5	1,9
Полиимочевина	1,0	1,5	1,5	2,5	2,0	1,5	2,5	2,0	3,0	3,0	1,0	2,0	2,0

Где 1,0 - отлично; 2,0 - средне; 3,0 - слабо.

Принимая во внимание стагнацию на рынке базовых масел I группы, можно предположить, что перспективными для использования в качестве дисперсионной среды будут являться масла третьей группы.

Целью данной работы было улучшение низкотемпературных свойств полиимочевинных пластичных смазок и расширение рабочих температур их использования. Опубликованные работы посвящены в основном исследованиям полиимочевинных смазок с использованием масел только первой группы. В настоящей работе в качестве дисперсионной среды использовались нефтяные масла I и III группы. В качестве наполнителя был использован дисульфид молибдена в качестве загустителя была использована димочевина (Таблица 2).

Таблица 2. Сравнение свойств полиимочевинных смазок на различных дисперсионных средах

Смазка	Пенетрация при 25°C, мм <sup>-1</sup>	Вязкость эффективная при минус 50°C, Па·с	КС, % мас.	Трибологические свойства (на ЧШМ)			Температура каплепадения, °C
				Рк, Н	Рс, Н	Из, Н	
Shell Gadus S3 T220 2 (I группа)	280	2308	4,1	784	160	323	160
Полиимочевинная смазка на VHVI 4 (III группа)	142	1413	16,5	975	200	583	200

Процесс приготовления образцов осуществлялся в условиях непрерывного нагрева и перемешивания при атмосферном давлении. Состав образца и температура термомеханического диспергирования были индивидуальными для каждого опыта. Выявлена зависимость пенетрации, коллоидной стабильности и температуры каплепадения полученных полиимочевинных смазок от состава образцов, и условий их приготовления.

Данные образцы были сварены на лабораторной установке, состоящей из электронагревателя, фарфоровой емкости, термометра и перемешивающего устройства.

У полученных образцов смазки были проанализированы: температура каплепадения (ГОСТ 32394-2013), пенетрация (ГОСТ 32331-2013), коллоидная стабильность (ГОСТ 7142-74), эффективная вязкость при -50°C (ГОСТ 26581-85) и трибологические характеристики (ГОСТ 9490-75). На основе анализа полученных данных нами был сделан вывод, что пластичные смазки, сваренные на базовых маслах III группы, обладают лучшими свойствами чем аналоги, сваренные на маслах I группы.

**Научный руководитель:** к.т.н, доцент Килякова А.Ю.

ДЕМИНА А.Ю.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

**ЭКСТРАКЦИОННАЯ ОЧИСТКА АРОМАТИЧЕСКОГО МАСЛА-МЯГЧИТЕЛЯ ОТ КАНЦЕРОГЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ СМЕШАНЫМ ЭКСТРАГЕНТОМ N-МЕТИЛПИРРОЛИДОН-ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ**

DEMINA A.Y.

St. Petersburg State Institute of Technology

**EXTRACTION OF AROMATIC PROCESSING OIL OF CARCINOGENS BY MIXED SOLVENT OF N-METHYLPYRROLIDONE AND ETHYLENE GLYCOL**

Для получения экологически чистых ароматических масел-мягчителей, содержащих по сумме восьми канцерогенных полициклоаренов, не более 10 мг/кг, в том числе бенз(а)пирена – не более 1 мг/кг, применяют экстракционную очистку диметилсульфоксидом (ДМСО). Основными недостатками ДМСО являются недостаточная термическая стабильность и растворяющая способность к полициклоаренам (ПЦА), вследствие чего требуются повышенные массовые соотношения экстрагента к сырью.

В СПбГТИ(ТУ) был предложен способ экстракционной очистки сырья путем использования смешанного экстрагента N-метилпирролидон (N-МП) – этиленгликоль (ЭГ) 90:10 % мас. в системе четырех термостатированных воронок по схеме противоточной экстракции при разных массовых соотношениях к сырью (S/F), температуре 45 °С. Для снижения вязкости сырья в качестве неполярного растворителя использовали бензиновую фракцию 64-150 °С при массовом соотношении к сырью 0.4:1. В качестве сырья в работе использовали смесь тяжелого вакуумного газойля Южно-Узбекской нефти и экстракта деасфальтизата гудрона.

Таблица 1 – Характеристика сырья и полученных рафинатов

Наименование показателей	Сырьё	Рафинат при экстракции	
		ДМСО (1:1 мас.)	N-МП+ЭГ (0.7:1 мас.)
Выход рафината, % мас.	100	88.0	85.7
Содержание серы, % мас.	4.193	4.06	3.51
Содержание экстракта ПЦА, % мас.	7.5	4.1	4.0
Степень извлечения ПЦА, % мас.	-	51.9	54.3
Содержание суммы 8 канцерогенных углеводородов, мг/кг	37.9	3.6	1.84
в том числе:			
Бензо(а)пирен	3.0	0.2	0.16
Степень извлечения 8 канцерогенных ПАУ, % мас.	-	91.6	95.8

Как видно из результатов испытаний, полученные рафинаты полностью отвечают экологическим требованиям по содержанию восьми канцерогенных ПЦА. Таким образом, более высокая растворяющая способность N-метилпирролидона и его смеси с 10 % мас. этиленгликоля, по сравнению с диметилсульфоксидом, позволяет получить экологически чистый пластификатор для шинной промышленности при меньшем соотношении экстрагента к сырью.

**Научный руководитель:** д.х.н., профессор А.А. Гайле

**ДИЯКОВСКАЯ А.В., ТЕЛЕКОВА Л.Р.**  
Астраханский государственный технический университет

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ЭКСТРАКЦИОННОГО ОБЕССЕРИВАНИЯ ЛЁГКОГО ГАЗОЙЛЯ**

**DIYAKOVSKAYA A.V., TELEKOVA L.R.**  
Astrakhan State Technical University

**DETERMINATION OF THE OPTIMAL PARAMETERS OF OXIDATIVE SULFURIZATION OF LIGHT GAS OIL**

Процессы гидроочистки, широко используемые на производстве для удаления сернистых соединений из углеводородного сырья, характеризуются рядом недостатков, в том числе большим расходом и высоким парциальным давлением водорода. Альтернативным способом обессеривания высокосернистого углеводородного сырья является окисление фракции с последующей экстракцией сульфоксидов селективными растворителями.

Цель настоящей работы заключалась в определении оптимальных параметров процесса облагораживания лёгкого газойля Астраханского газового конденсата совмещённым процессом окисления и экстракции.

Сырьем для получения объекта исследования был выбран высокосернистый мазут Астраханского газоперерабатывающего завода, фракционный состав которого определили разгонкой на аппарате АРН-2 в соответствии с ГОСТ 11011-85. По результатам разгонки мазута астраханского газового конденсата была построена кривая истинных температур кипения перегоняемого продукта (ИТК). На основании полученных данных был составлен материальный баланс процесса перегонки.

Очистку лёгкого газойля, выделенного из мазута астраханского газового конденсата, проводили совмещённым процессом окисления и жидкостной экстракции, варьируя кратности окислителя (пероксида водорода) и растворителя (изопропанола) к сырью (по массе) для определения наиболее эффективного соотношения.

По полученным данным были составлены материальные балансы этапов окисления, экстракции и регенерации, а так же определены показатели качества рафинатов и экстрактов и выбраны оптимальные параметры окислительно-экстракционного обессеривания лёгкого газойля.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.Р. Рамазанова

**ДОРОЖКО В.А.**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

## РАЗДЕЛЕНИЕ Nd и Pr НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЭКСТРАКЦИЕЙ МОНО-2-ЭТИЛГЕКСИЛОВЫМ ЭФИРОМ 2-ЭТИЛГЕКСИЛФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ

**DOROZHKO V.A.**

Saint-Petersburg State Institute of Technology

### THE SEPARATION OF Nd AND Pr BY NONSTATIONARY EXTRACTION WITH MONO-2-ETHYLHEXYL ETHER 2-ETHYLHEXYLPHOSPHONIC ACID

Исследование посвящено развитию нестационарных экстракционных методов с использованием современных фосфорорганических экстрагентов. Предложено экстракционное разделение пары Nd/Pr в нестационарном режиме в хлоридной системе с экстрагентом моно-2-этилгексоловым эфиром 2-этилгексилфосфоновой кислоты (НЕНЕНР, РС-88А, Р507). В работе обсуждены результаты, полученные на экспериментальной установке, которая позволяет в режиме «реального времени» отслеживать влияние на экстракцию циклического изменения физико-химических параметров в реакторе: изменения температуры и изменения значений pH в равновесной водной фазе. Проведено сравнение двух способов проведения экстракции в нестационарном режиме. Результаты некоторых экспериментов на установке представлены на рисунке в виде временных профилей основных параметров системы.

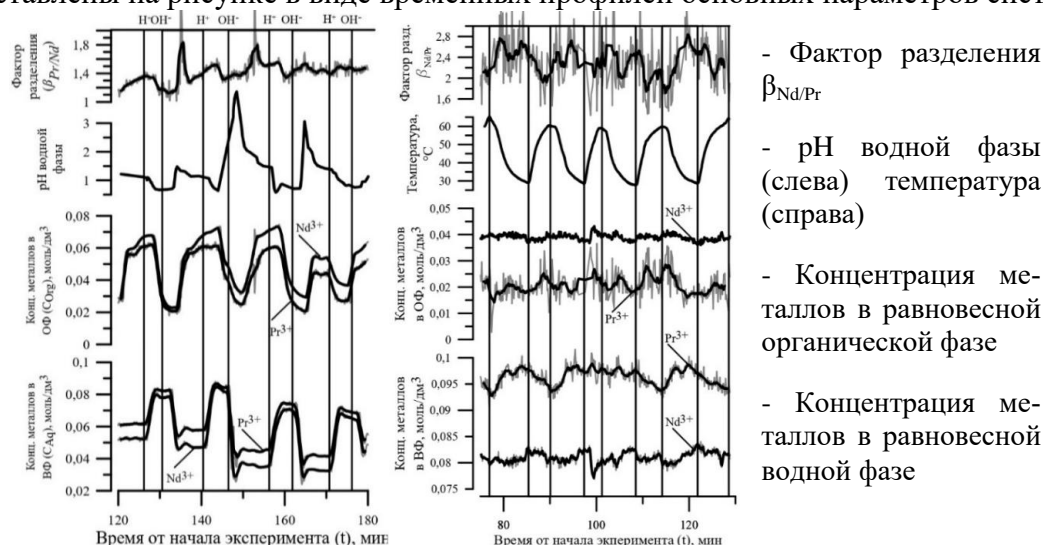


Рисунок 1 – Влияние циклического изменения параметров в реакторе на равновесную экстракционную систему: pH (слева) и температуры (справа)

В эксперименте с циклическим изменением температуры в экстракторе зарегистрировано увеличение  $\beta_{Nd/Pr}$  до 2,6. В качестве варианта организации нестационарного экстракционного процесса предложен режим «параметрического перекачивания», при котором извлечение в экстракт Nd на 40% больше, чем при насыщении экстрагента в стационарном режиме.

**Научный руководитель:** к.х.н, доцент М.А. Афонин

РАЗРАБОТКА И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ  
ПЕРЕРАБОТКИ ВЫСОКОМЕДИСТОЙ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЫ

ZALESOV M.V., NIKITINA T.YU.  
St. Petersburg Mining University

RESEARCH WORK AND IMPROVEMENT OF EFFICIENCY OF PROCESSING  
METHODS OF HIGH-COPPER GOLD-CONTAINING ORE

Количество богатых золотосодержащих руд истощается, в переработку все чаще вовлекается сырье сложного состава, для которого традиционные методы извлечения Au являются малоэффективными. Спрос на драгоценные металлы постоянно растет, поэтому поиск решений, обеспечивающих высокое извлечение Au из руд сложного состава, становится важной задачей науки и производства.

Цель работы: поиск рационального способа переработки высокомедистой золотосодержащей руды, обеспечивающего высокое извлечение Au в сплав Доре при минимальных экономических затратах.

Методика проведения эксперимента. В рамках лабораторных и укрупненно-лабораторных исследований были рассмотрены способы: цианидного выщелачивания, аммиачно-цианидного (АЦ) выщелачивания флотационного концентрата при атмосферных условиях и в автоклаве, методы предварительной обработки концентрата с последующим цианированием.

В результате данной работы определены показатели применения различных гидрореметаллургических методов переработки флотационного концентрата (Таблица 1).

Таблица 1 - Параметры и результаты проведенных экспериментов

№	Параметры опыта*	Результаты цианирования				Примечание
	$C_{NaCN}$ , г/л	$\tau$ , ч	$\epsilon_{Au}$ в р-р, %	$\epsilon_{Cu}$ в р-р, %	Расход NaCN, кг/т	
<b>Цианирование в атмосферных условиях</b>						
1	0,75	24	95,00	10,61	5,25	Базовый эксперимент
2	0,5		95,38	3,98 **	2,4	АЦ выщелачивание (pH=12)***
3	0,75		97,05	15,51 **	5,6	АЦ***
<b>Предварительная обработка и последующее цианирование</b>						
4	0,75	24	97,04	9,69	4,80	Обработки $NH_4OH$
5	0,75		83,82	13,63	6,6	Обработки $H_2SO_4$
6	0,75		93,42	9,19	4,96	Обработка $(NH_4)_2CO_3 + NH_4OH$
7	0,75		93,65	9,96	5,38	Обработка $(NH_4)_2SO_4 + NH_4OH$
8	0,75		94,63	6,1	3,58	Обработка $(NH_4)_2SO_4$ в автоклаве
<b>Цианирование под давлением 6 бар</b>						
9	0,75	8	97,16	6,99	3,8	Прямое цианирование
10	0,75		92,57	12,42 **	4,9	АЦ выщелачивание***

\* – неизменяемые параметры цианирования:  $m$ (навески)=250 г, Ж:Т=4,  $t = 25^\circ C$ , pH=10,6-11,2.  
\*\* – часть меди находится в аммиачном комплексе  $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ . \*\*\* – расход  $NH_4OH$  (25%) – 12,6 кг/т.

Все представленные в таблице опыты позволяют, снизить расход цианида натрия. Помимо уменьшения расхода цианида опыты под давлением протекают в 3 раза



быстрее по сравнению с атмосферными условиями, что позволит в 3 раза сократить объем аппаратов. Опыты с предварительным выведением меди из процесса позволяют не только сокращать затраты на реагенты, но и вывести из процесса медь для последующего получения дополнительного пром. продукта.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.Я. Бодуэн, д.т.н., профессор Г.В. Петров

**КАЛМЫКОВА Т.Д.**  
Санкт-Петербургский горный университет

### **КИНЕТИЧЕСКИЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО СЫРЬЯ**

**KALMYKOVA T.D.**  
St. Petersburg Mining University

### **KINETIC AND THERMODYNAMIC ASPECTS OF FLOTATION ENRICHMENT OF POLYMETALLIC RAW MATERIALS**

С течением времени качество перерабатываемых руд и содержание в них металлов непрерывно снижается. За последние 20 лет содержание цветных металлов в рудах уменьшилось в 1,3–1,5 раза, доля труднообогатимых руд возросла до 40 % от общей массы сырья, поступающего на обогащение.

По результатам различных исследований, получили развитие термодинамический и кинетический виды анализа прилипания минеральных частиц к пузырьку воздуха. При термодинамическом анализе изучаются условия устойчивого существования флотационного комплекса. Кинетический вид анализа направлен на изучение скорости и механизма отдельных этапов процесса взаимодействия пузырька и частицы.

Применение различных флотационных реагентов позволяет изменять значение свободной удельной поверхностной энергии минералов в необходимую сторону, что создает условия для избирательного закрепления пузырьков воздуха на их поверхности. Для интенсификации обогатительных процессов при переработке руд с низким содержанием полезного компонента и тесным взаимопрорастанием минералов с целью полного раскрытия сростков предлагается использовать различные механические, физико-химические или энергетические воздействия.

Проведение количественных термодинамических расчетов при изучении физико-химических процессов флотации целесообразно с целью прогнозирования возможного действия флотационных реагентов на поверхность флотируемых минералов.

В данной работе проведен поиск кинетической зависимости флотационного обогащения полиметаллического сырья, а также исследование влияния предварительной механоактивации на процесс флотации. Для этого были проведены опыты флотационного обогащения полиметаллического сырья с последующим рентгенофлуоресцентным анализом концентратов на спектрометре EDX-8000.

Чтобы определить вид кинетической модели флотационного обогащения, были определены константы наиболее часто используемых моделей (модель Белоглазова, Климпел, Келсалл и т.д.) и использован интегральный метод. По результатам прове-

денного исследования было выявлено, что полученная в ходе опытов кинетическая зависимость соответствует модели Белоглазова (сходимость 0,99).

Кроме этого, было выявлено влияние реагентов-активаторов на процесс дальнейшего обогащения. Применение бихромата калия на стадии измельчения показало наилучшие технологические показатели флотации халькопирита и сфалерита с одновременным ухудшением данных показателей для пирита по сравнению с едким натром. Это может быть использовано при селективном разделении данных минералов.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Т.Н. Александрова

**КАШУРИН Р.Р.**

Санкт-Петербургский горный университет

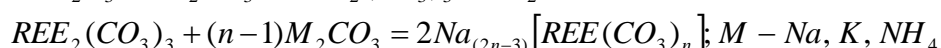
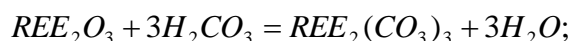
### **ВЛИЯНИЕ КАРБОНАТ-ИОНА НА РАСТВОРЕНИЕ КАРБОНАТОВ ЦЕРИЯ (III), ЕВРОПИЯ (III), ИТТЕРБИЯ (III) И ГОЛЬМИЯ (III)**

**KASHURIN R.R.**

St. Petersburg Mining University

### **IMPACT OF THE CARBONATE ION ON THE DISSOLUTION OF CERIUM (III), EUROPIUM (III), YTTERBIUM (III) AND HOLMIUM (III) CARBONATES**

Редкоземельные металлы — стратегически важный сырьевой ресурс в экономике в XXI веке. Потенциал применения редких земель огромен и зависит от уровня технологий и техники. Высокая стоимость РЗМ-содержащих рыночных продуктов и их уникальные технико-эксплуатационные свойства обуславливают растущий интерес к рынку редких земель. Существует возможность получения редкоземельных металлов из двух основных источников: традиционных и техногенных. В настоящее время активно развивается направление получения редкоземельных металлов из техногенного сырья: красные шламы, фосфогипс, кеки, шлаки и угольные отходы. Задачами исследования является определение физико-химических закономерностей извлечения РЗМ из красного шлама (КШ). Существуют данные по существованию в красных шламах значительного количества лантана, церия, празеодима, неодима и других редких земель с суммарным содержанием 506–2500 г/т, включая 90–110 г/т Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Данные РФА указывают на нахождение РЗМ в виде оксидов, высокое содержание щелочи в КШ способствует образованию также гидроксидов редких земель. Для перевода оксидов РЗМ в водорастворимые карбонатные комплексы требуется получение карбонатов РЗМ по реакциям:



В работе получены изотермы растворения карбонатов церия, европия, иттербия и гольмия, представленные на рисунке 1.

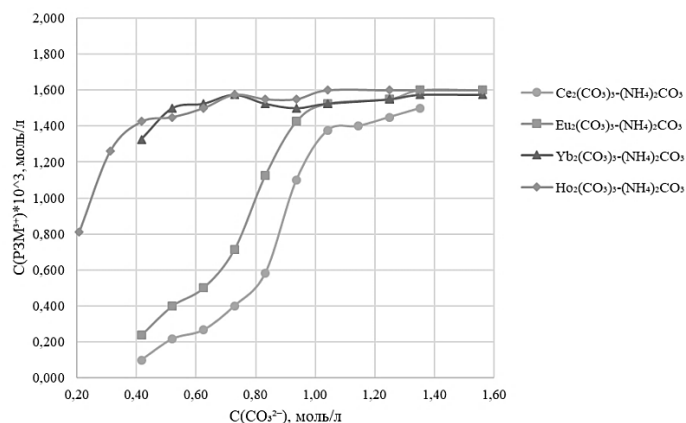


Рисунок 1 - Изотермы растворения лантаноидов в карбонатных средах

Выявлена концентрация  $\text{CO}_3^{2-}$ , равная 0,95 моль/л, выше которой наблюдается достижение значения растворимости карбонатов исследуемых РЗМ. Карбонаты РЗМ с большей атомной массой лучше растворяются при более низких концентрациях  $\text{CO}_3^{2-}$ .

**Научный руководитель:** д.т.н., проф. Т.Е. Литвинова

**КОБЫЛЕЦ У.Ю.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФАЗОВОГО СОСТАВА  
ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЕВОГО СЫРЬЯ И ЕГО ТЕМПЕРАТУРНЫХ  
МОДИФИКАЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -НОСИТЕЛЕЙ КАТАЛИЗАТОРОВ**

**KOBYLET.S. U.YU.**

St. Petersburg Mining University

**IDENTIFICATION OF PHASE COMPOSITION HYDROXIDE ALUMINUM RAW  
MATERIAL AND ITS TEMPERATURE MODIFICATIONS IN THE PRODUCTION  
OF  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -CATALYSTS**

Для создания эффективных катализаторов для различных процессов переработки нефтепродуктов (гидрирование, крекинга, изомеризации гидрообессеривания и т.п.) требуется  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – носители с различными фазовыми составами ( $\gamma$ -,  $\delta$ -,  $\eta$ -,  $\chi$ -) и текстурными свойствами, которые формируются в зависимости от генезиса исходного гидроксида алюминия, используемого для приготовления носителя и конечной температуры обработки носителя, обычно в пределах 500-800 °С.

Фазовые составы чистых гидроксидов алюминия и маршруты их полиморфных превращений при воздействии до 1200 оС фундаментально изучены. Однако промышленные виды ГОА-сырья, как правило, имеют смешанный фазовый состав, определение которого, а, соответственно, и выбор сырья для производства носителя вызывает трудности. Они усугубляются тем, что за годы перестройки изменилась не только география промышленного производства привычного качества ГОА-сырья (одни исчезли, другие возникали как новые, появилась импортная продукция), но и технологии его производства, что приводит к смещению качества конечных продуктов-носителей.

С такой проблемой, в частности столкнулся Редкинский катализаторный завод, который для выпуска своей продукции (носителей достаточно широкой номенклатуры) исторически потреблял исключительно переосажденный гидрат оксида алюминия (ПГОА) нитратно-аммиачного осаждения, ныне оказавшегося за пределами РФ (Украина) и которому было предложено перейти на импортное (германское) сырье марки Pural SB1 фирмы SASOL, получаемое по золь-гель технологии из алюмоорганических соединений.

Целью работы являлось сравнительное исследование фазового состава двух видов ГОА-сырья и его влияния на технологические параметры получения носителей и их свойства.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Н.К. Кондрашева

**КОВАЛЕВА Д. А.**

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

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИТИЯ В ПЛАСТОВОЙ ВОДЕ С ПОМОЩЬЮ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ**

**KOVALEVA D.A.**

National University of Oil and Gas «Gubkin University»

### **DETERMINATION OF LITHIUM IN RESERVOIR WATER BY ATOMIC-ABSORPTION SPECTROMETRY**

Литий – самый легкий, наименее плотный, наименее электроотрицательный металл, занимающий 3 место в периодической таблице Менделеева. Единственное месторождение лития - Завитинское, находящееся на территории Российской Федерации, было закрыто вскоре после развала Советского Союза, в 1997 году. Металл экспортируют из Китая и Конго. 20% сырья, карбоната лития, идет на производство литий-ионных батарей, используемых в современном мире повсеместно, сульфид меди и лития являются одними из лучших полупроводников, литий в сплаве добавляет пластичности прочности, в ядерной энергетике литий применяется для захоронения плутониевых радиоактивных отходов, литий также применяется в медицине и этим списком сферы его применения не ограничиваются.

Спрос на литий и его соединения растет с каждым годом. Для любого государства было бы гораздо более выгодным производить литий самостоятельно, не импортируя его. Из пластовой воды газоконденсатных месторождений можно выделять многие ценные элементы, например, литий. Ряд газоконденсатных месторождений может содержать достаточное количество лития для выделения его в чистом виде. В мире из рассолов добывается до 60% общего объема соединений лития, это значит, что существуют методики добычи лития из рассола, создание новых методов извлечения лития не потребуется.

Для того чтобы определить, что на месторождении находится количество соединений лития, достаточное для экономически выгодного извлечения, необходимо создание методики определения лития в пластовой воде и газовом конденсате.

Присутствие лития в пластовой воде ряда месторождений в достаточном количестве для выделения в чистом виде может быть обнаружено пламенным методом

атомно-абсорбционной спектрометрии. В данном методе не происходит изначального концентрирования раствора, из-за чего раствор исследуемого вещества в чистом или разбавленном виде постепенно подается в прибор. Раствор распыляется, превращаясь в аэрозоль, десятая часть пробы подаётся на пламя для исследования, все остальное уходит в слив атомно-абсорбционного спектрометра. Далее измеряется величина атомного поглощения с помощью луча света с длиной волны 323.3 нм, проходящего через пламя, который, многократно преломляясь, попадает на фотоэлемент. В качестве селективного источника света используется лампа с полым катодом [1].

В ходе исследования была предложена методика определения лития в газовом конденсате и пластовой воде. Пламенный метод атомно-абсорбционной спектрометрии, который позволяет определять потенциальное содержание лития в конденсате и пластовой воде, с пределом обнаружения до 0,02 мг/л.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.М. Козлов

**КОМАРОВА К.В., ЕРЕМЕЕВА А.М.**  
Санкт-Петербургский горный университет

### **ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВА «ЗЕЛЁНЫЙ ДИЗЕЛЬ» В СМЕСИ С ПРОДУКТАМИ ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ**

**KOMAROVA K.V., EREMEEVA A.M.**  
St. Petersburg Mining University

### **STUDYING THE POSSIBILITY OF USING «GREEN DIESEL» FUEL MIXED WITH HYDROTREATMENT PRODUCTS OF DIESEL FRACTIONS**

Практически каждый год происходят ужесточения экологических требований к получаемым топливам. Возникает необходимость в разработке продукта, удовлетворяющего этим требованиям и не уступающим по эксплуатационным показателям.

Повышенная температура застывания у дизельных топлив может быть вызвана присутствием в их составе парафинов, именно они первыми начинают образовывать кристаллы при низких температурах. Для предотвращения их образования и дальнейшего роста, в топливо вводят депрессорно-диспергирующие присадки.

Данная работа направлена на улучшение таких показателей, как температура застывания, предельная температура фильтруемости, смазывающая способность и другие.

Особое внимание уделено низкотемпературным свойствам экологически чистых дизельных топлив, потому что на территории России встречаются крайне различные климатические обстановки, в некоторых из них температура окружающей среды может достигать до -50 °С.

В ходе работы было составлено 9 видов смесей экологически чистого дизельного топлива на основе дизельного топлива с установки гидрокрекинга и гидроочистки, а также биодобавки, полученной путем переэтерификации масел.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Н.К. Кондрашева

**КОНОПЛИН Р.Р.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА  
СОВРЕМЕННЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ**

**KONOPLIN R.**

St. Petersburg Mining University

**PUT INTO INDUSTRIAL PRODUCTION DIFFICULTIES OF NOVEL EFFECTIVE  
HYDRODESULFURIZATION-CATALYSTS IN RUSSIAN FEDERATION**

В настоящее время проводятся обширные исследования по оптимизации свойств носителя, химического и массового составов активной фазы и основных технологических параметров перевода предшественников в активные ансамбли - гексагены  $\text{MoS}_2$ , декорированные молекулами  $\text{CoS}_2$ , включая стадии осернения оксидных форм катализатора.

Для эффективного протекания каталитического процесса необходимо как развитие числа активных центров, диспергирование активных фаз, так и транспортный доступ органических молекул к ним. Реализация двух последних условий достигается использованием носителя, который позволяет снизить содержание активных компонентов до оптимального минимума за счёт тонкослойного распределения  $\text{Mo(W)-Ni(Co)}$  металлов и создания необходимой пористой структуры, при которой бы полностью отсутствовало или было сведено до минимума диффузионное торможение при движении реагентов к активным центрам катализатора.

На базе кафедры химических технологий и переработки энергоносителей Санкт-Петербургского горного университета разрабатываются оптимальные рецептуры носителя, при диаметре экструдата, равном 1,59 мм с усложненным профилем в виде трилистника, при которой наблюдается эффект повышения геометрической поверхности катализатора при минимальном снижении прочностных свойств. Предварительный анализ фазового состава исходного сырья позволил оптимизировать технологию формования мелкофракционного носителя. Это дает возможность наиболее эффективно подобрать пептизирующий агент, в зависимости от генезиса исходного гидроксида алюминия.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Н.К. Кондрашева

**КРАСУЛИН Н.А.**

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева

**СОХРАНЕНИЕ ПЕЧНОГО ФОНДА КОКСОВЫХ БАТАРЕЙ. ДАВЛЕНИЕ  
РАСПИРАНИЯ УГЛЕЙ И ШИХТ**

**KRASULIN N.A.**

Kuzbass State Technical University

**PRESERVATION OF THE FURNACE STOCK OF COKE BATTERIES. THE  
PRESSURE OF THE FULLNESS OF COALS AND CHARGES**

Коксовая батарея дорогостоящее сооружение, срок службы которого не превышает 20-25 лет. Основные дефекты возникают у стен камер коксования (трещины, сколы, изгибы). В процессе загрузки – тепловой удар влажной шихты, при выдаче кокса – трение абразивного материала о стены, при коксовании – давление распираания угольной шихты на кладку стен камер коксования.

Собрана лабораторная печь для определения давления распираания углей и шихт. Проведено исследование по выявлению углей сырьевой базы ПАО «Кокс», развивающих высокое давление распираания. Установлены зависимости давления распираания от влажности, плотности загрузки, Проведены испытания двухкомпонентных шихт для определения подчинения закону аддитивности давления распираания.

По итогам работы проведены испытания на давление распираания углей, входящих в сырьевую базу ПАО «Кокс», установлены угли развивающие значительное давление распираания. Помимо величины давления большое значение имеет время его достижения. Составлены графики зависимости давления распираания от качественных характеристик углей.

**Научный руководитель:** д.х.н., профессор Т.Г. Черкасова.

**КРАШЕВСКИЙ М.И.**

Норильский государственный индустриальный институт

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕДЕЛА СГУЩЕНИЯ ПУЛЬП НМЗ  
ИМ. Б.Н. КОЛЕСНИКОВА С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО ДУБЛЕРА  
ПРОЦЕССА**

**KRASHEVSKIY M.I.**

Norilsk State industrial Institute

**INVESTIGATION OF THE CONVERSION OF PULP THICKENING AT THE  
KOLESNIKOV NMZ IN ORDER TO CREATE A DIGITAL DUPLICATE OF THE  
PROCESS**

В работе приведены результаты исследований по изучению факторов, влияющих на процесс сгущения и плотность пульпы, легшие в основу построения математической модели.

Пульпы никелевых концентратов Талнахской и Норильской обогатительных фабрик и пульпа сульфидного концентрата ГМП сгущаются до заданной плотности в сгустителях участка подготовки концентратов цеха обезвоживания и складирования концентратов (ЦОиСК), смешиваются в заданной пропорции и транспортируются по трубопроводам в сушильный участок плавильного цеха №1. В связи с изменением состава концентрата обогатительной фабрики, изменением состава руды, а также вовлечения в производство техногенного сырья усложнился процесс сгущения. В настоящее время плотность сгущаемой пульпы не достигает требуемого значения, это приводит к увеличению твердой фазы в сливах сгустителей, а также затрудняет процесс сушки, подбор необходимых режимов сгущения в условиях действующего производства является весьма сложным, поэтому возникает необходимость автоматизации данного процесса, посредством создания имитационной модели, что для производства ЗФ ГМК «НН» является в высшей степени актуальным.

Для создания двойника процесса, необходимо определить факторы, влияющие на параметры и режимы сгущения.

В работе изучены влияние на плотность пульпы следующих факторов: химический состав, расход флокулянтов. Было установлено, что основным компонентом концентрата, влияющим на плотность пульпы, является диоксид кремния. С увеличением содержания  $\text{SiO}_2$  с 7-12% масс-плотность пульпы уменьшается с 1,94 до 1,67, то есть на 14%. В процессе обработки большого массива данных по сгущению с применением флокулянта Floram АН 912 SH установлено, что при расходе флокулянта 14-16 г/т достигается хорошая скорость сгущения 7,30-9,08 м/сут и плотность сгущенной пульпы составляет 2.16-2.12 т/м<sup>2</sup>. С увеличением расхода флокулянта до 30 г/т плотность сгущаемой пульпы уменьшается до 2,02 т/м<sup>2</sup> и скорость сгущения снижается до 3,84 м/сут.

Таким образом, полученные экспериментальные данные легли в основу интеллектуальной системы-помощника управления процессом сгущения, основанной на нейронной сети обратного распространения ошибки.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.И. Юрьев

**КУДИНОВА А.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ НА ПРОЦЕСС ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВАНАДИЯ ИЗ НЕФТЯНОГО КОКСА**

**KUDINOVA A.A.**

St. Petersburg Mining University

## **INFLUENCE OF LEACHING PARAMETERS ON THE VANADIUM EXTRACTION PROCESS FROM OIL COKE**

В связи с истощением запасов легкой нефти встал вопрос о переработке тяжелых металлоносных нефтей, однако содержащиеся в них металлы отрицательно влияют на качество получаемой в процессе переработки нефти продукции. Вместе с тем содержащиеся в нефтях микроэлементы являются ценными попутными компонентами, из которых ванадий является важным стратегическим металлом, ввиду его использования



в качестве легирующей добавки к высокопрочной стали, катодов для литий-ионных батарей, катализаторов в химической промышленности.

До 95 % всего ванадия в нефти концентрируется в нефтяном коксе в процессе коксования, что делает его подходящим сырьем для получения ванадия.

Целью данной работы было изучение влияния выщелачивающего агента, времени и соотношения твердой и жидкой фаз на процесс выщелачивания ванадия из нефтяного кокса.

Эксперименты по выщелачиванию проводились в металлических реакторах из нержавеющей стали, высотой 60 мм и диаметром 40×30 мм. В реактор помещали 1 г нефтяного кокса и по соотношению (1:2, 1:3 или 1:4) необходимое количество выщелачивающего агента – NaOH 12% или H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10%. Затем реактор помещали в сушильный шкаф и выдерживали при температуре 100°C в течение 0,5, 1,5 или 2,5 часов.

Для определения степени извлечения ванадия проводили фотометрический анализ растворов после выщелачивания. В стакан вместимостью 100 мл помещали 40 мл раствора после выщелачивания, 2 мл разбавленной серной кислоты 1:1, 5 мл разбавленной ортофосфорной кислоты и 2,5 мл раствора вольфрамвокислого натрия. Полученный раствор нагревали до 40 – 70 °C и охлаждали до комнатной температуры. Затем раствор количественно переносили в мерную колбу вместимостью 50 мл и доводили до метки дистиллированной водой. Раствор отстаивали 60 мин. Было показано, что выход ванадия выше, при использовании в качестве выщелачивающего агента серной кислоты. Выход ванадия также увеличивается с увеличением соотношения твердой и жидкой фаз и продолжительности процесса. Наибольший выход 80% наблюдается при проведении процесса в присутствии серной кислоты в течение 1,5 часов с соотношением фаз 1:4.

Состав твердого остатка после выщелачивания был изучен методом рентгенофлуоресцентного анализа, термогравиметрией и дифференциальной сканирующей калориметрией. Было показано, что содержание серы выше в образцах после выщелачивания серной кислотой, а содержание алюминия и кальция выше в образцах, полученных с использованием гидроксида натрия, что говорит о большей селективности щелочи для извлечения ванадия по сравнению с кислотой.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Н.К. Кондрашева

**КУРНИКОВА А.А.**

Ивановский государственный химико-технологический университет

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ОКСИДА ЦИНКА**

**KURNIKOVA A.A.**

Ivanovo State University of Chemical Technology

## **RESEARCH AND DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR PRODUCING HIGH-DISPERSED ZINC OXIDE**

Оксид цинка находит широкое применение в химической, электронной, медицинской, фармацевтической и других областях промышленности. Высокодисперсный оксид цинка наиболее широко используется в производстве катализаторов и сорбентов.

Изучен процесс растворения порошка металлического цинка в различных средах. Методом рентгенофазового анализа установлено, что в процессе механохимического окисления металлического цинка в водной среде происходит постепенное исчезновение рефлексов фазы металлического цинка и образование рефлексов, характерных для оксида цинка. Степень окисления металлического цинка в воде после 60 минут обработки в вибротельнице VM-4 составляет 60%. Показано, что окисление металлического цинка в воде протекает с получением гидроксида цинка, который в условиях интенсивных механических воздействий разлагается до оксида цинка с образованием  $ZnO$ , а также взаимодействует с  $CO_2$  с образованием  $ZnCO_3$ . При использовании в качестве дисперсионной среды 20%-ного водного раствора бикарбоната аммония степень растворения цинка резко увеличивается и достигает 95% после 60 минут обработки. Взаимодействие окисленной поверхности металлического цинка с аммиачно-карбонатным раствором протекает с образованием аммиачного комплекса  $Zn(NH_3)CO_3$ . В процессе термической обработки в растворе происходит удаление аммиака когда мольное отношение  $CO_2/Zn^{2+}$  менее 0,5 в осадке обнаруживается оксид, гидроксид цинка и гидроцинкит  $Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$ . При относительном содержании  $CO_2/Zn^{2+}=0,5\div 1$  при разрушении аммиачно-карбонатного комплекса наблюдается преимущественное образование гидроцинкита. Путем термического разложения оксалат цинка также может быть получен высокодисперсный оксид цинка. В работе был исследован процесс растворения порошка металлического цинка в щавелевой кислоте. Установлено, что степень растворения металлического цинка 95-97% может быть достигнута в условиях ультразвуковой обработки частотой 22 кГц и интенсивностью 3-4 Вт/см<sup>3</sup> за 30 минут при массовом соотношении  $Zn:H_2C_2O_4=1:2$ . Показано, что при растворении образуется дигидрат оксалата цинка:  $ZnC_2O_4 \cdot 2H_2O$ . Термолиз гидроцинкита и дигидрата оксалата цинка дает возможность получения высокодисперсного оксида цинка имеющего площадь поверхности 40-45 м<sup>2</sup>/г. При этом величина площади поверхности получаемых оксидов цинка зависит от состава дисперсионной среды, соотношений  $Zn:H_2C_2O_4$ ;  $Zn: NH_4HCO_3$  и величины подведенной энергии на различных стадиях приготовления.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.П. Ильин

**КУТЛИЗАМАЕВ Р.Р., ИВАНОВА И.И., ТРИФОНОВА И.Н.**

Казанский национальный исследовательский технологический университет

## **СОЛЕВОЙ МЕТОД ПОДГОТОВКИ НЕФТЕШЛАМОВ К ПЕРЕРАБОТКЕ**

**KUTLIZAMAIEV R.R., IVANOVA I.A., TRIFONOVA I.N.**

Kazan National Research Technological University

## **SALT METHOD OF PREPARING OIL SLUDGES FOR PROCESSING**

В настоящее время Россия входит в список стран лидеров по добыче и переработке нефти, также известно, что в результате этой деятельности накапливается большое количество нефтешламов.

На сегодняшний день основными источниками нефтяных шламов являются добывающие, транспортные и перерабатывающие предприятия, а применяемые методы утилизации и предотвращения его образования недостаточно технологичны и экономически неэффективны. Стоит задача по их совершенствованию и разработке новых, вви-

ду того, что тенденция с каждым годом ведет к увеличению глубины переработки, а ужесточение экологических требований делает проблему актуальной.

Целью научных исследований является разработка метода подготовки нефтешламов резервуарного типа к последующей переработке совместно с подготовленной нефтью. Задачей исследования является изучение воздействия ионов солей различной ионной силы на устойчивость нефтяных шламов, а также их физическая стабилизация за счет введения стабилизаторов, предотвращающих повторное выпадение нефтешламов из нефти в сырьевых резервуарах.

Объектом исследования являются нефтешламы сырьевого парка АО «ТАНЕКО».

В ходе работы исследованы физико-химические свойства нефтешламов, и их групповой состав. Определен процент отстоявшейся воды и механических примесей в верхнем и нижнем слое нефтешлама после отстаивания в стационарных условиях в течение 3 месяцев, а также плотность воды, содержащейся в нефтешламе. Изучено влияние различных концентраций солей в растворе и соотношения раствора соли к нефтешламу на содержание остаточной воды после разделения.

Проделанная работа позволяет добиться снижения образования нефтешламов и увеличения глубины переработки при небольших экономических и энергетических затратах.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.В. Шарифуллин

**ЛЕТЯГИН Н.В.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## **НОВЫЕ АЛЮМИНИЕВО-КАЛЬЦИЕВЫЕ СПЛАВЫ, ВЫПЛАВЛЯЕМЫЕ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ**

**LETYAGIN N.V.**

National University of Science and Technology "MISiS"

## **NEW ALUMINUM-CALCIUM ALLOYS BASED ON THE SECONDARY RAW MATERIALS**

Работа посвящена созданию перспективных алюминиевых сплавов на основе системы Al-Ca (Mn, Cu, Fe, Si, PЗМ). Рассмотрены принципы легирования, оценена структура сплавов, литейные свойства, механические свойства после различных режимов термической обработки.

Согласно последним разработкам сплавы на основе алюминиево-кальциевой эвтектики позволяют добиться уникального комплекса таких трудно сочетаемых свойств, как прочность, технологичность (как при литье, так и при обработке давлением), коррозионная стойкость, термостойкость. Стоит отметить и стоимостные характеристики, которые обеспечивает кальций, не только за счет рыночной стоимости, но и благодаря низкому процентному содержанию компонента для формирования высокой доли эвтектических фаз.

Наиболее перспективными для создания новых литейных алюминиевых сплавов являются системы Al-Ca (Mn, Cu, Fe, Si, Ce), где кальций, медь, PЗМ обеспечивают высокую долю дисперсной эвтектики (субмикронных размеров) по сравнению с традици-

онными сплавами (рис. 1), что характеризует технологичность и прочность. В тоже время, кальций способен образовывать фазы с железом и кремнием, что говорит о возможности разработки группы алюминиевых сплавов, которые могут быть синтезированы в том числе на основе вторичного сырья, например, баночного лома. Добавка марганца способствует твердорастворному упрочнению.

Преимуществом таких сплавов является более низкая стоимость благодаря относительно высоким допускам по содержанию примесей, исключение при производстве дорогостоящих операции модифицирования в процессе плавки и литья, а также закалки на стадии термической обработки.

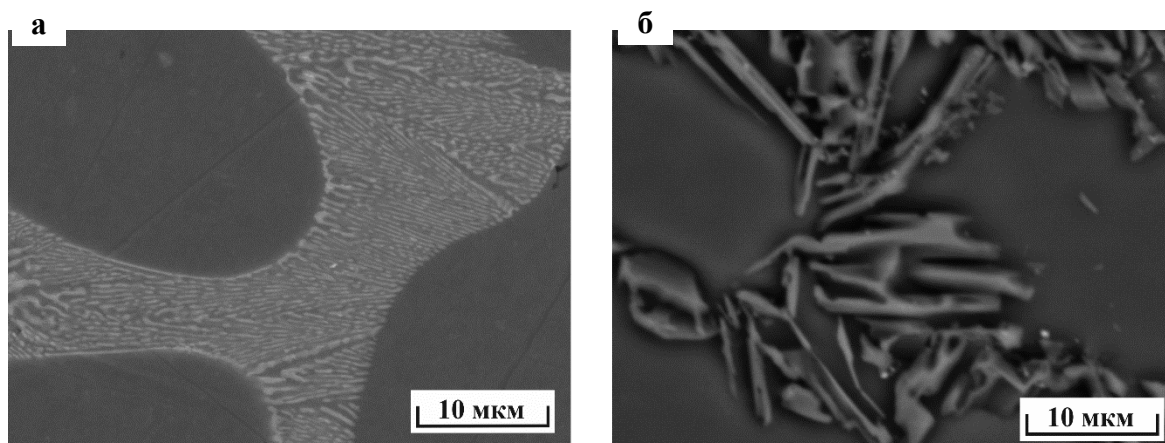


Рисунок 1 - Микроструктура сплава  $Al_3CaFeSi$  (а) и  $Al-7Si$  (б) в литом состоянии СЭМ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-33-90031.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Н.А. Белов

**ЛИТИН И.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТОВ ПОЛУКОКСОВАНИЯ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ И БУРЫХ УГЛЕЙ**

**LITIN I.V.**

St. Petersburg Mining University

## **CHARACTERISTICS OF SEMI-COKING PRODUCTS OF OIL SHALE AND BROWN COAL**

В последнее время наблюдается рост мирового интереса к переработке низкосортных видов твердых горючих ископаемых: бурых углей и горючих сланцев. В ближайшей перспективе прогнозируется увеличение роли твердых горючих ископаемых в топливно-энергетическом балансе страны, что в первую очередь связано с их крупными запасами.

В данной работе была поставлена следующая цель: проведение анализа процесса полукоксования горючих сланцев и бурых углей на лабораторной установке с закрытой системой очистки полученных газов. Сравнительный анализ свойств (плотность, золь-

ность, выход летучих веществ, влажность, пористость), а также проведение термогравиметрического анализа полученных сланцевого и буроугольного полукоксов.

Для определения физико-химических параметров материалов использовались следующие методики: ГОСТ 11022-95, ГОСТ Р 55660-2013, ГОСТ 10220-82, анализ состава выполнен на рентгеновском дифрактометре ДРОН-6 и рентгенофлуоресцентном спектрометре Epsilon3 PANalitical; термогравиметрический анализ проводился в комплексной калориметрической лаборатории SETARAM Instrumentation.

Получены образцы полукокса из горючих сланцев следующих характеристик:

1. сланцевый полукокк: температура (450÷470) °С, время выдержки (3, 5, 8 часов): влажность (1,15÷0,78) %, выход летучих веществ (41,50÷37,05) %, зольность (57,56÷46,30) %, плотность действительная (1,71÷1,98) г/см<sup>3</sup>, плотность кажущаяся (1,39÷1,53) г/см<sup>3</sup>, пористость (18,50÷22,91) %.

2. буроугольный полукокк: температура (450÷470) °С, время выдержки (3, 5, 8 часов): влажность (1,78÷1,21) %, выход летучих веществ (46,37÷29,80) %, зольность (8,90÷8,34) %, плотность действительная (1,70÷1,66) г/см<sup>3</sup>, плотность кажущаяся (1,38÷1,29) г/см<sup>3</sup>, пористость (18,56÷22,05) %.

Учитывая то, что в настоящее время снижается качество угля, который используется для получения кокса, то в дальнейшем можно будет заменить угольный кокс на полукокк из бурых углей и горючих сланцев для использования его в различных отраслях промышленности.

**Научный руководитель:** к.т.н., ассистент М.Ю. Назаренко

**ЛИЧИДОВА Р.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ СЦЕПЛЕНИЕ С БИТУМОМ**

**LICHIDOVA R.A.**

St. Petersburg Mining University

## **A RESEARCH ON INFLUENCING PROCESS CONDITIONS ON THE ADHESION BETWEEN MINERAL SUBSTRATES AND BITUMEN**

В данной работе проводилось исследование по количественной оценке адгезии битума с минеральными материалами в зависимости от температуры термостатирования и количества нанесенного битума на поверхность минералов по специальной методике.

Суть методики заключается в определении способности вязкого битума, предварительно нанесенного на поверхность материала, противостоять отслаивающему действию воды и подсчитывается в процентах площади, оставшейся покрытой битумом после испытания, с помощью с помощью программ Adobe Photoshop и Sorbfil.

В качестве объектов исследования использовались образцы мрамора, гранита, габбро и стекла, на которые наносили БНД-50/70 в количестве 0,003 г на 1 см<sup>2</sup> поверхности пластин. Испытания проводились при различных температурах термостатирования в диапазоне 90-150°С.

В результате работы установлен ряд закономерностей. При увеличении температуры термостатирования сцепление битума с минеральными материалами увеличивается, но значение адгезии стекла с битумом практически не изменяется. Количество битума при температуре термостатирования 150°C в небольшой степени влияет на результаты оценки сцепления.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Е.В. Саламатова

**ЛУКЪЯНЦЕВА Е.С.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ПОВЫШЕНИЕ ГЛУБИНЫ ПЕРЕРАБОТКИ АПАТИТА ЗА СЧЁТ  
ЭКСТРАКЦИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**LUKYANTSEVA E.S.**

St. Petersburg Mining University

**INCREASING OF PROCESSING DEPTH OF APATITE THROUGH THE  
EXTRACTION OF RARE-EARTH ELEMENTS**

Редкоземельные элементы, или РЗЭ, — стратегически необходимое сырьё как для России, так и для мира в целом. В нашей стране главным устойчивым источником РЗЭ являются апатитовые руды, при разложении 1 тонны которых образуется около 1 м<sup>3</sup> экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК). При выщелачивании в фосфорнокислый раствор переходит до 15-20% РЗЭ от их исходного содержания в апатитах, в числе которых наиболее ценные элементы тяжелой группы: иттербий, иттрий, диспрозий и эрбий. Внедрение попутного извлечения РЗЭ в процессе получения фосфорных удобрений позволит увеличить глубину переработки минерального сырья.

Эффективное концентрирование и попутное разделение РЗЭ обеспечивает экстракционный способ. В работе выявлен состав экстрагента на основе ди-2-этилгексилфосфорной кислоты (Д2ЭГФК), позволяющий селективно извлекать РЗЭ из растворов с низким значением рН. Выявлено, что степень извлечения РЗЭ при увеличении объёма водной фазы резко снижается вследствие значительного уменьшения значений коэффициентов распределения металлов в органическую фазу. В совместном присутствии экстракционные показатели элементов уменьшаются, что объясняется их конкурирующим влиянием. Полученные средние коэффициенты разделения смежных пар элементов принимают следующие значения: Yb/Y=8, Y/Er=4, Er/Dy=4.

Установлено, что увеличение ступеней экстракции приводит к повышению содержания иттербия в органической фазе, концентрирование которого достигается за счёт вытеснения иттрия, несмотря на его высокое содержание в исходном растворе. Коэффициент разделения Yb/Y после пяти ступеней возрастает до 36. Степень извлечения диспрозия в этих условиях стремится к нулю, поэтому его выделять целесообразнее при более высоких концентрациях Д2ЭГФК в растворителе. Максимальное концентрирование органической фазы по иттербию, на несколько порядков превышающее его исходное содержание в растворах ЭФК, ограничивается ёмкостью экстрагента и принимает значение 0,045М.

Установлено оптимальное соотношение фаз для извлечения иттербия и иттрия, составляющее:  $V_{aq}/V_{org} = 10$ . Использование Д2ЭГФК различной концентрации обес-

печивает селективное извлечение элементов: максимальная степень извлечения иттербия достигается использованием Д2ЭГФК с молярной долей 0,3, иттрия — 0,7.

Для диспрозия характерны низкие показатели экстракции: достижение степени извлечения более 90% возможно при увеличении объема органической фазы до соотношения  $V_{aq}/V_{org} = 2$  и проведения 3-х ступеней экстракции.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №19-19-00377).

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор О.В. Черемисина

**МАЛОФЕЕВ Е.А.**  
ПАО «ОДК-Сатурн» Рыбинск

### **ДЕЗИНТЕГРАТОР ГОРНЫХ ПОРОД**

**MALOFEEV E.A.**  
PAO «ODK-Saturn» Rybinsk

### **DISINTEGRATOR OF MOUNTAIN BREEDS**

Дезинтеграция – это процесс механического измельчения твердых веществ может быть представлен дроблением или размолом. При дроблении или размоле кусков твердых материалов затрачивается много механической энергии, поэтому следует максимально правильно выбрать способ измельчения.

Предложен метод дезинтеграции горных пород с применением сильно закрученных высокоскоростных потоков воды обладающих высоким давлением, которые формируют дискообразный водяной нож. Разработана установка по применению данного метода. Установка в свою очередь позволяет сократить время переработки отвала из крупной до мелкой фракции, за счет центробежной силы струи, вытекающей из быстро вращающегося (до 50000 об/мин) ротора. Размол до мелкой фракции выполняется за одну стадию переработки, на что неспособны традиционные механические дробилки (щечковые, валковые и центробежные), которым на это потребуется несколько стадий переработки.

Дезинтегратор может быть спроектирован для измельчения горных пород, как напрямую из отвала карьера, так и после стадий грубой переработки размерами фракции не более 30 мм. При этом диаметр ротора всего лишь 300 мм. Производительность дезинтегратора за счет нового способа переработки может быть увеличена в 1,5-3 по сравнению с традиционными дробилками и их аналогами. Это очень хорошо будет заметно по потребляемой электроэнергии на выработку 1 тонны породы, а также повышенная износостойкость, а вследствие и ресурс данной установки.

Установка позволяет получить из 1 тонны отходов горнодобывающих комбинатов до 3 грамм золота и нескольких грамм редкоземельных металлов. Порода дробится менее 10мкр из которой в дальнейшем традиционным методом извлекаются полезные металлы.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент И.Н. Новиков

**НАБИУЛЛИНА Э.Р.**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

## **СПОСОБЫ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ И ОБЕССОЛИВАНИЯ НЕФТИ**

**NABIULLINAE.R.**

Ufa State Oil Technical University

## **METHODS FOR DEWATERING AND DESALTING OIL**

Извлекаемая из нефтяных скважин жидкость представляет сложную смесь, которая состоит из нефти, попутного нефтяного газа, воды и механических примесей. Наличие воды в нефти увеличивает объем жидкости, ее вязкость и затраты на электроэнергию, необходимую для перекачки нефти. При переработке нефти, которая содержит воду с растворенными в ней солями, понижается эффективность фракционирующих установок, конденсаторов, требуются большие затраты топлива на нагрев сырья, происходит отложение солей, вызывающих коррозионный износ труб и применяемого оборудования.

Вода с растворенными в ней солями, диспергируя в нефтяной среде на мельчайшие капли, образует стойкую эмульсию. Следовательно, для обезвоживания и обессоливания нефти необходимо отделить от нее эти мельчайшие капли воды и удалить воду из нефти. Для обезвоживания и обессоливания нефти используют различные способы.

Более эффективен горячий отстой обводненной нефти, когда за счет предварительного нагрева нефти до температуры 50–70°C значительно облегчаются процессы коагуляции капель воды и ускоряется обезвоживание нефти при отстое.

Распространенный метод разрушения эмульсии – обезвоживание нефти с применением деэмульгаторов. Действие, которого основано в ослаблении защитных слоев и разрушении бронирующего слоя, окружающего капли воды, увеличении размеров капель дисперсной фазы и последующего отстоя воды. Выбор наиболее эффективных деэмульгаторов производится авторами на основании лабораторных исследований с учетом свойств сырья и уточняется при опытно-промышленных испытаниях на действующей установке.

Устойчивость эмульсий уменьшается в ультразвуковом поле. Капли воды коалесцируют в поле высокочастотных колебаний. При воздействии ультразвуковых колебаний с частотой до 30 кГц время отстаивания эмульсионной воды уменьшается в 6–8 раз.

Электрообработка эмульсий заключается в пропускании нефти через электрическое поле. В результате диспергированные капли воды поляризуются, деформируются (вытягиваются) с разрушением защитных пленок.

Наиболее перспективным способом обессоливания является применение вихревых устройств, работа которых основана на турбулизации смеси: достигается содержание солей на выходе из электродегидратора второй ступени менее 50 мг/л при значении содержания солей в исходной нефти 350–2000 мг/л, расход воды составил 5–7 % на нефть. Кроме этого, за счет использования центробежной силы удается достичь снижения остаточного содержания воды в товарной нефти с 0,20–0,35% до 0,09–0,15%.

**Научный руководитель: к.т.н. Р.Ф. Ахметов**



**НОСОВА А.А.**

Казанский национальный исследовательский технологический университет

## **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ NiAl НАНОКОМПОЗИТОВ КАК НОСИТЕЛЕЙ КАТАЛИЗАТОРОВ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДОВ**

**NOSOVA A. A.**

Kazan National Research Technological University

## **SYNTHESIS AND RESEARCH OF NiAl NANOCOMPOSITES AS CARRIERS OF HYDROCARBON PROCESSING CATALYSTS**

В настоящее время ведущие лицензиары совершенствуют технологии по разработке каталитических систем переработки углеводородов, посредством синтеза новых носителей и оптимизации химического состава и текстурных характеристик. Известны подходы, позволяющие решать ряд проблем, связанных с получением модифицированных слоистых соединений и добиться получения каталитических систем с заданными свойствами. Одним из перспективных направлений получения NiAl нанокomпозитов нового состава и строения является использование сверхкритического водного флюида.

В данной работе представлен синтез и исследование влияния сверхкритического водного флюида на состав и структуру NiAl нанокomпозитов, представляющих собой смешанные слоистые двойные оксиды, а также оценка их каталитической активности в реакциях крекинга углеводородов.

Слоистые двойные оксиды были получены методом соосаждения из солей их нитратов. Для синтеза слоистых двойных гидроксидов были использованы растворы нитратов Ni (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> и Al (NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> при соотношении катионов металлов M<sup>2+</sup>/M<sup>3+</sup> равном 0,33, их доводили до одинакового объема с раствором щелочи и приливали совместно с раствором 2M NaOH, далее получали слоистые двойные оксиды прокаливанием.

Ni-Al слоистый двойной гидроксид обрабатывали в сверхкритической воде в реакторе автоклавного типа при температуре 400 °С, давлении 24,4 МПа и расходе сырья 0,5 мл/мин, при соотношении сырья к катализатору равном 23.

Полученные носители катализаторов на основе слоистого двойного гидроксида по данным рентгенодифракционного анализа соответствуют структуре гидроталькита – природного слоистого двойного гидроксида. Размер кристаллитов полученного соединения составил 7 нм. Замещение Ni<sup>2+</sup> на Al<sup>3+</sup> в позициях никеля составляет 16%. Размер кристаллитов полученных оксидных фаз составляет величину 4 нм.

Лабораторная каталитическая установка для исследования процессов превращения углеводородов оснащена реакторным блоком, трубчатым реактором с возможностью размещения в нем стационарного гранулированного катализатора. Рабочее давление до 10 МПа при рабочей температуре 500°С. В продуктах после превращений n-алканов наблюдается увеличение содержания соединений низкокипящих алканов и образуются соединения изо-строения.

**Научный руководитель:** к.т.н. С.М. Петров

**ПОПОВ Д.С.**

Ивановский государственный химико-технологический университет

**ПРИЧИНЫ ДЕЗАКТИВАЦИИ И РЕГЕНЕРАЦИЯ ЖЕЛЕЗО-ХРОМОВЫХ  
КАТАЛИЗАТОРОВ КОНВЕРСИИ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА**

**POPOV D.S.**

Ivanovo State University of Chemistry and Technology

**THE REASONS FOR DEACTIVATION AND REGENERATION OF  
IRON-CHROMIUM CATALYSTS OF CARBON MONOXIDE CONVERSION**

Процессы углеводородной индустрии в основном каталитические и, соответственно, применение катализаторов в промышленных процессах постоянно расширяется. Любой промышленный катализатор должен обладать следующими свойствами: активность, селективность и стабильность. Снижению активности и селективности подвержены все катализаторы и данный процесс называется дезактивацией. Дезактивация катализаторов представляет собой проблему в химической индустрии, поскольку механизм данного процесса мало изучен и представляет особые сложности в понимании самого процесса. Также остро стоит вопрос по способам утилизации отработанных катализаторов, так как данный вид отходов запрещен к захоронению в грунт, а их хранение на территории производства приводит к ухудшению экологической обстановки.

Работа посвящена изучению причин дезактивации отработанного катализатора и способам его регенерации. В ходе выполнения научно-исследовательской работы были применены следующие методы исследований: рентгенофазовый анализ, сканирующая электронная микроскопия, метод низкотемпературной адсорбции-десорбции азота.

Рассматриваемый железо-хромовый катализатор после отработки имеет низкую удельную поверхность, равную 13,2 м<sup>2</sup>/г, обусловленную нарушением пористости вследствие спекания.

Для регенерации был предложен способ взаимодействия катализатора с щавелевой кислотой под акустическим воздействием. Регенерация катализатора проводилась по реакции:  $Fe_2O_3 + 2H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O = 2FeC_2O_4 \cdot 2H_2O + 2H_2O + 1/2O_2$ . Удельная поверхность после обработки составила 65,33 м<sup>2</sup>/г. При синхронном термическом анализе наблюдались один эндо- и четыре экзотермические эффекты, каждый из которых сопровождался потерей массы.

Следующий способ также подразумевал регенерирование отработанного катализатора щавелевой кислотой, но уже под механическим воздействием. Регенерация проводилась в присутствии диспергирующих добавок по реакции:  $Fe + H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O = FeC_2O_4 \cdot 2H_2O + H_2$ . Удельная поверхность после обработки составила 168,1 м<sup>2</sup>/г.

В сравнении этих способов по воздействию на систему большее влияние оказала механическая активация за счет мокрого измельчения и большого подвода энергии к системе.

При выполнении исследований привлекались ресурсы Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.П. Ильин

**ПОСТИКА М.Ф.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И НАСТРОЙКА МОДЕЛИ  
ДЕКОМПОЗИЦИИ АЛЮМИНАТНЫХ РАСТВОРОВ**

**POSTIKA M.F.**

St. Petersburg Mining University

**PHYSICAL MODELING AND CONFIGURATION OF THE DECOMPOSITION  
MODEL OF ALUMINUM SOLUTIONS**

Метод баланса популяции частиц является наиболее разработанным способом математического моделирования процесса разложения алюминатного раствора на затравке гидроксида алюминия и имеет большое научное и прикладное значение. Для настройки функциональных зависимостей, определяющих в этом уравнении скорость роста, интенсивность процессов зародышеобразования и агломерации применяют периодический и полупериодический опыт. Решение уравнения популяционного баланса дает возможность проследить влияние условий процесса на технологические показатели декомпозиции, включая: степень разложения растворов, концентрацию твёрдого в пульпе, каустический модуль, фракционный состав осадка и др. Путем физического опыта и математического моделирования методом CFD показано, что режим перемешивания в лабораторном реакторе значительного объёма (5л) далёк от идеального и характеризуется заметными флуктуациями плотности пульпы. Этот эффект является источником существенных отклонений от положений популяционного баланса и может стать причиной пониженной точности прогноза показателей декомпозиции. Лабораторное исследование процесса декомпозиции, в условиях, моделирующих производственный режим разложения высокомодульных алюминатных растворов на отечественных заводах, работающих по способу Байера, показало существенное отличие механизма от послынного роста затравки, низкую значимость стадии агломерации и повышенную скорость вторичного зародышеобразования. На начальной стадии процесса декомпозиции, продолжительностью до 1 часа после загрузки затравки, замечено существенное рассогласование между экспериментальными результатами и модельным расчетом, обусловленное индукционным периодом. В остальное время точность моделирования оказалась приемлемой. Реализованная в ходе исследования процесса декомпозиции комплексная методика физического моделирования и настройки модели популяционного баланса, в целом, показала её пригодность для описания и анализа экспериментальных результатов не зависимо от начального состояния системы. В то же время имеется необходимость её дальнейшего развития с целью корректного описания показателей декомпозиции для всех этапов и режимов технологического процесса.

Работа проведена при финансовой поддержке Российского научного фонда по Соглашению № 18-19-00577 от 26.04.2018 о предоставлении гранта на проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор В.Н. Бричкин

**СМЫШЛЯЕВА К.И.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОГО НИЗКОСЕРНИСТОГО СУДОВОГО ТОПЛИВА**

**SMYSHLYAEVA K.I.**

St. Petersburg Mining University

### **PRODUCTION TECHNOLOGY OF STABLE LOW-SULFUR MARINE FUEL**

Международная морская организация с 01.01.2020 года ужесточила требования по содержанию сернистых соединений в судовом топливе (СТ) до 0,5% масс. Таких низких показателей по содержанию серы можно достичь двумя способами: прямой гидрогенизацией нефтяных остатков и косвенной гидрогенизацией. Косвенная гидрогенизация заключается в получении СТ на базе дистиллятов, прошедших гидрооблагораживание, и остаточных фракций. В данной работе рассматривается способ получения судового топлива путем косвенной гидрогенизации.

В ходе работы с нефтеперерабатывающих предприятий были отобраны и проанализированы компоненты СТ: прямая гидроочищенная дизельная фракция (г/о ПДФ), дизельная фракция гидрокрекинга (ДФГК), легкий газойль каталитического крекинга (ЛГКК), легкий газойль замедленного коксования (ЛГЗК), тяжелый газойль каталитического крекинга (ТГКК), тяжелый газойль замедленного коксования (ТГЗК), гидрокрекинг-остаток (ГКО), гудрон, висбрекинг-остаток (ВО).

На основании полученных данных о свойствах компонентов СТ были получены 12 образцов судового остаточного топлива. Были определены и проанализированы физико-химические и эксплуатационные характеристики полученных образцов на соответствие требованиям ГОСТ 32510-2013 «Топлива судовые. Технические условия». Некоторые образцы не соответствуют требованиям ГОСТ по показателю общий осадок после старения, характеризующему стабильность СТ. Стабильность топливной системы можно регулировать посредством регулировки углеводородного состава топлива.

Для определения оптимального соотношения компонентов и области стабильности были рассмотрены три трёхкомпонентные диаграммы: ВО-г/о ПДФ-ЛГКК, асфальт-г/о ПДФ-ЛГКК, асфальт-г/о ПДФ-ЛГЗК. Одним из компонентов является остаточная фракция – носитель асфальтенов (ВО, асфальт), вторым – носитель парафинонафтеновых углеводородов (г/о ПДФ) и третьим – носитель ароматических углеводородов (ЛГКК, ЛГЗК). С шагом в 10% масс. были приготовлены образцы СТ с различным соотношением данных компонентов, в которых был определен по ГОСТ Р ISO 10307-1-2009 общий осадок после старения. Результаты представлены в виде трехкомпонентных фазовых диаграмм, на которых выделена область стабильности СТ (показатель общий осадок после старения соответствует требованиям ГОСТ 32510-2013).

Таким образом, методом косвенной гидрогенизации были получены образцы судового остаточного топлива с улучшенными экологическими свойствами, соответствующие требованиям стандартов. Были получены три трехкомпонентные фазовые диаграммы, показывающие область стабильности судового топлива при различном компонентном и углеводородном составе, позволяющие подобрать оптимальное соотношение компонентов судовых топлив.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Н.К. Кондрашева

**СТЕПАНОВА А.**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КИСЛОРОДА НА ГЛУБИНУ АВТОКЛАВНОГО ОКИСЛЕНИЯ АКТИВНОГО УГЛЕРОДА**

**STEPANOVA A.**

Saint-Petersburg State Institute of Technology

### **INFLUENCE OF TEMPERATURE AND PARTIAL PRESSURE OF OXYGEN ON THE DEPTH OF AUTOCLAVE OXIDATION OF ACTIVE CARBON**

При автоклавном вскрытии золотоносных пиритных и арсенопиритных концентратов, зачастую наблюдается явление, получившее в золотодобывающей промышленности название «preg-robbing». Считается, что основным процессом, обуславливающим прег-роббинг, является необратимая неконтролируемая сорбция золота на углистых или других природных органических частицах концентрата, что ведет за собой неизбежное снижение извлечения золота.

Целью настоящей работы является подбор оптимальных параметров, таких как температура и парциальное давление кислорода в процессе автоклавного вскрытия для удаления из реакционной смеси активного углерода и преодоления прег-роббинга.

В представленных опытах рассматривались модельные объекты, представляющие собой смесь оксида кремния крупностью -250 мкм и активного угля крупностью -25 мкм. Автоклавное выщелачивание проводили в течении 6 часов при температуре 240 °С и парциальных давлениях кислорода 1 бар и 16,5 бар. Отходящие из автоклава газы для измерения в них концентраций  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{N}_2$  подавались на газовый хроматограф Ц. Из рисунков 1 и 2 видно, что при повышенном парциальном давлении кислорода процесс окисления идет активно, это связано с высокой концентрацией кислорода в жидкой фазе пульпы. При той же температуре, но при низком парциальном давлении тот же процесс идет гораздо медленнее или вяло.

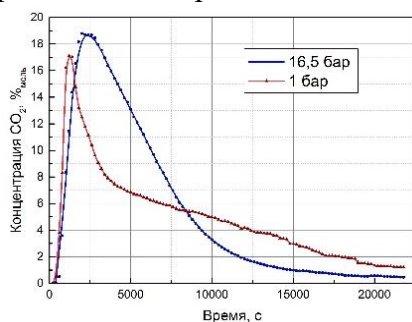


Рисунок 1 – График зависимости концентрации  $\text{CO}_2$  (мол. %) от времени (с)

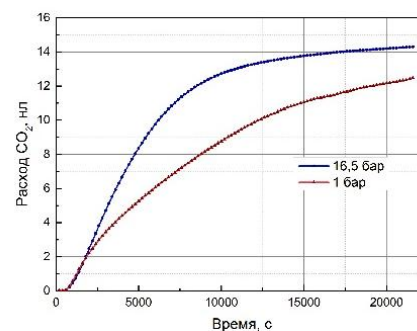


Рисунок 2 – График зависимости Расхода  $\text{CO}_2$  (нл) от времени (с)

**Научный руководитель:** к.х.н, ведущий инженер АО «Полиметалл инжиниринг» С.Ф. Каплан

**СЧАСТНЫЙ Я.О.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ФЕНОЛА ИЗ ФЕНОЛЬНОЙ  
ФРАКЦИИ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ**

**SCHASTNY Y.A.O.**  
St. Petersburg Mining University

**ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF ISOLATING PHENOL FROM THE  
PHENOLIC FRACTION OF COAL TAR**

Целью работы является выделение товарного фенола 99% масс. согласно ГОСТ 11311-76 из фенольной фракции каменноугольной смолы с наименьшими капитальными и эксплуатационными затратами. Для достижения поставленной цели был исследован состав сырья на наличие азеотропов, разработана технологическая схема, используя программу Aspen Hysys. Полученная технологическая схема, реализованная с помощью термодинамического пакета NRTL, включает в себя 4 аппарата (К-1, К-2, К-3, К-4) со следующими конечными параметрами: число теоретических тарелок: 20 у аппарата К-1, 15 у аппарата К-2, 20 у аппарата К-3, 40 у аппарата К-4; флегмовое число: 12 – К-1, 4 – К-2, 1 - К-3, 7-К-4; давление вверху колонны: 250 мм.рт.ст. - К-1, 200 мм.рт.ст.- К-2, 20 мм.рт.ст. - К-3, 2200 мм.рт.ст. - К-4. Таким образом, суммарные энергетические затраты составили 5,64 Гкал/т. Для оценки капитальных затрат на установку и каждый аппарат в частности был проведен гидродинамический расчет. Для расчета диаметра и высоты каждого аппарата использовались 4 насадки типа ПР-У и 3 насадки типа Шеврон. По каждой насадке был произведен расчет диаметра и высоты, чтобы осуществить оптимальный выбор необходимо оценить капитальные затраты на производство аппарата в сборе с каждой насадкой. Для этого проводился прочностной расчет согласно ГОСТ 34233.1-2017, для всех 4 аппаратов принята сталь 12Х18Н10Т, величина коррозии принята 0,09 мм/г (по Воробьева Г. Я. «Коррозионная стойкость материалов в агрессивных средах химических производств.»), срок службы аппаратов принят 15 лет. Таким образом, зная толщину стенок, высоты и диаметры аппаратов, была рассчитана масса каждого аппарата. Для аппарата К-1 выбрана насадка типа ПР-350 У, такая же насадка для аппарата К-2, для аппарата К-3-насадка ПР-125 У, а для аппарата К-4–ПР-350 У. Таким образом обеспечиваются оптимальные габаритные размеры и минимум капитальных затрат на каждый аппарат. Общая сумма капитальных затрат составит 10 000 000 рублей в расчете на производительность 1000 кг/час по сырью.

Таким образом, разработана и оптимизирована с точки зрения энергетических и капитальных затрат схема выделения фенола с концентрацией 99% массовых.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Н.А. Романова

**СЫЧЕВ Л.С.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ДЕФОРМИРОВАННЫХ  
ПОЛУФАБРИКАТОВ НА ОСНОВЕ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЕВОГО  
БАНОЧНОГО ЛОМА**

**SICHEV L.S.**

National University of Science and Technology "MISiS"

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING WROUGHT SEMI-  
FINISHED PRODUCTS BASED ON ALLOYS OF ALUMINUM CAN SCRAP**

Данная работа посвящена разработке ресурсосберегающей технологии получения деформированных полуфабрикатов на основе сплавов алюминиевого баночного лома. Важной особенностью обработки таких сплавов является отсутствие операции гомогенизации слитков и закалки полуфабрикатов, которые, как правило, поставляются в нагартованном, полунагартованном или отожженном состоянии. Изучены базовые диаграммы состояния систем Al–Mn–Zr, Al–Mn–Zr–Fe–Si, Al–Mn–Zr–Fe–Si–Cu, исследованы структуры и свойств слитков и деформированных полуфабрикатов, а также изучены влияние циркония на формирование структуры.

За основу был взят сплав 3104, полученный путем переплава в промышленных условиях сплавов алюминиевого баночного лома. В качестве объекта сравнения был выбран сплав 6063 (T1) в виде прессованного профиля.

Проведен расчет фазового состава перспективного сплава, соответствующий составу алюминиевого баночного лома с использованием программы Thermo-Calc. Выявлены основные фазовые составляющие на основе политермических и изотермических разрезов. Можно сделать вывод что из всех элементов рассматриваемой 6-компонентной системы только железо имеет пренебрежимо низкую растворимость в (Al), образуя фазы кристаллизационного происхождения. Растворимость остальных элементов достаточна для образования вторичных выделений  $Al_2Cu$ ,  $Al_6Mn$ ,  $Al_{20}Cu_2Mn_3$ ,  $Al_{15}Mn_2Si_3$  и  $Al_3Zr$ , что соответствует задачам данного исследования, где для устранения гомогенизации и закалки состав сплава должен сильно отличаться от равновесного.

В ходе работы изучалось влияние дополнительных легирующих элементов. Так для исследований была выбрана концентрация Zr в диапазоне 0,25-0,35%Zr, исходя из того, что оптимальными для производства являются температуры литья в диапазоне до 800 °С. Также цирконий определяет основные технологические процессы плавки и литья, где при температуре ниже 780 °С способны образовываться кристаллы  $Al_3Zr$ , которые являются неисправимым браком и устраняются только в ходе переплава.

Полученные результаты лабораторных и промышленных испытаний говорят о том, что прессованные полуфабрикаты из нового сплава обладают механическими свойствами на уровне сплавов бxxx серии, имеют повышенную пластичность, превосходящую коррозионную стойкость и стабильность структуры при нагреве до 300 °С. Технологический цикл производства деформируемых полуфабрикатов снижен в среднем на 12 часов по сравнению со сплавами бxxx серии.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Н.А. Белов.

**УШАКОВ Е.К.**

Санкт-Петербургский горный университет

**АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЛОТАЦИИ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ РУДЫ АРТЕМЬЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА БАЗЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**USHAKOV E.K.**

St. Petersburg Mining University

**ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF FLOTATION OF PYRITE-POLYMETALLIC ORE DEPOSITS OF ARTEMYEVSKY ON THE BASIS OF NEURAL NETWORK MODELING**

В настоящей работе приведен анализ геолого-минералогических особенностей при переработке руд колчеданного полиметаллического месторождения. Обосновывается применение нейронных сетей Кохонена при решении проблемы технологической типизации данных руд, поскольку процесс флотации является многофакторным и нелинейным. Ассоциативный метод анализа явлений является более непосредственным и наглядным, чем «неявное» задание связей или закономерностей в виде формализованной математической модели узкого круга явлений. С этой точки зрения, например, система дифференциальных уравнений является частным случаем представления связей в виде трехмерных упорядоченных во времени и пространстве ассоциаций элементов и структур данных. При нейросетевом моделировании Кохонена изображение многомерного пространства на одной плоскости в виде двумерной решетки, на которой можно нанести тренд изменения перерабатываемой рудной шихты более адекватно воспринимается оператором. Для достижения более высокой достоверности при идентификации топологических карт Кохонена в целях диагностики предлагается методология, включающая интерпретацию вычисленных средних значений исследуемых параметров по всем нейронам, с помощью метода факторного анализа, проектирование выделенных нейронов на плоскости главных компонент  $F_1 - F_j$  и нанесение на них значений физических векторов измеряемых параметров и изолиний выходной функции. С помощью сменных трендов на решетке Кохонена доказывалась существенная изменчивость перерабатываемой шихты, которая в принципе не может рассчитывать на адекватные действия оперативного персонала при настройке технологических режимов флотации. Разработанная технологическая классификация может быть реализована на предприятии в режиме on-line с помощью контроля данных экспресс анализа, что позволяет оперативно изменять реагентные режимы с целью достижения более высокого извлечения металлов и лучшего качества получаемых концентратов.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Т.Н. Александрова



**ЧЕКУШИН М.В.**  
Сибирский федеральный университет

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ СВИНЦОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ АККУМУЛЯТОРНОГО ЛОМА**

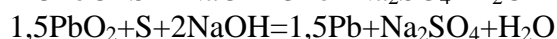
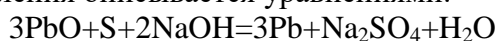
**CHEKUSHIN M.V.**  
Siberian Federal University

### **IMPROVEMENT OF THE PROCESSING TECHNOLOGY OF THE LEAD COMPONENT OF BATTERY SCRAP**

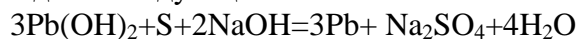
В институте цветных металлов и материаловедения СФУ в течение ряда лет проводятся работы по комплексной механо-электротехнической разделке лома свинцовых кислотных аккумуляторов с получением самостоятельных продуктов, а также создания экологически чистой, компактной и экономичной технологии получения металлического свинца из шламов электродной набивки.

Предложен процесс восстановления металла из кислородных шламовых соединений элементной серой в расплавленной каустической соде, в которую подаётся отработанный материал.

Химизм восстановления описывается уравнениями:



Входящий в состав композиции сульфат свинца взаимодействует со щёлочью и превращается в гидроксид с последующим восстановлением свинца:



Доказана термодинамическая вероятность протекания указанных реакций, начиная с температуры 320°C.

Окисульфатный шлам состава, %: PbSO<sub>4</sub> – 87,75; PbO – 6,7; PbO<sub>2</sub> – 4,5 и PbS – 0,9 перерабатывали на установке, состоящей из стального реактора, снабжённого лопастной мешалкой, помещаемого в шахтную электропечь с регулятором температурного режима.

Экспериментально определены условия глубокого восстановления металла (>99%). Показано, что металлизация начинается с температуры системы более 500°C. Однако металл представлен тонкодисперсными частицами в щелочном плаве, не сливающийся в «линзу». Эффективное формирование компактного расплава имеет место при температуре 550-620°C. Процесс сопровождается перемешиванием твёрдожидкой системы (50 об/мин). При этом расход элементной серы на переработку единицы массы окисульфатного шлама составляет от 5-8%.

После слива восстановленного свинца, в расплав вводят новую порцию шламов в смеси с серой и каустической содой. После переработки 5-7 загрузок шлама, для удаления сульфата натрия используется метод высаливания из водных растворов каустика.

Накапливающийся в щелочном плаве сульфат натрия выводят из системы по схеме, предполагающей регенерацию основного реагента и получение товарного Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Н.В Марченко

**ЧУКРЕЕВ К.Г.**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

## **ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЧИСТОГО ОКСИДА ЖЕЛЕЗА (III) ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ**

**CHUKREEV K.G.**

Saint-Petersburg State Institute of Technology

## **HYDROMETALLURGICAL METHOD FOR PRODUCING HIGH-PURITY IRON (III) OXIDE IN PROCESSING IRON CONCENTRATES**

Особый интерес для производства функциональной керамики представляет высокочистый оксид железа (III). Сырьём могут служить стальные стружки, рудный  $Fe_2O_3$ , пиритный огарок, которые предлагается растворять в серной кислоте с добавкой хлоридов щелочных металлов. Нужную степень очистки можно получить в экстракционном процессе с нейтральными экстрагентами (алифатические спирты или кетоны), которые селективно извлекают железо в форме  $H[FeCl_4]$ , образование которого будет обеспечено введением в раствор выщелачивания хлоридов [1]. Высокое извлечение наблюдается при использовании технологически приемлемых растворов, содержащих 200 г/л  $H_2SO_4$ .

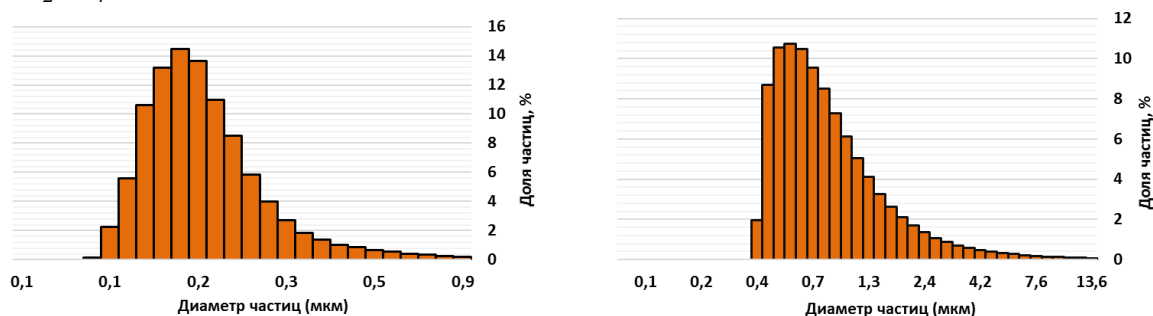


Рисунок 1 – Распределение размеров частиц после прокаливания при 550°C (слева) и 750°C (справа)

Проведена серия опытов по получению оксида железа (III) при прокаливании гидроксида железа (III), получаемого осаждением из раствора хлорида железа. С точки зрения себестоимости конечной продукции, целесообразно для осаждения использовать жидкий аммиак, однако, для упрощения технологического процесса могут быть использованы природные материалы (доломит, магнезит). Осаждение вели до окончания образования  $Fe(OH)_3$ , которому соответствует  $pH = 4,2$  с добавкой 18 мг/л полиакриламида. После фильтрации и промывки репульпацией осадки просушены при температуре 110 °С. По результатам дифференциального термического анализа и лазерного анализа размеров частиц (Shimadzu SALD-7500nano) серии образцов осадков выбран температурный режим прокаливания  $Fe(OH)_3$ . На рисунке приведено распределение частиц товарного  $Fe_2O_3$  в зависимости от температуры прокаливания.

**Научный руководитель:** к.т.н, доцент С.В. Логинов

ЭЛДИБ А.Б.  
Санкт-Петербургский горный университет

## АКТИВИРУЮЩИЙ ЭФФЕКТ УГЛЕРОДА ПРИ СПЕКАНИИ ИЗВЕСТНЯКОВО-КАОЛИНОВОЙ ШИХТЫ

ELDEEB A.B.  
St. Petersburg Mining University

### ACTIVATING CARBON EFFECT WHEN SINTERING LIME-KAOLIN MIXTURE

Приведены результаты исследования активирующего воздействия углерода на показатели спекания двухкомпонентной известняково-каолиновой шихты и последующей гидрометаллургической переработки спека<sup>1,2</sup>. Пробы активированного угля и угольных анодов алюминиевых электролизёров добавляли к смеси каолиновой руды и известняка до содержания 1÷4% углерода в шихте. Брикетированные шихты спекали в установленном технологическом режиме, с постоянной скоростью нагрева и охлаждения материалов при температуре изотермической выдержки в диапазоне 1250÷1360°C. Оценка температуры фазовых превращений и величин тепловых эффектов выполнялась методом термогравиметрического анализа (TGA) и дифференциальной сканирующей калориметрии (DSK). Фазовый состав спеков изучался методом рентгенодифракционного анализа (XRD), а фракционный состав образцов спека, формирующийся в результате процесса саморассыпания исследовался методом лазерного микроанализа. Образцы спеков естественной крупности и без дополнительного измельчения подвергали содовому выщелачиванию в однотипных технологических условиях по температуре и продолжительности процесса, начальной концентрации твёрдого в пульпе, составу и концентрации раствора. Отфильтрованные и промытые дистиллированной водой шламы, полученные при выщелачивании спеков, исследовали методом (XRD) для определения фазового состава и методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии (XRF) для установления химического состава. Извлечение оксида алюминия в раствор оценивалось по содержанию  $Al_2O_3$  в спеке и шламе. Результаты экспериментальных исследований показали, что наибольший рост извлечения оксида алюминия из каолиновой руды составляет более 7% при содержании углерода в шихте от 1,5 до 3,0% в зависимости от природы углеродистого материала. Дальнейший рост соответствующей углеродистой добавки в шихту вызывает снижение извлечения  $Al_2O_3$ , что связано с образованием трудно вскрываемого муллита. При этом активирующая роль углеродистой добавки имеет термодинамическую, энергетическую и кинетическую природу, объясняющую более полное усвоение извести с образованием конечных продуктов и снижение метастабильной устойчивости  $\beta$ - формы  $C_2S$ . Последнее вызывает её ускоренный переход в термодинамически устойчивую  $\gamma$ - модификацию  $C_2S$ , повышенное самоизмельчение спека и заметную аморфизацию продуктов спекания.

Работа проведена при финансовой поддержке Российского научного фонда по Соглашению № 18-19-00577 от 26.04.2018 о предоставлении гранта на проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований<sup>1</sup>.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор В.Н. Бричкин

### **Секция 3. ГЕОТЕХНОЛОГИИ ОСВОЕНИЯ НЕДР: СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

***Технологии добычи твердых полезных ископаемых. Промышленная  
безопасность и охрана труда.***

**АЛИМХАНОВА Т.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

#### **МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ**

**ALIMKHANOVA T.A.**

St. Petersburg Mining University

#### **METHODOLOGY FOR ASSESSING THE RISKS OF EMERGENCIES AT THE FACILITIES OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX OF RUSSIA**

В работе предлагается обоснование необходимости принятия во внимание условий пролегания и функционирования объектов топливно-энергетического комплекса России с целью совершенствования качества методик при оценке риска возникновения чрезвычайных ситуаций еще на этапе определения вероятности возникновения.

В российских условиях допустимо применять международные методы оценки риска возникновения аварийных ситуаций на линейных магистральных трубопроводах, но с учетом российских реалий, особенно человеческого фактора.

Работа включает в себя поэтапный анализ на примере нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан, в который входят простейшие методы оценки возникновения аварийных ситуаций («Check-list», «What if», «Bow-tie»). На примере ООО «Газпром СПГ Портовая» оценка развития профессиональных заболеваний.

На основании полученных данных разработаны рекомендации по использованию и доработке существующей методологии оценки рисков на Российских предприятиях топливно-энергетического комплекса, а именно: создание типовых «опросников» для альбома Check-list, доработка значений весовых коэффициентов, разработка метода «Галстук-бабочка». Предложены способы визуализации информации об авариях с последующей оптимизацией показателей риска, также предпосылки для систематизации методов и последующей автоматизации.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент С.В. Ковшов

**АНИСИМОВ К.А.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ  
ПОДКАРЬЕРНЫХ ЗАПАСОВ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В  
УСЛОВИЯХ РУДНИКА «УДАЧНЫЙ»**

**ANISIMOV K.A.**  
St. Petersburg Mining University

**GEOMECHANICAL ISSUES IN THE DEVELOPMENT OF THE PIT  
RESERVES OF THE DIAMONDIFEROUS DEPOSITS OF THE UDACHNY MINE**

На данный момент Удачинский горно-обогатительный комбинат (УГОК), ведёт разработку двух коренных месторождений алмазов: кимберлитовых трубок «Удачная» и «Зарница», россыпных месторождений «Пироповый ручей» и «Законтурная делювиальная россыпь трубки «Удачная». Решающее значение для развития УГОКа имеет кимберлитовая трубка «Удачная». Месторождение расположено в Далдыно-Алакитском алмазоносном районе, р. Саха (Якутия). Трубка прослеживается как единое рудное тело от поверхности до глубины 250 метров. Ниже она разделяется на два самостоятельных рудных тела - Восточное и Западное (ВРТ и ЗРТ), разделенных блоком вмещающих осадочных пород.

Ведение подземных работ осложняется горно-геологическими условиями трубки и окружающего массива горных пород. МПИ расположено в экстремальных климатических условиях Крайнего Севера с крайне слабо развитой инфраструктурой. Трубка находится в районе многолетней мерзлоты, резко континентальный климат характеризуется большими дневными перепадами температур, что негативно влияет на устойчивость массивов горных пород. Весь МГП сформирован без водоупоров, что ведёт к свободному продвижению агрессивных и высокоминерализованных рассолов, с общей минерализацией до 400 г\л, МГП трубки крайне нарушен, распространена сеть глубоких (до 50 метров) трещин и различных нарушений, располагающихся случайным образом. Рудные и породные массивы имеют низкую устойчивость, установлена негативная зависимость устойчивости кимберлита от времени его контакта с рудничным воздухом. Наиболее нарушен массив пустых пород в пространстве между ВРТ и ЗРТ, в нём отмечены множество нарушений и проявлений трещиноватости.

Внезапное неконтролируемое обрушение данного массива на предохранительную подушку способно вызвать мощный динамический удар по нижележащим горным выработкам, создав опасную для рудника ударно-воздушную волну. Проведенными исследованиями проанализирована вероятность наступления данного события, предложены варианты решения с учётом обстановки на руднике «Удачный».

Для обеспечения безопасности горных работ при разработке подкарьерных запасов в условиях кимберлитовой трубки «Удачная» рассмотрены данные исследований и наблюдений за горно-геологической обстановкой при отработке кимберлитовой трубки «Удачная» с момента ввода в эксплуатацию подземного рудника. Описаны основные параметры применяемой системы разработки, изучены геомеханические факторы, осложняющие ведение горных работ, даны рекомендации о дальнейшем направлении научно-исследовательской деятельности.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор В.П. Зубов

**БАЖЕНОВА А.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СМЕЩЕНИЯ РУДНЫХ КОНТУРОВ ПРИ  
ФОРМИРОВАНИИ РАЗВАЛА ВЗОРВАННОЙ ГОРНОЙ МАССЫ НА КАРЬЕРАХ**

**BAZHENOVA A.V.**

St. Petersburg Mining University

**FORECASTING DISPLACEMENT OF ORE CIRCUITS WHILE CREATING THE  
EXPOSED MOUNTAIN SHOTPILE IN THE OPEN-PIT**

В работе рассматриваются прямой и косвенный методы, которые позволяют учесть смещение рудных тел. Прямой метод – это непосредственное измерение перемещения рудных контуров, когда устройство по отслеживанию смещения располагается на блоке до проведения взрывных работ, а затем с помощью специального детектора оценивается его местоположение. Косвенный метод позволяет при помощи моделирования спрогнозировать перемещение рудных контуров. Существуют различные подходы к моделированию: эмпирические формулы, статические модели взрыва, численные методы и др. При моделировании возникает ряд вопросов: точность модели, задание входных параметров, сроки и стоимость внедрения.

Оценочная модель, описываемая в данной работе, подразумевает, что смещение горной массы, отбиваемой одним рядом скважин, рассматривается как один кусок. При построении модели были приняты следующие допущения:

1. расчет движения перемещаемой горной массы, отбиваемой одним рядом скважин, как одного куска (блока);
2. начальная скорость блока первого ряда скважин пропорциональна корню квадратному из удельного расхода;
3. среднее значения вектора начальной скорости убывает с ростом номера ряда;
4. каждый блок перемещается независимо, дальность перемещения блока ограничивается расстоянием до предыдущего переместившегося блока;
5. рассматривается движение центра масс блока по баллистической кривой без учета сопротивления воздуха;
6. в месте приземления центра масс блока находится самая высокая точка развала, профиль которого кусочно-линейен и образует угол естественного откоса относительно плоскости горизонта.

Представленная методика позволяет дать оценку величине смещения, отбиваемого каждым рядом скважин в зависимости от следующих параметров: удельного расхода взрывчатых веществ, параметров сетки скважин и условий взрывания в «зажатой» среде. По определенным величинам смещений каждого ряда определяется результирующее смещение контуров рудного тела.

Преимущество данной методики в том, что можно оценить перемещение рудной массы исходя из применяемых параметров буровзрывных работ с минимальными затратами времени на расчет.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент С.В. Хохлов

**БАЛИНОВА Н.А.**

Тверской государственной технической университет

## **ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПОЛУЧЕНИЮ ТОРФЯНОЙ ФРЕЗЕРНОЙ КРОШКИ ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ**

**BALINOVA N.A.**

Tver state technical University

### **INNOVATIVE APPROACH TO OBTAINING PEAT MILLING CRUMB OF HIGH HUMIDITY**

В работе представлены исследования по сушке нафрезерованной торфяной крошки различными машинами, применяемым в настоящее время штифтовым фрезерным барабаном МТФ-14 и предлагаемым по новой технологии дисковым луцильником ЛДЛ-10 с созданием организованного расстила различной толщины и размеров частиц. Барабаном МТФ-14 создается крошка со средним диаметром частиц 5-6 мм, в то время как у ЛДЛ-10 получаются частицы 9 – 10 мм, что в 2 раза больше. Так как существующие способы получения торфяной и частично сапропелевой продукции базируются на полевой сушке, интенсивность которой определяет цикловые и сезонные сборы и, в конечном итоге, производительность труда. Поэтому проведено исследование длительности сушки фрезерной крошки различного размера и толщиной создаваемого расстила при постоянной удельной загрузке по сухому веществу. Удельная загрузка рассчитана по нормативному цикловому сбору для данного вида продукции с повышенной влажностью, которая находит в настоящее время все большее применение в качестве сырья для получения различных грунтов и питательных смесей. Установлено, что с увеличением средневзвешенного диаметра частиц торфа с 5 до 10 мм продолжительность сушки уменьшается в среднем на 30 – 40 %, так как сокращается количество сохнувших слоев с 10 до 5, что благоприятно влияет на влагообмен между частицами и подстилающей залежью, и приводит к увеличению испаряемости сушеного расстила. Сушка торфа проведена без ворошения слоя и с одним ворошением. Выявлено, что частицы торфа, полученные луцильником, высыхают до кондиционной влажности за 20 ч, в то время как крошка размером 5 мм, после фрезерования штифтовым барабаном сохнет более 30 ч. Нормативная же длительность технологического цикла добычи фрезерного торфа повышенной влажности составляет двое суток. Таким образом, можно сделать вывод о том, что одного ворошения в технологическом цикле вполне достаточно. На основании полученных исследований предлагается технологическая схема добычи фрезерного торфа повышенной влажности. В этой схеме рекомендуется вместо фрезерного барабана МТФ-14 использовать дисковый луцильник ЛДЛ-10, выполняющий две технологические операции: фрезерование (измельчение) залежи и одно ворошение вместо двух в существующих схемах. В данной схеме за счет сокращения операций и замене машин сократятся показатели: энергоемкость, удельный расход топлива и трудоемкость, а это в конечном итоге приведет к повышению производительности труда и к снижению себестоимости готовой продукции.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Г.Е. Столбикова

**БОЧАРОВА С.В.**

Тюменский индустриальный университет

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ РИСКАМИ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**BOCHAROVA S.V.**

Tyumen Industrial University

**IMPROVEMENT OF PROFESSIONAL RISK MANAGEMENT METHODS IN  
THE MINING INDUSTRY**

Горнодобывающая промышленность является одной из важнейших отраслей экономики страны, как и все другие отрасли сталкивающаяся с рисками. По специфике производства горнодобывающая промышленность является опасной отраслью, широкое использование машин и оборудования для осуществления деятельности горных предприятий предопределяет серьезные угрозы для работников, соответственно, компании сталкиваются с рисками, связанными с безопасностью их труда.

Актуальность данной работы заключается в том, что развитие горнодобывающей промышленности связано с существенными производственными рисками, что обуславливает необходимость адаптивного управления рисками.

В данной работе был проведен анализ рисков рабочих мест с помощью матричного метода, разработана пошаговая методика оценки и управления профессиональными рисками, даны рекомендации по управлению рисками.

Предложенная авторами методика управления профессиональными рисками позволит работникам достаточно полно и тщательно провести оценку рисков на рабочих местах, выявить наиболее существенные факторы риска и снизить тяжесть последствий этих рисков или их полное устранение.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Е.А. Шаповалова

**ВЕСЕЛОВА Е.А., ПАРШИН С.Н.**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

**ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАК ИНСТРУМЕНТ  
СНИЖЕНИЯ РИСКОВ ТОПЛИВНОЙ КОМПАНИИ**

**VESELOVA E.A., PARSHIN S.N.**

Ufa state petroleum technical university

**THE INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM AS A TOOL TO REDUCE THE  
RISK OF THE FUEL COMPANY**

В современных условиях повышение конкурентоспособности топливной компании невозможно без внедрения интегрированных систем управления промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей среды. В основе интегрированных систем управления заложены стандарты серии OHSAS 18001 и ISO 14001.



Использование интегрированных систем менеджмента на основе требований стандартов серии OHSAS 18001 и ISO 14001 дает такие возможности организации как:

- системность управления вопросами промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды;
- ориентация на предупреждение и снижение негативного воздействия на человека и природу, а не на ликвидацию последствий;
- улучшение отношений с государственными органами власти;
- повышение имиджа, конкурентоспособности и отношений с партнерами.

Основными инструментами достижения постоянного улучшения интегрированной системы менеджмента на основе последних требований стандартов являются учет контекста организации (внешних и внутренних факторов, влияющих на развитие организации и достижения целей), повышение значимости лидерства высшего руководства, введение понятия «возможности» и управление ими, а также управление операциями или процессами.

Учет рисков и возможностей при внедрении интегрированных систем менеджмента позволяет организации:

- достигать своих запланированных результатов;
- предотвращать или уменьшать нежелательные потенциальные негативные последствия, связанные с экологическими аспектами, обязательствами соблюдения законодательных и других требований;
- достигать постоянного улучшения.

Таким образом, создание интегрированных систем управления промышленной безопасностью, охраной труда и экологии - это сложный инновационный процесс, направленный на повышение эффективности общей системы менеджмента топливной компании. Эффективно функционирующая интегрированная система менеджмента (промышленной безопасности, охраны труда, экологии), отвечающая требованиям международных стандартов, является инструментом для устойчивого развития организации и снижения ее промышленных и экологических рисков.

**Научный руководитель:** к.х.н., доцент Т.Ш. Маликова; к.т.н., доцент И.О. Туктарова

**ГОВОРОВ А.С.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ВСКРЫТИЯ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**GOVOROV A.S.**

St. Petersburg Mining University

## **SUBSTANTIATION OF THE METHOD OF OPENING GOLD DEPOSIT**

В настоящее время большинство карьеров характеризуются большой глубиной, сложными горно-геологическими условиями, значительными объемами вскрышных работ и достаточно высоким коэффициентом вскрыши. С увеличением глубины отработки увеличивается расстояние транспортирования горной массы до пунктов ее прие-

ма, что способствует возрастанию затрат на процесс перевозки горной массы, что в итоге скажется на увеличении себестоимости конечной продукции.

Объектом исследования в данной работе выступает золотодобывающий рудник АО Полиметалл «Ресурсы Албазино», карьер Анфисинской рудной зоны.

В работе рассмотрен существующий способ вскрытия на карьере, выявлены его достоинства и недостатки. Так как схема вскрытия разбита на 2 части: нагорная и глубинная, был произведен анализ для каждой части.

Нагорная часть месторождения вскрывается полутраншеями внутреннего заложения комбинированного направления: поступательно – тупикового. Глубинная же часть вскрывается спиральными траншеями.

Вместо спиральных съездов предлагается внедрить схему вскрытия комбинированными внутренними траншеями. Данный способ позволит более свободно развивать горные работы в стесненных условиях нижних горизонтов карьера, сократятся расстояния транспортирования, обеспечатся меньшие объемы вскрышных работ, а также сохранятся разгрузочные площадки, присущие при вскрытии поступательными траншеями, что обеспечит меньший износ двигателей автосамосвалов.

При исследовании влияния дальности транспортирования на себестоимость готовой продукции была выявлена зависимость: чем больше расстояние, тем больше затраты на перевозку, а значит выше себестоимость продукции.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент В.В. Иванов

**ГОРБУНОВ А.А.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЗРЫВОВ В СТЕСНЁННЫХ УСЛОВИЯХ ВБЛИЗИ ОХРАНЯЕМЫХ ОБЪЕКТОВ**

**GORBUNOV A.A.**

National University of Science and Technology "MISiS"

## **THE USE OF EXPLOSIONS IN CRAMPED CONDITION NEAR PROTECTED OBJECTS**

Деятельность горного инженера и, в частности, инженера-взрывника в самом широком значении этого слова заключается в воздействии на массив горных пород с целью выполнения определённых задач, связанных как с извлечением полезных ископаемых, и другими задачами горной промышленности и строительного комплекса. Несмотря на то, что горные предприятия являются основным потребителем взрывчатых материалов, при строительстве объектов специального назначения необходимо применение самых современных взрывных технологий. Особая сложность таких работ обусловлена наличием в опасной зоне взрыва охраняемых объектов.

При выполнении данной работы были разработаны специальные технологии, которые позволили провести взрывные работы в стеснённых условиях и с применением «щадящих взрывов». В таких условиях, приоритетной целью взрывных работ становится не дробление горной породы, а безопасное взрывание с полным исключением опасных факторов взрыва. Выполнение данных требований возможно при помощи особых взрывных технологий, применяемых при добыче полезного ископаемого.

В работе предложены и практически испытаны в производственных условиях строительства специального объекта, эффективные методы, направленные на снижение опасных факторов взрыва. Для этого были определены следующие параметры взрывных работ:

1. эффективность внедрения новейших систем инициирования зарядов взрывчатых веществ для уменьшения сейсмического воздействия на охраняемые объекты до приемлемого значения;
2. эффективность использования укрытий для исключения разлёта кусков горной массы;
3. эффективность применения технологии разрезной траншеи для снижения опасных факторов взрыва.

При выполнении исследований было определено, что совместное использование изложенных мер позволяют практически полностью исключить опасные факторы взрыва, тем самым обеспечивая необходимые требования промышленной безопасности по ведению взрывных работ в стеснённых условиях.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор В.А. Белин; к.т.н., доцент Г.Б. Фёдоров

**ГРОМЦЕВ К.В.**

Санкт-Петербургский Горный университет

## **ЗАКЛАДКА ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПОЛОГИХ СОЛЯНЫХ ПЛАСТОВ ДЛИННЫМИ СТОЛБАМИ**

**GROMTSEV K.V.**

St. Petersburg Mining University

## **THE BACKFILL OF MINED-OUT SPACE DURING FLAT-LYING SALT SEAMS MINING USING LONG-WALL METHOD**

Анализ мирового опыта разработки калийных месторождений показывает, что основные проблемы при разработке калийного рудника - это высокий уровень потерь полезного ископаемого и повышенная опасность затопления горных выработок в результате нарушения сплошности водозащитной толщи (ВЗТ). Закладка выработанных пространств позволяет комплексно решать данные проблемы.

Цель работы: повышение безопасности разработки пологих пластов длинными столбами путем закладки выработанного пространства. Методы исследования: анализ научно-технических источников по тематике работы, лабораторные испытания деформационных и прочностных характеристик образцов закладочного массива, компьютерное моделирование сводов обрушений в окрестности заложенных выработанных пространств на основе численных методов.

Был проведен анализ опыта применения технологий разработки длинными столбами с применением закладки выработанного пространства. Предложен способ расположения закладочных массивов в выработанном пространстве лав. Рассмотрены варианты обоснования параметров закладочных массивов.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Е.Р. Ковальский

**ДЕНИСОВА А.И.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЫЕМКИ КАЛИЙНЫХ ПЛАСТОВ С  
КОМБИНИРОВАННОЙ ОТРАБОТКОЙ СЛОЁВ**

**DENISOVA A.I.**  
St. Petersburg Mining University

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR POTASSIUM MINING WITH  
COMBINED LAYER MINING**

Технологическая схема выемки калийного пласта Третьего горизонта Старобинского месторождения с неустойчивой непосредственной кровлей должна включать селективную выемку с применением технологии слоевой выемки на полную мощность пласта. Это обусловлено как повышением производительности применяемого оборудования, так и большими расходами на подготовку выемочных столбов. Данные расходы включают в себя проведение выработок и их поддержание в течение срока службы, что особенно сложно и затратно при сложных горно-геологических условиях и значительной глубине ведения горных работ. Вместе с тем, применение технологических схем со сплошной выемкой пластов сопряжено с повышением требований к мощности и надежности добычного и иного оборудования, что ведет к увеличению его стоимости.

В связи с этим возникает необходимость разработки технологических схем, сочетающих в себе: малые затраты на подготовительные работы и поддержание штреков верхних лав на участках пласта с неустойчивой кровлей при глубине залегания более 800 м; рациональное применение оборудования; исключение потери производительности верхних лав при переходе ими выбросоопасных структур – «мульд погружения пласта».

Разработанный способ слоевой выемки калийных пластов с опережающим проведением подготовительных выработок является технически осуществимым, обладает рядом значительных преимуществ. Комбинация сплошной системы отработки верхнего сильвинитового слоя и столбовой системы разработки нижнего сильвинитового слоя Третьего калийного пласта позволит ускорить начало очистных работ и существенно снизить затраты на подготовительные работы. При сохранение положительных черт слоевой выемки сокращается объем монтажно-демонтажных работ, а также снижается разубоживания полезного ископаемого. Данный способ позволит вовлечь в отработку запасы на глубоких горизонтах (ниже 1000 м).

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Ю.Г. Сиренко

**ДОБРОХОТОВ И.Н.**

Норильский государственный индустриальный институт

**ПРИМЕНЕНИЕ КОНТУРНОГО ВЗРЫВАНИЯ ПРИ ПОДЗЕМНОМ  
СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И ДОБЫЧЕ РУД**

**DOBROKHOTOV I.N.**

Norilsk State Industrial Institute

**THE APPLICATION OF CONTOUR BLASTING IN UNDERGROUND  
CONSTRUCTION OF MINE WORKINGS AND MINING ORE**

В настоящее время геомеханическая обстановка на глубоких рудниках Талнахского рудного узла представляется крайне осложненной. Это связано с увеличением глубины разработки рудных залежей до 1500 метров и формированием зон повышенного горного давления. Эффективное освоение минерально-сырьевых ресурсов связано с дальнейшим совершенствованием технологии ведения очистных работ. Внедрение контурного взрывания может внести значительный вклад в повышение эффективности подземных горных работ как при строительстве горных выработок, так и при добыче руд. Для обеспечения безопасного ведения работ горное предприятие осуществляет непрерывный мониторинг состояния выработанного пространства и земной поверхности.

Контурное взрывание применяется на всех рудниках НПП, но не повсеместно, а только на участках с сильной нарушенностью массива и при проходке особо ответственных выработок.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент З.Г. Уфатова

**ДОЛЖИКОВ И.С.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ С  
АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ  
ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕ УГЛЯ**

**DOLZHIKOV I.S.**

St. Petersburg Mining University

**PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT WITH AN AUTOMATIC MONITORING  
AND CONTROL SYSTEM FOR UNDERGROUND COAL MINERS**

Основными источниками непостоянного шума на рабочих местах подземного персонала угольных шахт являются: очистные и проходческие комбайны, ручной механизированный инструмент, вентиляторы местного проветривания, ленточные и скребковые конвейеры, трансформаторные подстанции и компрессорное оборудование с непрерывным циклом работы. При работе вентилятора местного проветривания, уровень звука достигает 100 –110 дБА, а при работе ручного пневматического перфоратор 120 дБА, что на 20 - 40 дБА превышает нормируемый эквивалентный уровень звука на рабочем месте в 80 дБА.

Наиболее подвержены воздействию повышенного уровня шума на рабочих местах: машинисты горных выемочных машин, горнорабочие очистного забоя, проходчики.

Проведенный анализ состояния условий труда на АО «Шахтоуправление «Обуховская» за 2015 - 2017 гг. показал, что в среднем в год на предприятии фиксируется более 80 случаев впервые установленных профессиональных заболеваний, из которых на нейросенсорную тугоухость приходится более 20%. Анализ состояния условий труда на ООО «Шахтоуправление «Садкинское» за 2018 год показал, что при списочной численности работников шахты 697 человек, во вредных условиях труда под воздействием шума ультразвука, инфразвука находится 403 человека.

В результате произведённых измерений эквивалентного уровня звука за рабочую смену на рабочих местах подземных горнорабочих персональными шумомерами установлены превышение по эквивалентному уровню звука А за рабочую смену (ПДУ = 80 дБА) от 10 до 23 дБА.

На сегодняшний день при подземной добыче каменного угля отсутствует инфраструктура способная в режиме постоянного мониторинга оценивать значения вредных производственных факторов. Существующие многофункциональные системы безопасности угольных шахт решают задачи по обеспечению связи, оповещения и определения местоположения работников, что является недостаточным для обеспечения контроля за уровнями вредных производственных факторов.

Установлена возможность изменения уровня профессионального риска от значений эквивалентного уровня звука А за рабочую смену и пикового уровня звука С при применении автоматической системы мониторинга и контроля применения средств индивидуальной защиты.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.Н. Никулин

**ДЯДИК Ю.А.**

Норильский Государственный индустриальный институт

**ВЛИЯНИЕ САМОНАГРЕВАНИЯ СУЛЬФИДНЫХ РУД НА  
ПОЖАРООПАСНОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НОРИЛЬСКОГО РУДНОГО  
УЗЛА**

**DYADYK Y.A.**

Norilsk State Industrial Institute

**EFFECT OF SELF-HEATING OF SULFIDE ORE ON THE FIRE HAZARD OF  
DEPOSITS OF NORILSK ORE NODE**

В работе рассмотрены горнотехнические факторы пожароопасности руд при отработке нижних горизонтов северных залежей Октябрьского и Талнахского месторождений. Отмечено, что весьма высока вероятность самонагревания сульфидных руд и склонность к самовозгоранию и взрывчатости сульфидной пыли отдельных участков богатых сульфидных медно-никелевых руд.

Окисление сульфидных руд происходит непрерывно за счет поглощения кислорода из рудничной атмосферы и сопровождается выделением тепла. В рудничных условиях при скоплении больших объемов отбитой горной массы в течение длительного

времени в очистных, подготовительных выработках при свободном доступе воздуха к навалу рудной массы, окисление может сопровождаться интенсивным разогревом руды.

Указаны основные признаки развития окислительных процессов и признаки начальной фазы возможного подземного эндогенного пожара в совокупности с постоянным повышением температуры исходящего из забоя воздуха.

Приведена классификация сульфидных руд и вмещающих пород по склонности к самовозгоранию, месторождений по степени пожароопасности, мероприятия по предупреждению, локализации и ликвидации очагов самовозгорания.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент В.И.Склянов

**ЕРЕМЕЕВА А.М., ЗУБКО М.В.**  
Санкт-Петербургский горный университет

## **РАЗРАБОТКА СПОСОБА СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ РАБОТЕ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ**

**EREMEEVA A.M., ZUBKO M.V.**  
St. Petersburg Mining University

### **DEVELOPMENT OF A METHOD FOR REDUCING HARMFUL EMISSIONS FROM THE OPERATION OF DIESEL ENGINES TO COAL MINES**

Одной из наиболее острых проблем при работе в угольных шахтах является загазованность воздуха вредными веществами.

Наиболее распространенным способом снижения вредных соединений в воздухе рабочей зоны шахт является разбавление шахтного воздуха чистым подаваемым воздухом до необходимых концентраций, но эффективно применять данный способ возможно не в каждой зоне шахты.

Одним из способов улучшения состава отработанных газов является изменение состава используемого дизельного топлива за счет введения экологически чистых компонентов и биодобавок, позволяющих наиболее полно сгорать топливу и превращать угарный газ в углекислый.

При введении биодобавок в дизельное топливо, главным образом, уменьшаются выбросы вредных веществ после использования экологически чистого топлива в двигателе. Содержание углеводородов в отработанных газах снижается до 55 %, летучих органических соединений – до 59 %, оксидов углерода – до 45 %, количество дисперсных частиц снижается до 63 %.

Таким образом, использование биодобавок в составе гидроочищенного дизельного топлива при работе самоходного дизельного оборудования в угольных шахтах позволяет довести концентрацию вредных веществ в отработанных газах до требуемых норм.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Г.И. Коршунов

**ИЛЬЯШЕНКО И.С.**

Санкт-Петербургский горный университет

**РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ  
АЭРОТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ОТДЕЛЬНЫЕ РАБОЧИЕ МЕСТА  
КАРЬЕРОВ И РАЗРЕЗОВ**

**ILYASHENKO I.S.**

St. Petersburg Mining University

**DEVELOPMENT OF TECHNICAL MEASURES TO REDUCE THE  
AEROTECHNOGENIC LOAD ON INDIVIDUAL JOBS OF OPEN PIT MINING**

В работе предлагается применение инновационного способа пылеподавления на технологических подъездных дорогах карьеров и разрезов для снижения аэротехногенной нагрузки и оздоровления отдельных рабочих мест предприятий, осуществляющих разработку месторождений полезных ископаемых открытым способом.

На текущий момент одним из наиболее распространенных способов снижения пылевыделения с пылящих поверхностей автомобильных дорог карьеров и разрезов является гидроорошение и гидропропитка дорожного полотна. Однако часто гидрообеспыливание производится по неправильной технологии или вовсе не может применяться по причине экономической нецелесообразности или горнотехнических, метеорологических и иных особенностей места осуществления горных работ.

Таким образом, авторами работы предлагается использование разработанного связывающего состава, изготовленного на основе дешевого органического сырья: особым образом подготовленного льна, крахмала и воды. Применение данного раствора вместо воды решает несколько задач, поставленных перед проектом: улучшение условий труда по пылевому фактору и рост эффективности обеспыливания автодорог с одновременным снижением экономических затрат на обслуживание технологических дорог, поливочной техники, а также прочих текущих затрат.

В ходе работы были проанализированы основные характеристики раствора для обозначения возможности его применения поливочной техникой на открытых горных работах: концентрация, плотность, сила отрыва, адгезия и вязкость.

Для первичных испытаний раствора была изготовлена модель технологической подъездной дороги в масштабе 1:40. Производилась серия экспериментов и замеров на модели путем прогона по дорожному полотну имитации автосамосвала на радиуправлении, и с учетом отношения масс техники исследовалась степень разрушения устойчивой корки на дороге, представляющей собой высохший связывающий раствор.

Полученные результаты были закреплены исследованием натурального применения технологии на угольном разрезе Заречный предприятия АО «СУЭК-Кузбасс». Предлагаемый раствор показал более высокую эффективность снижения пылеобразования на технологических дорогах, чем гидроорошение и высокую устойчивость к изменяющимся метеорологическим условиям.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент С.В. Ковшов.



**КИРКИН А.П.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ДЛЯ  
РАЗУПРОЧНЕНИЯ ЦЕЛИКОВ НА УДАРООПАСНЫХ УЧАСТКАХ В  
УСЛОВИЯХ РУДНИКА «ТАЙМЫРСКИЙ»**

**KIRKIN A.P.**  
St. Petersburg Mining University

**SUBSTANTATION OF DRILLING AND BLASTING PARAMETERS FOR  
SOFTENING PILLARS IN ROCK BURST HAZARDOUS SECTIONS IN THE  
CONDITIONS OF THE TAYMIRSKY MINE**

В работе обоснован выбор параметров буровзрывных работ для разупрочнения удароопасных целиков с целью приведения подземных горных выработок и целиков в неудароопасное состояние и формирования защищенных зон для ведения очистных работ.

В настоящее время, на рудниках Талнаха при добыче руд на участках склонных или опасных по горным ударам, создание защищенной зоны выполняется путем бурения рядов разгрузочных скважин. Такой подход имеет следующие недостатки: высокая стоимость проведения буровых работ, технологические сложности при организации горных работ, необходимость проведения мероприятий по разгрузке массива заблаговременно, поскольку процесс перехода разгружаемого массива горных пород занимает длительное время.

Суть предлагаемого метода заключается в создании направленной горизонтальной отрезной щели, получаемой в результате одновременного взрывания в скважинах рассредоточенных зарядов взрывчатого вещества с воздушным промежутком. В результате интерференции встречных волн напряжений происходит образование трещин между скважинами.

В работе представлены результаты моделирования методом конечных элементов (методом спектральных элементов) процесса взаимодействия между собой двух параллельных зарядов с учетом влияния вертикальной и горизонтальной компонент тензора напряжений в массиве горных пород, и подтверждается возможность формирования волнового поля, вызывающего распространение трещин между скважинами в силу суперпозиции волн напряжений.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.П. Господариков

**КРАСНОУХОВА Д.Ю.**  
Санкт-Петербургский горный университет

## **ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОСТИ ТРУДА ОПЕРАТОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**KRASNOUKHOVA D.Y.**  
St. Petersburg Mining University

## **ASSESSMENT OF THE LABOR TANSION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OPERATOR**

На сегодняшний день оценка напряженности труда носит сугубо теоретический характер и не охватывают весь перечень факторов, оказывающих воздействие на работников. Это приобретает большее значение при оценке работы оператора, которая напрямую связана с монотонностью и напряженностью. Статистика, проведенная Министерством труда за 2018 год, показывает, что в 70% случаев возникновение аварийных ситуаций связано с человеческим фактором.

Согласно протоколу измерения напряженности трудового процесса, на рабочем месте оператора пульта управления установлен класс условий труда 2. Проведение хронометража на рабочем месте оператора и оценка напряженности труда, согласно Руководству по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса Р 2.2.2006-05, показало, что из 23 показателей 15 отнесены к 3 классу условий труда, при этом два из них относятся ко второй степени. Таким образом итоговый класс условий труда относится к 3.2.

Анализ проблемы показал, что необходимо введение комплексной оценки возможного воздействия на оператора фактора напряженности и разработка мероприятий по снижению риска возникновения ошибочных действий.

При работе оператора источники риска связаны с выполнением работ и действуют на всех работников, находящихся на заводе. Воздействие факторов приводит к ухудшению внимания работника к трудовому процессу. Воздействие психологического или физиологического перенапряжения усугубляет воздействие опасных и вредных факторов. Анализ источников риска помог установить явные источники, которые будут основополагающими при реализации каждого из установленных видов рисков.

Для анализа был выбран метод «Галстук-бабочка», который позволяет описать пути развития опасного события от причин до последствий. В методе сочетаются процесс изучения причин события и анализ последствий и отображаются с помощью деревьев событий. Также учитывается влияние факторов эскалации.

В ходе исследования проведен анализ факторов, воздействующих на оператора технологических процессов. Установлено, что специальная оценка условий труда не может полностью оценить напряженность трудового процесса оператора, в связи с чем произведен комплексный анализ всех возможных показателей и установлены основные источники риска.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.Н. Никулин

**КУРНОСОВ И.Ю.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗВУКА НА ИЗМЕНЕНИЕ  
ЗАПЫЛЕННОСТИ АЭРОЗОЛЕЙ В МЕТАЛЛУРГИИ**

**KURNOSOV I.Y.**

National University of Science and Technology "MISiS"

**RESEARCH OF THE INFLUENCE OF SOUND ON CHANGE OF AEROSOLS  
DUSTY IN METALLURGY**

Пылевое загрязнение на территории современных предприятий относится к одной из актуальнейших проблем современного производства. От пыли на предприятиях страдают не только люди, но и оборудование.

На сегодняшний день существует множество различных способов по удалению или защите от пыли, но большинство таких способов либо неэффективно, либо требуют большое количество, как физических (обслуживание, чистка, замена фильтров) так и финансовых затрат. Для снижения такого рода затрат было предложено исследовать воздействие импульсной вентиляции в комплексе с звуковыми волнами (различной частоты) не превышающими предельно допустимого уровня (ПДУ) звука.

В предыдущих исследованиях массопереноса аэрозолей использовались только неслышимые диапазоны – ультразвук и инфразвук. В данной работе планируется провести исследование массопереноса аэрозолей в слышимом диапазон частот. В этой связи данная тема является актуальной.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.Э. Филин

**МАГАФУРОВ М.И.**

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ  
РАЗРАБОТКИ ПРИ ОСВОЕНИИ РАЗНОСОРТНЫХ РУД  
СЛОЖНОСТРУКТУРНОЙ ЗАЛЕЖИ**

**MAGAFUROV M.I.**

Nosov Magnitogorsk State Technical University

**JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE COMBINED DEVELOPMENT  
SYSTEM FOR THE DEVELOPMENT OF DIFFERENT-GRADE ORES OF A  
COMPLEX STRUCTURE DEPOSIT**

Генезис рудных залежей характеризуется неравномерным распределением полезных и сопутствующих компонентов, а также невыдержанными морфологией и условиями залегания. При этом отработка таких залежей производится одной системой разработки, выбранной в проекте по усредненным параметрам, что сопровождается снижением экономической эффективности освоения месторождения или отдельного рудного тела. В частности это проявляется при использовании камерных систем разработ-

ки с закладкой для отработки руд с низким содержанием полезного компонента. И, наоборот, применение систем разработки с обрушением руды и вмещающих пород не обеспечивает полноту выемки особо ценных руд.

В связи с этим, целью работы является обоснование параметров комбинированных систем разработки с учетом идеи основанной на дифференцированном применении систем разработки для различных участков месторождения. В первую очередь производится выбор способа поддержания очистного пространства на основе разделения рудной залежи по содержанию полезного компонента. Далее производится горно-геологическое конструирование вариантов систем разработки принятых классов с учетом максимальной однотипности подготовки и адаптивности к изменяющимся горно-геологическими, техническими и экономическими условиями.

В работе представлены конструкции и обоснованы параметры адаптивных комбинированных систем разработки, обеспечивающих повышение общей эффективности разработки рудной залежи, рассмотрены технически возможные способы подготовки рудных тел и порядок ведения горных работ. В качестве рекомендаций по выбору способа поддержания очистного пространства приведены экономически эффективные области их применения в зависимости от содержания полезного компонента.

Выводы и рекомендации могут быть использованы при проектировании и отработке месторождений с аналогичными горно-геологическими условиями.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.М. Мажитов

**МАЛЕВАННЫЙ Д.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОВОДНОЙ РАЗРАБОТКИ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ КАПСУЛЫ С АТМОСФЕРНЫМ ВОЗДУХОМ**

**MALEVANNYI D.V.**

St. Petersburg Mining University

## **IMPROVING THE TECHNOLOGY OF DEEP-WATER MINING OF SOLID MINERALS USING CAPSULE WITH ATMOSPHERIC AIR**

В работе рассматривается возможность совершенствования технологии глубоководной разработки твердых полезных ископаемых, железомарганцевых конкреций, кобальтоносных марганцевых корок, глубоководных полиметаллических сульфидов, с использованием погружной капсулы, заполненной атмосферным воздухом.

Представлен анализ существующих систем разработки, выделена основная мировая концепция развития. Представлена и проанализирована структура комплексной механизации подводной добычи с анализом каждой структурной единицы. Выявлены ключевые ограничивающие факторы производства, а также основные недостатки систем добычи глубоководных полезных ископаемых. Произведен расчет параметров цикла с выходом на экономически целесообразную годовую производительность, а также необходимую глубину погружения капсулы.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент С.Л. Сержан

**МИРОНОВА К.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УЧАСТКОВ  
ТЕХНОГЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**MIRONOVA K.V.**

St. Petersburg Mining University

**TECHNOLOGY FOR FORMING PERSPECTIVE SECTORS OF A TECHNOGENIC  
DEPOSIT**

В настоящее время формирование техногенных месторождений, представленных отходами обогатительных фабрик, происходит естественным образом без учета сегрегационного процесса, что приводит к значительным затратам при вовлечении их в разработку

Также после пяти лет складирования хвостов обогащения в них начинают происходить физико-химические преобразования, приводящие к снижению ценности техногенного сырья.

Управление сегрегационным процессом при формировании техногенного месторождения и создание изоляционного материала решает множество проблем при его освоении, а именно, дает четкую картину о содержании полезного компонента в том или ином разрабатываемом участке, выделяет участки перспективные для использования в различных отраслях промышленности, сохраняет ценность техногенного сырья и значительно повышает безопасность ведения горных работ.

В ходе проделанных исследований разработаны технология формирования перспективных участков техногенного месторождения, устройство для его осуществления и изоляционный материал, проведены компьютерное моделирование сегрегационного процесса и лабораторные исследования на различных полидисперсных материалах.

Выявлены зависимости параметров формируемой секции от применяемого горно-транспортного оборудования и укладываемого объема техногенного сырья; распределения осевых и окружных составляющих скоростей потока в сечении трубопровода; установлена эффективность сегрегационного процесса от диаметра трубопровода и шага навивки.

При расчете экономической эффективности следует учитывать не только получение дополнительной продукции, но и сокращение расходов на создание и эксплуатацию хвостохранилищ, хранение отходов, предотвращение или снижение ущерба от загрязнения окружающей среды отходами обогатительных фабрик.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент К.Р. Аргимбаев

**МУРЗИН Н.В.**

Иркутский Национальный Исследовательский Технический Университет

## **СПОСОБЫ РАЗРАБОТКИ ЗАПАСОВ ТЕХНОГЕННЫХ ДРАЖНЫХ ПОЛИГОНОВ**

**MURZIN N.V.**

Irkutsk National Research Technical University

### **METHODS FOR DEVELOPING RESERVES OF TECHNOGENIC TRAFFIC SITES**

В настоящее время доля золота, добываемого из россыпей, в особенности дражным способом, неуклонно снижается. В первую очередь это связано с истощением целиковых запасов при отсутствии прироста за счет геологоразведки. В то же время в техногенных россыпях сосредоточены значительные запасы ценных компонентов. При разработке техногенных россыпей действующими предприятиями запасов достаточно для работы, по разным оценкам, в течение 15-70 лет. В связи с этим вовлечение в отработку техногенных россыпей представляет собой актуальную задачу.

В связи с тем, что техногенные отложения имеют, как правило, довольно низкое содержание ценных компонентов для их отработки необходимо использование производительного и поточного способа разработки, каким и является дражный. Кроме того, большая часть (60-80%) техногенных месторождений представлена целиками в бортах и отвалами, оставленными после прохода драги. В настоящее время почти половина драг достаточно успешно работает на техногенных россыпях, в том числе дражных отвалах, сформированных 20-60 лет назад.

Из опыта эксплуатации техногенных россыпей горными предприятиями следует, что себестоимость добычи металла в этом случае значительно меньше (иногда в 5 раз) по сравнению с освоением целиковых запасов. Последнее связано с резким сокращением объемов горноподготовительных и гидротехнических работ, а также улучшением промывистости полезного ископаемого.

В то же время на практике, при отработке техногенных россыпей драгами был выявлен ряд проблем. Одной из таких проблем явилось усложнение условий драгирования отвалов с достаточно большой мощностью рыхлых отложений, что вызвано, в первую очередь, обрушением верхней кромки забоя. Помимо этого, из-за неоднородности техногенных отложений по вертикали на производстве столкнулись с рядом сложностей связанным с неравномерностью загрузки обогатительного оборудования, а также высокими нагрузками на черпаковую цепь, что в ряде случаев приводит к её сходу.

В данной работе выполнен анализ перспектив развития дражного способа разработки техногенных отложений, произведен обзор проблем, с которыми столкнулась практика при драгировании техногенных россыпей, а также предложены способы отработки запасов техногенных дражных полигонов, позволяющие решить данные проблемы, а также повысить производительность и эффективность драгирования.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Б.Л. Тальгамер

**ПЫЛАЕВА И.Е.**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ, АНАЛИЗ, ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ РИСКАМИ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА**

**PYLAEVA I.E.**

St. Petersburg State Technology Institute

**HAZARDS IDENTIFICATION, ANALYSIS, ASSESSMENT AND MANAGEMENT  
OF PROFESSIONAL RISKS IN THE FIELD OF OSH**

В настоящее время охрана труда находится на пороге существенных преобразований. Наряду с уже распространенными методами и формами управления имеется необходимость внедрения новых форм и моделей по управлению охраной труда на производстве.

По данным Министерства труда и социальной защиты РФ каждые три минуты в результате несчастного случая или профессионального заболевания в мире погибает один человек, а в каждую секунду четверо работающих получают травму.

Количество погибших остается наиболее высоким по сравнению с другими видами экономической деятельности в строительстве, обрабатывающих производствах, сельском и лесном хозяйстве, в сфере транспорта, добыче полезных ископаемых.

Согласно принятой Конвенции МОТ № 187 «Об основах, содействующих безопасности и гигиене труда» основной целью национальной политики должно быть предупреждение несчастных случаев и повреждения здоровья, возникающих в результате работы. В России разработаны и действуют программы, направленные на решение поставленной цели - совершенствования системы охраны труда и снижения уровней профессиональных рисков. За период с 2009 по 2019 годы зафиксировано снижение уровня производственного травматизма и профессиональной заболеваемости на 26 %. Несмотря на это, решённой эту проблему назвать нельзя во всех отраслях экономики, и, особенно, в отраслях, характеризующихся работами с повышенной опасностью. К таким отраслям относится горная, на объектах которой ведётся добыча полезных ископаемых, их переработка и обогащение.

Для профилактики производственного травматизма необходимо идентифицировать опасности, анализировать вероятность возникновения опасных событий, оценить возможность последствий для принятия решений о необходимости учёта и управлять профессиональными рисками.

Применяемые в настоящее время в России стандарты по управлению охраной труда ориентируют все организации на количественную оценку имеющихся профессиональных рисков и их уменьшение или устранение. Однако конкретные методики подготовки соответствующих программ или планов не предполагаются. Применяемые методики дают противоречивые результаты и в большинстве являются достаточно субъективными.

Для снижения производственного травматизма и профессиональной заболеваемости необходимо совершенствовать систему учета и оценки воздействия факторов производственной среды и трудового процесса на рабочих местах.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.С. Мазур

**ТРАПЕЗНИКОВ А.С.**

Тверской государственной технической университет

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАССТИЛА ТОРФА**

**TRAPEZNIKOV A.S.**

Tver state technical University

### **STUDY OF POSSIBILITY OF IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF PEAT LAYER**

В работе рассмотрено влияние технологических параметров расстила торфа на длительность его сушки уборки, а также улучшение физико-механических показателей готовой топливной продукции.

Расстил, создаваемый фрезерными машинами неудовлетворителен по технологическим характеристиками и не создает оптимальных условий для сушки и уборки торфа. Для улучшения условий сушки торфа и повышения коэффициент сбора, фракции должны быть однородными и оптимального размера. Торф равномерно распределен по всей площади сушки в слое заданной толщиной, которая приближается к среднему оптимальному размеру частиц для обеспечения требований по улучшению технологических параметров расстила торфа.

Одновременно с улучшением технологических параметров расстила торфа, которые влияют на длительность сушки, на качество уборки, а также на качество готовой топливной продукции (насыпная плотность, намокаемость, теплоплотность).

Одним из способов создания равномерного расстила является формование сфрезерованной торфяной массы в небольшие кусочки (пеллеты) с введением в технологический процесс добычи торфа механической переработки. Дополнительная переработка в сочетании с формованием резко изменяет физико-механические свойства торфа, улучшает качество готовой продукции, ускоряет процесс сушки, что должно привести к увеличению цикловых и сезонных сборов.

Для улучшения физико-механических показателей создан фрезерующе-формулирующий механизм по добыче и формованию торфа, состоящий из фрезы, растирателя и формователя. Производительность растирателя должна соответствовать поступательной скорости трактора, а кусочки (пеллеты) выстилаться толщины в 2-3 ряда.

На основании экспериментальных исследований установлено значительное преимущество формованных пеллет по сравнению с фрезерным торфом:

- повысилась интенсивность сушки,
- увеличались сборы с единицы площади при той же длительности цикла,
- насыпной вес готовой продукции,
- снизилась водопоглодительная способность.

Установлено, что для улучшения условий сушки торфа и повышения коэффициента сбора, фракции должны быть однородными и оптимального размера. Торф равномерно распределяется по всей площади сушки в слое заданной толщиной, которая приближается к среднему оптимальному размеру частиц для обеспечения требований по улучшению технологических параметров расстила торфа.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент О.В. Пухова



**ТЮКОВ П.О.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ С УЧЕТОМ  
ГАБАРИТОВ ОСНОВНОГО РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМОГО  
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ  
ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ**

**TYUKOV P.O.**  
St. Petersburg Mining University

**SUBSTANTIATION OF DEVELOPMENT SYSTEM PARAMETERS TAKING INTO  
ACCOUNT BASIC DIMENSIONS OF WORKING EQUIPMENT APPLICABLE IN  
THE DEVELOPMENT OF USEFUL DEPOSITS BY OPEN PIT**

В работе обосновывается зависимость влияния габаритов комплекса выемочно-погрузочного и транспортного оборудования (звено экскаватор-автосамосвал) на параметры системы разработки, обеспечивающая повышение эффективности разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом.

Эффективность разработки карьеров при использовании комплекса выемочно-погрузочного и транспортного оборудования (звено экскаватор-автосамосвал) повышается за счет увеличения диапазона допустимых параметров систем разработки.

В ходе исследования было выявлено:

- габариты комплекса выемочно-погрузочного и транспортного оборудования (звено экскаватор-автосамосвал) главным образом влияют на высоту уступа и ширину рабочей площадки.

- основным показателем, влияющим на параметры системы разработки при использовании комплекса выемочно-погрузочного и транспортного оборудования (звено экскаватор-автосамосвал) является габариты выемочно-погрузочной техники.

**Научный руководитель:** к.т.н., ассистент Е.В. Логинов

**ФИЛИНА В.А.**  
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ МЕТОДОМ  
ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ ВЕНТИЛЯЦИИ**

**FILINA V.A.**  
National University of Science and Technology "MISiS"

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF DUST SUPPRESSION ON THE BASIS OF  
THE PULSATING VENTILATION**

Режим пульсирующей вентиляции доказал эффективность повышения перемешивающих свойств воздушного потока на примере динамически активных газов в условиях угольных шахт. Суть заключалась в перемешивании подаваемого воздуха через вентиляцию с метаном. Существует вероятность развития научных основ и практиче-

ского применения режима пульсирующей вентиляции для решения задач с вредными и опасными аэрозолями на горно-металлургическом производстве.

Суть гипотезы заключается в том, что преднамеренно увеличиваем турбулизацию воздушного потока, что позволяет увеличить количество столкновений пылинок, витающих в воздушной среде с капельками воды или ПАВов. Ожидается, что этот процесс должен привести к повышенному оседанию пыли совместно с капельками воды. Это позволит решить задачу улучшения условий труда на рабочих местах.

На данный момент построена лабораторная модель, которая позволит получить первоначальное понимание закономерностей массопереноса в условиях аэрозолей. Предполагается, что возможно будет получить физическое подтверждение влияния пульсирующей вентиляции на увеличение эффективности осаждения витающей пыли при помощи орошения.

Дальнейшее развитие этого метода будет строиться на промышленных экспериментах для получения необходимого статистического материала для получения уточненных математических зависимостей и на основании их формировать методику с учетом рациональных параметров массопереноса для указанных условий.

**Научный руководитель:** д.т.н., доцент Т.И. Овчинникова

**ХАЖЫБЛАЙ Ч.В.**

Российский университет дружбы народов

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОБНАЖЕНИЯ ПО МЕТОДУ МЭТЬЮЗА-ПОТВИНА В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ВТОРИЧНЫХ ПОЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СОЛЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАМЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ**

**KHAZHUYLAY CH.V.**

Peoples' Friendship University of Russia

**ESTIMATION OF SUSTAINABILITY OF DETECTION BY THE MATTHEWS-TWIN METHOD UNDER CONDITIONS OF SECONDARY VOLTAGE FIELDS DEVELOPMENT WHEN DEVELOPING SALT DEPOSITS BY CAMERA SYSTEMS**

В статье представлены результаты исследовательской работы, посвященной геотехнологическому подходу оценки устойчивости обнажений при проектировании камер (метод графов устойчивости N Мэтьюза-Потвина) соляных месторождений в условиях развития вторичных полей напряжения при камерной системе разработки, а также результаты исследований, по количественной оценке, состояния массива по методу Q' Бартона. Даны общие сведения о методе оценки обнажений массива горных пород в глубоких выработках. Анализ применения данного метода оценки обнажений во вторичных полях напряжений в условиях разработки месторождений конвергентными горными технологиями, т. е. при системе разработки сотовыми конструкциями.

Выполнен консервативный расчет параметров камеры (ширина и высота) для очистных камер и выработок Нивенского месторождения на стадии проектирования горных работ в нескольких сценариях.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор В.А. Еременко

## ***Технологии освоения подземного и наземного пространства. Геомеханика и управление состоянием массива***

**АММОН Е.В.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

### **МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТОННЕЛЕЙ ПОД ОТВЕТСТВЕННЫМИ ЗДАНИЯМИ И СООРУЖЕНИЯМИ**

**AMMON E.V.**

National University of Science and Technology "MISiS"

### **MONITORING OF DEFORMATIONS DURING CONSTRUCTION OF TUNNELS UNDER RESPONSIBLE BUILDINGS AND STRUCTURES**

В настоящее время транспортная сеть города Москвы активно развивается. Речь идет не только о подземном строительстве тоннелей и станций метрополитена, а также и об активной эксплуатации наземных железнодорожных путей.

С вводом в эксплуатацию Московского центрального кольца (МЦК) в октябре 2016г. и двух участков Московских центральных диаметров (МЦД) в конце ноября 2019 г., нагрузка на наземные транспортные сети возросла и в ближайшее время только лишь увеличится, в связи с тем, что планируется открыть еще четыре участка МЦД.

Строительные работы, как правило, осуществляются в стесненных городских условиях, что влечет за собой выполнение комплекса геотехнического мониторинга, который в обязательном порядке включает в себя геодезическо-маркшейдерские наблюдения.

При выполнении работ по геотехническому мониторингу используются традиционные методы наблюдений за деформациями: нивелирование – для определения изменения высотного положения наблюдаемых объектов, и линейно-угловые измерения (ручные и автоматизированные) – для определения планового смещения наблюдаемых объектов.

В дополнение к традиционным методам наблюдений за деформациями предлагается использование скважинных инклинометров и магнитных экстензометров, которые позволяют определить смещение грунтового массива в плане и по высоте.

Применение данного метода позволяет зафиксировать деформационные процессы на стадии их развития под землей, что позволяет на более ранней стадии выполнить противоаварийные мероприятия.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Г.О. Абрамян

**АНТИПОВ В.В.**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

**ОПЕРАТИВНАЯ ОЦЕНКА МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ДИСПЕРСНЫХ  
ГРУНТОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОЛЕВОГО АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТНЫХ  
ВОЛН**

**ANTIPOV V.V.**

Perm National Research Polytechnic University

**EXPRESS ASSESSMENT OF DEFORMATION MODULUS OF DISPERSIVE SOILS  
BY THE RESULTS OF IN-SITU ANALYSIS OF SURFACE WAVES**

В настоящее время исходные данные для геотехнических расчетов предоставляются на основе результатов испытаний традиционными разрушающими методами. Их применение на этапе оперативных предварительных геотехнических прогнозов приводит к значительным экономическим, временным и трудовыми затратам. Возникает потребность в развитии и использовании современных недорогих оперативных методов, среди которых выделяются неразрушающие методы анализа поверхностных волн. Они основаны на анализе распространения поверхностных волн рэлеевского типа в грунтовом массиве. Эти методы позволяют получить волновой профиль разреза, определить наличие/отсутствие аномальных участков и оценить физико-механические характеристики грунтов для предварительных геотехнических расчетов. Задача разработки практических методов оперативной оценки физико-механических характеристик грунтов по результатам неразрушающего анализа поверхностных волн является актуальной.

В работе предложен неразрушающий способ оперативной оценки модуля деформации дисперсных грунтов по результатам полевых испытаний неразрушающим анализом поверхностных волн. Оцененный модуль деформации будет сопоставим с модулем деформации по результатам испытаний штампом площадью 5000 см<sup>2</sup> по ГОСТ 20276. Оцененный модуль деформации будет применим в пределах действия принципа линейной деформируемости грунтов, т. е. при небольших давлениях до 400 кПа. Предложенный способ защищен патентом на изобретение. Способ основан на оценке модуля деформации через динамический модуль сдвига, определяемый по результатам анализа поверхностных волн, с использованием переходного коэффициента, зависящего от удельного веса грунта. Область применения предложенного способа: нормально уплотненные дисперсные грунты любой влажности ненарушенной структуры с удельным весом 16,0–20,8 кН/м<sup>3</sup>.

При предварительной геотехнической оценке площадки применение анализа поверхностных волн для оперативной оценки модуля деформации дает трехкратное снижение трудоемкости и пятикратное снижение затрат по сравнению с традиционными методами при одной точке испытаний на поверхности. Результаты можно получить в день испытаний. Полученные результаты оперативной оценки модуля деформации грунтов можно использовать в качестве исходных данных для предварительных геотехнических расчетов оснований и численного моделирования.

**Научный руководитель:** д.т.н., доцент В.Г. Офрихтер

**БАБИЧЕВА М.Б.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## **МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ПОМОЩИ BIM - ТЕХНОЛОГИИ**

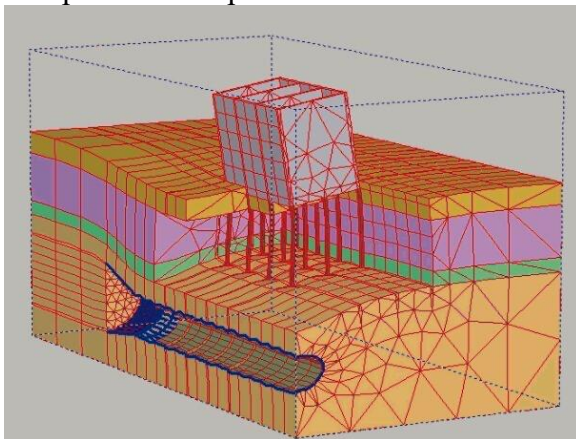
**BABICHEVA M.B.**

National University of Science and Technology "MISIS"

## **MONITORING THE STATE OF ROCK MASSIVES BY MEANS OF BIM - TECHNOLOGIES**

Цель технологии - соединить в единой модели все виды деятельности (инженерных изысканий, проектирования, строительства).

Первичным этапом является создание трехмерной модели инженерно-геологических условий, которая учитывает свойства грунтов, наличие опасных процессов и специфических грунтов, а также распространение «слабых» грунтов и гидрогеологическую обстановку. Производится топографическая съемка с применением как цифровых теодолитов-тахеометров, так и систем лазерного сканирования, а на стадии камеральных работ по массиву точек координатной геометрии (COGO) производится построение поверхности.



После этого модель дополняется зданием или сооружением и начинается процесс проектирования.

Все возводимые элементы имеют заданные проектом геометрические характеристики, вписанные в природные особенности участка.

Главное отличие от построения стандартных моделей заключается в том, что информация, полученная за весь период эксплуатации зданий и горных выработок, будет храниться в единой модели, что по-

зволит иметь динамически изменяемую модель. Данная модель позволяет производить расчет устойчивости, имея информацию по всей модели, а также заблаговременно предотвратить аварийные ситуации.

Можно предположить, что следующим шагом перевода инженерно-геологических изысканий в цифровую модель будут искусственные нейронные сети, которые позволят определять границы инженерно-геологических элементов на основании вводимых интервалов и посредством анализа лабораторных данных. Технически, составление алгоритма выделения элементов по массиву данных сегодня – вполне решаемая задача. Но при этом требуется изменение критериев отбора образцов в количестве большем, чем предусмотрено ГОСТом.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Н.П. Сапронова

**БУСЛОВА М.А.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ЦЕЛИКОВ МЕЖДУ  
БУРОДОСТАВОЧНЫМИ ВЫРАБОТКАМИ, РАСПОЛОЖЕННЫМИ В ЗОНЕ  
ВЛИЯНИЯ ОПИРАНИЯ ПОРОДНОЙ КОНСОЛИ, В УСЛОВИЯХ  
ГРАВИТАЦИОННО-ТЕКТОНИЧЕСКОГО ПОЛЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ  
НАПРЯЖЕНИЙ**

**BOUSLOVA M.A.**  
St. Petersburg Mining University

**GEOMECHANICAL ASSESSMENT OF PILLARS STRENGTH BETWEEN  
DEVELOPMENT HEADINGS LOCATED IN THE AREA OF INFLUENCE OF  
ROCKS CONSOLE SUPPORT UNDER CONDITIONS OF GRAVITATIONAL-  
TECTONIC FIELD OF NATURAL STRESSES**

В качестве мероприятия по управлению горным давлением на рудниках, разрабатывающих крутопадающие рудные залежи, применяется обрушение до поверхности необрушенных пород в висячем боку, нависающих вследствие отработки полезного ископаемого.

Поэтому особенно актуальной становится задача об оценке напряженно-деформированного состояния целиков между выработками, которые находятся в зоне влияния опирания породной консоли.

В процессе проведения данного исследования была поставлена задача об прогнозировании напряженно-деформированного состояния массива в окрестности горных выработок буро-доставочного горизонта, расположенного в зоне влияния опирания породной консоли.

В работе представлены результаты многовариантного моделирования напряженно-деформированного состояния целиков между выработками буро-доставочного горизонта, расположенных в зоне влияния опирания породной консоли в условиях гравитационно-тектонического поля напряжений со значительной величиной горизонтальной компоненты.

Выполнен анализ прочности целиков при изменении следующих параметров: длины консоли, ширины целиков, коэффициента трения по контакту системы «обрушенная порода – ненарушенный массив». Приведен анализ влияния изменения модуля деформации обрушенных пород на напряженно-деформированное состояние целиков.

Резюмируя результаты исследования, можно заключить следующее: гравитационно-тектоническое поле напряжений со значительной величиной горизонтальной компоненты оказывает существенное влияние на напряженное состояние целиков, частично компенсируя влияние консоли; при малой ширине целика происходит концентрация напряжений вследствие поворота направления главных напряжений, а увеличение ширины целика сверх определенной ширины не приводит к уменьшению главных напряжений, т.к. не происходит разгрузка; необходимо учитывать упругий отпор, оказываемый обрушенными породами, а исследование влияния упругого отпора обрушенной массы следует продолжить более углубленно.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.Г. Протосеня

**БЫКАСОВ Д.А.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НЬЮТОНА ВТОРОГО ПОРЯДКА ПРИ РЕШЕНИИ  
НЕЛИНЕЙНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

**BYKASOV D.A.**  
St. Petersburg Mining University

**APPLICATION OF NEWTON'S METHOD FOR SOLVING GEODETIC  
NONLINEAR PROBLEMS**

Работа посвящена применению метода Ньютона второго порядка при решении геодезических задач. В геодезии много задач, где необходимо решать системы нелинейных уравнений — это работа с различными системами координат, уравнивание геодезических сетей, построение цифровой модели местности. Со временем появляются потребности в новых способах обработки и решения данных задач. Современное развитие техники позволяет искать новые методы решения с использованием нелинейного программирования. В настоящей работе подробно описаны идеи метода Ньютона второго порядка, сходимость метода, а также рассмотрено применение метода Ньютона при решении геодезических задач.

Данный метод позволяет найти решение используя информацию о значении функции, и ее первых и вторых производных. Плюсом метода является квадратическая сходимость решения, более совершенный алгоритм поиска, по сравнению с градиентными методами и возможность применять метод для решения систем нелинейных уравнений. Минусом метода является предварительная подготовка: необходимо заранее вычислить первые и вторые производные целевой функции. В данной работе, проблема вычисления производных, была решена благодаря применению численных методов вычисления производной.

При выполнении геодезических работ возникает задача перевода координат точек из одной системы координат в другую. Преобразование координат в зависимости от задач бывают двумерные так и трехмерные. Двумерный применяется для преобразования координат из одной декартовой системы в другую. Трехмерный метод применяется для преобразования пространственных прямоугольных координат. В связи с широким использованием спутниковых навигационных систем в геодезии и других науках, актуальной становится задача определения параметров преобразования при переходе от одной пространственной системы координат к другой. В работе предлагается один из возможных путей оптимального решения задачи по определению параметров связи между системами координат.

В работе произведено вычисление широты места методом Ньютона первого порядка и методом Ньютона второго порядка, анализ полученных результатов. Также метод Ньютона второго порядка уже был применен для вычисления параметров сечения дымоходной трубы. Успешное применение метода Ньютона второго порядка при решении вышперечисленных задач, показывает возможность реализации метода при уравнивании линейно-угловой сети. В работе были решены задачи: описание целевых функций для поиска параметров преобразования и определения широты места методом Ньютона второго порядка; реализация метода Ньютона второго порядка в Mathcad 15.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.В. Зубов

**ВИЛЬНЕР М.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО  
СОСТОЯНИЯ НА СОПРЯЖЕНИЯХ В ТРЕЩИНОВАТЫХ  
СЛАБОНАПРЯЖЁННЫХ МАССИВАХ**

**VILNER M.A.**

St. Petersburg Mining University

**GEOMECHANICAL FORECAST OF A STRESS-STRAIN STATE AT  
INTERSECTIONS IN DISCONTINUOUS LOW STRESSED ARRAYS**

Изучение напряженно-деформированного состояния массива в окрестности сопряжений горизонтальных или наклонных выработок представляет собой актуальную задачу, так как строительство сопряжений вызывает значительные и неравномерные нагрузки на крепь. Такие факторы, как сложная конфигурация и увеличенный пролет, часто ведут к некорректному подбору параметров крепи и последующему перерасходу материалов или потере устойчивости. Тенденция к интенсификации процессов горного производства и ухудшению горно-геологических условий на многих рудниках приводит к тому, что выработки часто проводятся в нарушенных массивах.

В работе описывается комплексный подход к оценке напряженно-деформированного состояния пород в окрестности выработки при изменении ряда факторов. Поставленная задача решается в условиях средне- и сильнотрещиноватых, слабонапряженных массивов.

Работа содержит краткий анализ литературных источников, описывающих подходы к оценке напряжений на участках сопряжений, а также положения по математическому моделированию механического поведения трещиноватых пород и конечно-элементные модели, описывающие поведение массива при различных типах трещиноватости в плоской постановке.

Для качественного описания типов структурной нарушенности необходимо знать такие параметры, как количество систем трещин, их пространственное положение, а также интенсивность и качественные показатели трещиноватости. Трещиноватость предлагается моделировать в явном виде.

Результаты работы носят практический характер и могут быть использованы при расчетах на рудниках, например, КФ АО «Апатит».

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.Г. Протосеня



**ГАБИТОВА Л.В.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ОЦЕНКА ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД  
КУКИСВУМЧОРРСКОГО КРЫЛА КИРОВСКОГО РУДНИКА**

**GABITOVA L.V.**  
St. Petersburg Mining University

**EVALUATION OF THE GEODYNAMIC STATE OF ROCKS KUKISVUMCHORR  
WING OF THE KIROV MINE**

В работе выполнено построение цифровой модели месторождения и проведена оценка напряженного состояния массива горных пород Кукисвумчоррского крыла Кировского рудника. Основой для оценки напряженного состояния послужили материалы пространственного размещения горных выработок и зафиксированные данные опасных геодинамических событий на разных горизонтах разработки за последние несколько лет. Трехмерная цифровая модель месторождения сформирована в горно-геологической информационной системе Micromine. Оценка геодинамического состояния массива выполнена по методу конечных элементов на основе модели Кулона-Морав среде Plaxis 3D. Проведена оценка вероятности образования новых опасных геодинамических событий и проведено сравнение их местоположений с фактическими местами зафиксированных опасных геодинамических событий.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент В.А. Киселев

**ЕФИМОВА А.А.**  
Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ  
ИСКУССТВЕННЫМ ЗАМОРАЖИВАНИЕМ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ  
СТРОИТЕЛЬСТВЕ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ**

**EFIMOVA A.A.**  
Perm National Research Polytechnic University

**INTELLECTUAL SYSTEM FOR MONITORING AND CONTROLLING  
ARTIFICIAL ROCK FREEZING DURING THE CONSTRUCTION OF MINE  
SHAFTS**

Искусственное замораживание горных пород при строительстве шахтных стволов применяется в сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях для предотвращения аварийных ситуаций, связанных с проникновением воды из водоносных горизонтов. При строительстве шахтных стволов искусственное замораживание горных пород используется для создания ледопородного ограждения (ЛПО) вокруг горной выработки.

При искусственном замораживании массива пород необходимо осуществлять контроль за работой замораживающей станции и замораживающих колонок и за про-

цессом формирования ледопородного ограждения. Наиболее распространенными способами контроля формирования ЛПО являются термометрический (через термонаблюдательные скважины), сейсмоакустический (основан на распространении упругих колебаний в пористых породах) и гидрогеологический (основан на гидравлической связи между частями водоносного горизонта) способы.

Для оперативного контроля за процессом формирования и состояния ЛПО на участке строительства шахтных стволов внедрена интеллектуальная система контроля, разработанная «ГИ УрО РАН», которая базируется на использовании технологии оптоволоконной термометрии. Система состоит из следующих структурных элементов: оптоволоконный измерительный кабель, который размещается в термометрических скважинах и шпурах, волоконно-оптический регистратор, сканирующий оптические линии и преобразующий излучения обратного рассеяния в температуру, базы данных, предназначенной для хранения динамики температуры и параметров замораживания пород, а также автоматизированного рабочего места с установленной на нем моделью термодинамических процессов.

Структурные элементы системы позволяют хранить все данные геологических и теплофизических свойств горных пород, осуществлять сбор параметров работы замораживающих станций стволов и непрерывно обрабатывать данные экспериментальных измерений распределенной температуры породного массива. Кроме того, при помощи данной системы производится математическая интерпретация результатов термометрии скважин, на основании которой определяется трехмерное температурное поле во всем замораживаемом породном массиве

Данная система контроля внедрена на Петриковском, Талицком и Нежинском ГОК.

**Научный руководитель:** д.т.н., доцент А.В. Зайцев

**ЖЕЛНИН М.С.**

Институт механики сплошных сред УрО РАН

### **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ШАХТНОГО СТВОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ**

**ZHELNIN M.S.**

Institute of Continuous Media Mechanics of the UB of RAS

### **NUMERICAL SIMULATION OF VERTICAL SHAFT SINKING WITH USING ARTIFICIAL GROUND FREEZING**

Искусственное замораживание в течение многих лет эффективно применяется при проходке вертикальных шахтных стволов в тяжелых гидрогеологических условиях. В результате применения данного способа вокруг выработки формируется временное ледопородное ограждение (ЛПО), которое воспринимает на себя давление окружающих пород и препятствует притоку подземных вод. Однако формирование ЛПО требует значительных затрат, которые существенно повышают стоимость строительства шахтного ствола. Для оптимизации режимов замораживания и снижения рисков ведения горных работ необходимо создание математических моделей, позволяющих вы-

полнять обоснование технологических решений с учетом особенностей и взаимовлияния процессов тепло- и массопереноса, эволюции напряженно-деформируемого состояния (НДС) в горных породах.

Настоящая работа посвящена развитию теоретических основ искусственного замораживания породного массива и проведения проходческих работ под защитой ЛПО на примере участка месторождения калийных солей в Республике Беларусь. Для описания процесса формирования ЛПО была разработана термогидромеханическая модель промерзания породного массива. Разработанная модель включает в себя уравнение теплопереноса с внутренним источником тепла, связанного со скрытой теплотой фазового перехода, уравнение течения подземных вод с использованием закона фильтрации Дарси и уравнения равновесия вместе с определяющими соотношениями для НДС породного массива с учетом изменения порового давления и возникновения морозного пучения. Полученная нелинейная система уравнений реализована в пакете конечно-элементного моделирования. На основе построенной модели проведен ряд вычислительных экспериментов, по результатам которых изучена временная динамика формирования ЛПО, определено влияние течения подземных вод на целостность ЛПО, выполнена оценка величины деформации морозного пучения.

С целью исследования полей напряжений и деформаций в стенке ЛПО при проведении проходческих работ с использованием искусственного замораживания была построена геомеханическая модель. Разработанная модель была использована для оценки проектной толщины ЛПО в нескольких породных слоях по условию максимальных деформаций и по условию прочности. Проведено сравнение результатов численного моделирования с оценками, полученными по аналитическим формулам Вялова С.С. На основе проведенного сравнения показано, что в зависимости от глубины залегания породного слоя аналитическая оценка толщины ЛПО может отличаться от толщины, рассчитанной путем численного моделирования, в несколько раз.

**Научный руководитель:** д.ф.-м.н., профессор О.А. Плехов

**ЗАЙЦЕВ М.Г.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

**РАЗРАБОТКА АКУСТИКО-ЭМИССИОННОГО СПОСОБА ОЦЕНКИ  
УСТОЙЧИВОСТИ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ  
КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И КВАЗИСТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ**

**ZAYTSEV M.G.**

National University of Science and Technology "MISiS"

**DEVELOPMENT OF ACOUSTIC EMISSION METHOD FOR ASSESSMENT OF  
STABILITY OF FROZEN SOIL BASES BEING UNDER INFLUENCE OF  
CLIMATIC FACTORS AND QUASISTATIC LOAD**

Реализация масштабных инфраструктурных проектов для освоения месторождений и гражданского строительства в северных регионах требует повышения надежности проектирования долговременных сооружений в вечной мерзлоте, в частности, ухода от допущения о гарантированном сохранении вечной мерзлоты на весь срок эксплуатации инженерного сооружения. Отмеченное делает актуальным разработку под-

ходов к оперативному и экономичному получению данных для определения текущего состояния и прогноза эволюцию состояния геоподосновы.

Используемые в настоящее время методы и методики контроля состояния грунтов (активные геофизические методы, прямые деформационные измерения в грунтах в процессе вдавливания в них специальных инденторов, измерение нагрузок сжатия или среза при различных схемах механического нагружения) нельзя признать достаточно эффективными для оценки состояния криолитозоны в виду их трудоемкости, необходимости больших временных затрат на реализацию, а также существенно вероятностного характера получаемых при интерпретации их результатов оценок.

Цель данной работы заключается в разработке и обосновании низкозатратного и пригодного к реализации в режиме длительного мониторинга акустико-эмиссионного способа определения изменения устойчивости мерзлых грунтовых массивов, используемых в качестве оснований фундаментов зданий и сооружений в северных регионах. Разработанный способ базируется на экспериментально установленных авторами закономерностях между характером акустической эмиссии мерзлых грунтов и развитием их деформированного состояния под действием квазистатической нагрузки с преобладающей одноосной составляющей (модель давления массива вышележащих пород и находящегося на поверхности сооружения) и термоударного воздействия (модель температурного поля, формирующегося под влиянием климатических и техногенных факторов).

Обоснованы методические подходы к получению и обработке первичной измерительной информации. Предложен новый численный критерий для оценки процессов нарастания и релаксации напряжений в грунте в функции от стадии его деформированного состояния. Установлено, что указанный критерий может быть использован для идентификации предвестников перехода грунтового материала на стадию критической потери устойчивости.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Е.А. Новиков

**ИВАНОВ П.Н.**

Национальный Исследовательский Технологический Университет «МИСиС»

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-  
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВОГО МАССИВА ДЛЯ  
ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ ЗАСТРОЙКУ**

**IVANOV P.N.**

National University of Science and Technology "MISiS"

**COMPUTER MODELING OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE SOIL MASS  
TO ASSESS THE IMPACT OF CONSTRUCTION ON THE SURROUNDING  
BUILDINGS**

Строительство современных зданий и сооружений, зачастую, сопряжено с большим числом разного рода сложностей. В первую очередь, следует отметить постоянное совершенствование и усложнение типов применяемых конструкций, расположение объектов в местах со сложными инженерно-геологическими условиями, а также строительство зданий в условиях плотной городской застройки. Поэтому, актуальным является контроль и мониторинг всех процессов строительства здания для

достижения стабильной и безаварийной эксплуатации сооружения. При этом наиболее важным при начальном проектировании сооружения является анализ инженерно-геологических условий и напряженно-деформированного состояния массива грунтов в месте его размещения.

В данной работе объектом исследования является проектируемое сооружение, представляющее собой жилой 16-ти этажный дом с подземной автостоянкой и плитным фундаментом. Следует отметить, что участок проектирования расположен в зоне плотной городской застройки. Входными данными для расчета были данные по физико-механическим свойствам каждого из инженерно-геологического элемента, отобранные в ходе изысканий.

На основе численного моделирования были предложены и верифицированы проектные решения относительно ограждающей конструкции котлована, а также рассчитана несущая способность грунтов основания. С помощью использования комбинации программных комплексов, таких как «Plaxis», «Midas GTX NX 2D» GEO-5 «Стратиграфия» была определена расчетная зона влияния разработки котлована под будущее здание на близлежащие сооружения и подземные коммуникации и предложены корректирующие меры по их защите.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Е.Б. Черепецкая

**ИОВЛЕВ Г.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ОБОСНОВАНИЕ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫХ ГРУНТОВЫХ МАССИВОВ**

**IOVLEV G.A.**

St. Petersburg Mining University

## **FOUNDATIONS OF AN ELASTIC-PLASTIC CONSTITUTIVE MODELS FOR DESCRIBING NONLINEAR BEHAVIOR OF SOILS**

Одним из основных способов повышения достоверности конечно-элементного расчёта является выбор и обоснование модели поведения среды.

На основе проведённого анализа в работе предложен ряд необходимых минимальных требований к упруго-пластическим моделям, которые приведены ниже:

- поверхность текучести модели грунтовых массивов должна быть замкнутой;
- изменение формы и изменение объема логично описывать различными функциями, используется комбинированная поверхность текучести;
- для учёта пластических деформаций при сложных траекториях нагружения необходимо использовать функции пластического потенциала в рамках теории пластического течения;
- использовать неассоциированный закон пластического течения как для учёта упрочения формоизменения, так и для учёта упрочения при сдвиге;
- обладать нелинейной зависимостью между напряжениями и деформациями при испытании в стабилометре, даже при небольших величинах напряжений;

- должна обобщать накопленные экспериментальные данные по конкретному грунту и быть способна воспроизводить эксперимент при различных траекториях нагруженные;

- входные параметрам модели должны определяются лабораторным испытаниями, программа которых не может радикально отличаться от уже сформированных;

- предварительно полученные входные параметры модели должны быть верифицируемой.

- математические формулировки модели должны быть сформулированы таким образом, чтобы обеспечить наиболее точное и стабильное решение методом нелинейного конечно-элементного анализа.

**Научный руководитель:** д.т.н, профессор А.Г. Протосеня

**КЕРИМОВА С.Н., ЛЮФТ Е.Д.**

Норильский государственный индустриальный институт

## **КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА**

**KERIMOVA S.N., LUFT E.D.**

Norilsk State Industrial Institute

## **MONITORING THE STATE OF THE WORKED OUT SPACE**

Рассматриваются направления мониторинга выработанного пространства, более подробно рассматриваются вопросы сейсмической системы контроля.

Горные породы, покрывающие полезное ископаемое, находятся в состоянии естественного равновесия. Проведение выработок в угольных пластах, рудных залежах и других полезных ископаемых нарушает равновесное состояние пород, в результате чего последние деформируются и сдвигаются. Сдвигение пород может достичь земной поверхности, и она также претерпевает деформации, вплоть до обрушений.

Горное давление (напряжения, возникающие в массиве горных пород, окружающих выработку, под действием силы собственного веса породы, тектонических сил и разности температур) проявляется в виде прогиба кровли, вспучивания почвы, расщеливания, сдвижения, деформации и разрушения пород вокруг выработки, раздавливания целиков, увеличения нагрузки на крепь. Самым опасным проявлением горного давления является горный удар.

Для обеспечения безопасного ведения работ горное предприятие осуществляет непрерывный мониторинг состояния выработанного пространства и земной поверхности.

Приведены цель и направления мониторинга, масштабы проявления горного давления, закономерности развития геомеханических процессов. Дано понятие о шахтной сейсмологии и сейсмической станции.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент З.Г. Уфатова

**КОМОЛОВ В.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ПРОГНОЗ ОСЕДАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ ПРИ СООРУЖЕНИИ  
КОТЛОВАНА В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ЗАСТРОЙКИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

**KOMOLOV V.V.**

St. Petersburg Mining University

**FORECAST OF SUBSIDENCE OF THE EARTH'S SURFACE DURING THE  
CONSTRUCTION OF A PIT IN THE CONDITIONS OF DENSE DEVELOPMENT  
OF ST. PETERSBURG**

В работе выполнен прогноз оседания земной поверхности при возведении котлована в процессе строительства нового сооружения. Строительство ведётся в условиях плотной городской застройки. Моделирование осуществлялось в объемной постановке с учетом нелинейной работы грунта и поэтапного сооружения котлована. Подобраны параметры несущих и ограждающих конструкций котлована. Выполнена оценка влияния строительства на окружающую застройку.

Новое строительство зданий в условиях плотной городской застройки может оказывать существенное влияние на здания и сооружения города. Для снижения негативного влияния на существующую застройку при разработке котлована применяют различные конструктивные и технологические решения ограждающих конструкций. Наиболее экономичным считается шпунтовое ограждение, которое позволяет минимизировать воздействие на окружающую застройку при минимальных затратах.

Геотехническая оценка ситуации на участке строительства выполнялась при помощи программного комплекса Plaxis 3D. Трехмерная модель дает представление об общей картине напряженно-деформированного состояния площадки строительства, включая 30-ти метровую зону влияния работ.

Программный комплекс Plaxis позволяет вести расчет с учетом этапности строительства. На начальном этапе формируется природное напряженно-деформированное состояние. После каждого этапа строительных работ формируется новое напряженно-деформированное состояние, соответствующее изменениям в расчетной модели. Численный анализ позволяет более точно прогнозировать развитие осадок за счет усовершенствованных моделей грунта с учетом нелинейной работы при действии нагрузки.

Для моделирования была принята упруго-пластическая модель упрочняющегося грунта, учитывающая изменение свойств при малых деформациях, которая получила широкое распространение при прогнозе деформаций грунтового массива в окрестности подземных сооружений.

Выполненное численное моделирование в объемной постановке с учетом этапности строительства котлована показало, что оседания поверхности земли не вызывают не допустимых воздействий на окружающую застройку. Дополнительная осадка зданий и их крен меньше предельных значений. Подобранные параметры несущих и ограждающих конструкций обеспечивают безопасное проведение работ на нулевом цикле строительства.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор П.А. Деменков

**КОНДРАТЕНКО К.В.**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

**МАРКШЕЙДЕРСКИЙ МОНИОРИНГ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ПОДПОРНОЙ  
СТЕНКИ НА УЗЛЕ СГУЩЕНИЯ ОАО «СТОЙЛЕНСКИЙ ГОК»**

**KONDRATENKO K.V.**

Belgorod National Research University

**SURVEYING MONITORING FOR SUPPORT WALL DEFORMATIONS ON THE  
THICKENING UNIT OF JSC «STOILENSKY MINING AND BENEFICIATION  
PLANT»**

В работе представлен проект маркшейдерского мониторинга за деформациями подпорной стенки на узле сгущения ОАО «Стойленский ГОК» с целью определения времени возникновения предельно допустимых деформаций и разработки превентивных мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации подпорной стенки.

Подпорная стенка представляет собой конструкцию, состоящую из десяти секций: ширина (каждой секции) равна 30 м, высота равна 15 м.

Для наблюдения за деформациями подпорной стенки на узле сгущения ОАО «Стойленский ГОК» была заложена опорная сеть за пределами зоны возможных деформаций, состоящая из 4-х опорных реперов. В подпорной стенке было заложено восемь деформационных и девятнадцать осадочных марок. Нивелирование опорной сети, восемь деформационных и девятнадцати осадочных марок было выполнено по II классу нивелирования с невязками, которые не превышали значения  $f_{\text{доп}} = \pm 3,8$  мм.

Наибольшие горизонтальные смещения подпорной стенки в сторону котлована были получены для девятой и десятой секций: 77мм и 71мм соответственно.

Относительный крен для первой секции составил  $2 \cdot 10^{-3}$  мм, а для десятой секции –  $3 \cdot 10^{-3}$  мм. Данные секции являются крайними. Для остальных секций крен имеет отрицательные значения в сторону массива горных пород.

По результатам семи этапов маркшейдерских наблюдений за деформациями подпорной стенки были построены графики оседаний, наклонов, горизонтальных смещений и относительных кренов, которые позволили сделать соответствующий вывод о том, что деформации подпорной стенки в 2017-2018 годах достигнут своих предельно допустимых значений, и возможно приведут к образованию трещин в теле подпорной стенки. На основании полученных результатов наблюдений было предложено разработать рекомендации по укреплению основания подпорной стенки и осушению массива горных пород путем бурения водобросных скважин.

В 2018-2019 годах были выполнены предложенные рекомендации, что позволило стабилизировать процесс развития деформаций подпорной стенки.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Б.А. Храмов



**КУРЕНКОВ Д.С.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАСТВОРЕНИЯ КАМЕННОЙ СОЛИ В ЗВУКОВОМ ПОЛЕ**

**KURENKOV D.S.**

National University of Science and Technology "MISIS"

### **ACCELERATION OF ROCK SALT DISSOLUTION IN THE SOUND FIELD**

Рост темпа нефте- и газодобычи обуславливает необходимость увеличения количества и объема резервуаров для хранения жидких и газообразных продуктов. Сегодня для создания подземных хранилищ нефти и газа успешно используются месторождения каменной соли. Данное направление резервуаростроения является наиболее перспективным, так как обеспечивает бесшахтное ведение процесса выемки полезного ископаемого и его гидравлическое транспортирование.

Недостатками, снижающими эффективность подземного выщелачивания соли и сооружения подземных хранилищ, являются длительный период подготовки скважин, низкая скорость растворения соли в воде, а также невозможность активного управления формообразованием камеры. Из существующих способов интенсификации выщелачивания соли наибольший интерес представляет использование акустических колебаний звукового диапазона частот.

В данной работе предлагается метод воздействия, позволяющий интенсифицировать процесс выщелачивания каменной соли при строительстве подземных хранилищ. Основой метода является воздействие мощных акустических колебаний в частотном диапазоне 500–3000 Гц. Применение колебаний данного диапазона при выщелачивании позволило ускорить процесс растворения каменной соли более чем в 1,5 раза.

Проведенные лабораторные исследования показали, что насыщение раствора до концентрации 225 кг/м<sup>3</sup> при естественном растворении заняло 5,5 ч, а при воздействии колебаний только 2 ч. Натурные испытания подтвердили результаты лабораторных исследований, а также показали повышение качества формообразования хранилища за счет выравнивания концентрации рассола по высоте камеры при акустическом воздействии. Кроме того, было определено значение критического давления, выше которого начинается ускорение процесса выщелачивания. Интенсификация растворения каменной соли происходит только при достижении критического звукового давления на границе раздела фаз не менее 3000–4000 Па.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Г.Б. Федоров

**МАЛЮХИНА Е.М.**  
Санкт-Петербургский горный университет

## **НЕОБХОДИМОСТЬ МОНИТОРИНГА СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ МАССИВА**

**MALIUKHINA E.M.**  
St. Petersburg Mining University

## **NEED TO MONITOR DISPLACEMENT AND DEFORMATIONS OF THE ROCK MASSIVE**

Горные работы оказывают необратимое влияние на массив подрабатываемой толщи, что приводит к сдвигам земной поверхности, а как следствие изменению рельефа и нарушениям состояния массива в виде образования обвалов, трещин. Несомненно, прогноз поведения массива необходим при ведении горных работ. В особенности для Яковлевского рудника, потому что разработка ведется под семью неосущенными водоносными горизонтами. Рудовмещающая толща представлена руднокристаллическими породами крепостью  $f = 3-4$ , в которой находится рудное тело БЖР, переслоенное пустой породой, с крепостью этого комплекса  $f < 0.3$ , т. е. слабые неустойчивые породы и руда, обладающие пльвунными свойствами. Анализ положения границы высоты зоны водопроницаемых трещин крайне необходим для месторождения.

При разработке крайне важен геомеханический мониторинг. Так, анализ сдвижений сети поверхностных и подземных реперов показал, что необходимо преимущественно использовать данные мониторинга поверхностных реперов, поскольку вышележащая толща будет играть определяющую роль в сдвигении. С помощью дальнейшего анализа данных мониторинга удалось установить типовые кривые оседаний, наклонов и кривизны для Яковлевского рудника, они имеют соответствующий вид:

$$S(z) = e^{-3z^2}, \quad (1)$$

$$S'(z) = -6ze^{-3z^2}, \quad (2)$$

$$S''(z) = 6(6z^2 - 1)e^{-3z^2}. \quad (3)$$

При изучении накопления деформаций массива необходимо работать с функциями типовых кривых, выведенных для конкретного месторождения. При этом необходимо выявить характер сдвижений и накоплений деформаций при работе с месторождениями со сложной геологией.

**Научный руководитель:** д.э.н., профессор В.Н. Гусев

**ОШКИН Р.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ ИЗВЕСТНЯКА,  
НАХОДЯЩЕГОСЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВОЗРАСТАЮЩИХ  
КВАЗИСТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА  
ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ**

**OSHKIN R.**

National University of Science and Technology "MISiS"

**DETERMINATION OF THE STRESS STATE OF LIMESTONE SUBJECTED TO  
THE INFLUENCE OF INCREASING QUASISTATIC LOADS BY USING METHOD  
OF THERMALLY STIMULATED ACOUSTIC EMISSION**

К настоящему времени сложилась тенденция истощения запасов полезных ископаемых, расположенных в простых горно-геологических условиях. Возрастает глубинность шахт, рудников, интенсифицируется скорость добычных и проходческих работ. Всё это приводит к возрастанию рисков обвалов, обрушений, горных ударов и других динамических проявлений горного давления. Минимизации рисков таких явлений возможна только за счет подбора оптимальных профилактических мероприятий, которые в свою очередь должны основываться на достоверной и оперативно актуализируемой базе данных по состоянию геосреды.

Существующие на сегодняшний день методы и методики геоконтроля нельзя признать достаточными для создания указанной базы данных, ввиду высокой неопределённости интерпретации их измерительной информации и значительной трудоемкости, на практике приводящей к сокращению числа и периодичности замеров. Решение данной проблемы возможно за счет разработки новых экспресс-способов геоконтроля, позволяющих при минимальных экономических затратах в режиме мониторинга получать сведения, достоверность которых будет достаточной для комплексирования результатов, получаемых по традиционным методам.

Целью работы является установление закономерностей параметров термостимулированной акустической эмиссии известняка при изменении его напряженного состояния, для разработки на основе этих закономерностей способа мониторинга остаточной прочности данной горной породы в условиях действия на нее квазистатических нагрузок, а также для идентификации признаков ее перехода на стадию предразрушения.

Рассмотрен аппаратный состав и конструкция лабораторной установки для выполнения предложенных исследований. Обоснованы методические подходы к интерпретации полученной в экспериментах информации. Изложены результаты, показывающие существование характерных особенностей термостимулированной акустической эмиссии в образцах известняка, позволяющих судить о развитии его напряжённого состояния при квазистатическом нагружении. Разработан акустоэмиссионный критерий для численной оценки остаточного запаса прочности горной породы и принципиально пригодный к использованию в качестве предвестника скорого ее разрушения.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Е.А. Новиков

**ПЕТРУШИН В.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОГНОЗА НАПРЯЖЕННО-  
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СОЛЯНЫХ ПОРОД НА ОСНОВАНИИ  
МИКРОСТРУКТУРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ**

**PETRUSHIN V.V.**

St. Petersburg Mining University

**THEORETICAL PROVISIONS FOR FORECASTING STRESSED-DEFORMED  
STATE OF SALT ROCKS BASED ON MICROSTRUCTURAL REPRESENTATION**

Изучение механического поведения пород на микроструктурном уровне позволяет уточнить действительный характер их деформирования и разрушения, формирует новое представление о работе таких сред, а полученные знания могут быть использованы для прогноза развития геомеханических процессов при строительстве подземных сооружений. В работе представлен новый подход к формированию микроструктурной механической модели соляных пород, что включает формирование поликристаллической структуры и конечно-элементной расчетной модели. Для выполнения поставленной задачи необходимо описать структуру соляных пород и основные особенности механического поведения солей на микро- и макроуровнях.

Работа содержит краткий анализ литературных источников, описывающих микроструктуру и физико-механические свойства соляных пород, а также положения по математическому моделированию механического поведения солей.

Для качественного описания геометрии микроструктуры породы необходимо установить следующие параметры: диапазон размеров частиц; преимущественная форма зернистости наличие структурных нарушений (трещин по контакту зерен); наличие слоистости, ее направленность и геометрические параметры. Структура соляных пород с достаточной степенью достоверности может быть представлена в виде поликристаллической структуры.

Контактное взаимодействие предлагается описывать набором когезионных связей, математически описывающих законы упрочнения и разупрочнения породы, подобное решение позволит моделировать повреждение контакта между кристаллами при изменении напряжений.

**Научный руководитель:** д.т.н., доцент М.А. Карасев

**ПОПОВ А.В., ГУБА С.А.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В  
ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ СЪЕМКИ**

**POPOV A.V, GUBA S.A.**  
St. Petersburg Mining University

**RESEARCHING THE QUALITY OF PHOTOGRAMMETRIC MODELS  
DEPENDING ON THE SHOOTING CONDITIONS**

Общеизвестно, что в современном мире тренд маркшейдерских и геодезических съемок все больше направлен на дистанционные способы зондирования. При этом сегодня явно доминируют два варианта зондирования: лидарный и фотограмметрический.

В работе представлены результаты исследования по определению качества фотограмметрической модели в зависимости от текстуры снимаемого объекта.

Для инкапсуляции результатов эксперимента от прочих факторов тестовая модель снималась при максимально одинаковых прочих параметрах. Сам эксперимент был разделен на три серии съемки:

1. при естественном освещении;
2. при искусственном освещении (проектором);
3. при отсутствии освещения (в ИК-диапазоне).

В результате выяснилось, что при естественном освещении и в ИК-диапазоне модель строится неверной формы, с искажениями и отклонениями. В серии снимков с использованием искусственного освещения, где проецировалась телевизионная испытательная таблица, результаты получились удовлетворительными.

При сравнении моделей, полученных при проецировании на тестовый объект различных текстур, была замечена прямая зависимость качества получаемых моделей от энтропии проецируемых текстур. Было выявлено, что даже при наличии у объекта яркой, контрастной, но систематически повторяющейся текстуры алгоритмы автоматического ориентирования цифровых снимков, реализованные в существующих программных продуктах, не в состоянии корректно выполнять свои функции.

Поставленный эксперимент позволяет наглядно продемонстрировать фундаментальные различия аналоговых и цифровых подходов по обработке снимков. А выявленные закономерности влияния содержания текстуры объекта на его результирующую модель повысить априорной и апостериорной оценки ее точности.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент М.Г. Выстрчил, аспирант А.К. Сухов.

**РЕШЕТНИКОВА М.А.**  
Тюменский индустриальный университет

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ И ВЕДЕНИЯ  
ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В САДОВОДЧЕСКИХ  
НЕКОММЕРЧЕСКИХ ТОВАРИЩЕСТВАХ РАСПОЛОЖЕННЫХ В ГРАНИЦАХ  
НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ**

**RESHETNIKOVA M.A.**  
Tyumen Industrial University

**ACTUAL PROBLEMS OF REGULATION AND CONDUCT OF URBAN PLANNING  
ACTIVITY IN GARDENING AND NON-PROFIT COMMUNITIES LOCATED IN  
THE BOUNDARIES OF POPULATED ITEMS**

С 1 января 2019 года в законодательстве в организации деятельности дачных, садовых, огородных объединений произошли кардинальные изменения в связи с вступлением в силу федерального закона № 217-ФЗ «О ведении гражданами садоводства и огородничества для собственных нужд и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Новый закон исключил из правового регулирования дачи и дачное хозяйство, так как в течение многих лет различия между садоводством и дачным хозяйством постепенно стирались. Такие виды разрешенного использования земельных участков, как «садовый земельный участок», «для садоводства», «для ведения садоводства», «дачный земельный участок», «для ведения дачного хозяйства» и «для дачного строительства» теперь считаются равнозначными и являются садовыми земельными участками.

Российское законодательство даёт возможность собственнику земельного участка возводить на нем здания и сооружения, осуществлять их перестройку или снос, разрешать строительство на своем участке другим лицам при условии соблюдения градостроительных, строительных норм и правил, требований о назначении земельного участка. Главное требование к объектам капитального строительства, права на которые подлежат государственной регистрации – это их возведение на участках, имеющих соответствующее целевое назначение. Однако, в настоящее время существующие объекты капитального строительства в садоводческих некоммерческих товариществах, расположенных в черте населенных пунктов, имеют следующие несоответствия согласно новым требованиям законодательства:

1. несоблюдение отступов от границ земельного участка;
2. нарушения по видам разрешенного использования земельных участков;
4. несоответствие градостроительных осей застройки;
5. земли общего пользования в садоводческих обществах по планировке не соответствуют требованиям и нормам, которые регламентируются законом.

Таким образом, в связи с появлением градостроительных требований к объектам недвижимости на садовых земельных участках и тем, что 80% садоводческих обществ расположено на межселенных территориях, у органов государственной власти появляется необходимость в разрешении проблем регулирования и ведения градостроительной деятельности в садоводческих некоммерческих товариществах расположенных в границах населенных пунктов.

**Научный руководитель:** к.с/х.н., доцент Н.В. Черезова

**РОМАНОВА Е.Л.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ НАГРУЗОК НА КРЕПЬ СОПРЯЖЕНИЯ САНКТ-  
ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА**

**ROMANOVA E.L.**  
St. Petersburg Mining University

**ANALYSIS OF POSSIBLE LOADS ON COUPLING LINING OF SAINT-  
PETERSBURG METRO**

Строительство сопряжений – неотъемлемый этап строительства метрополитенов: сопряжение тоннелей со стволом, сопряжение путевых тоннелей, камеры съездов – без этих элементов функционирование подземных транспортных сооружений невозможно.

Актуальность работы обусловлена недостаточностью изученности формирования напряженно-деформированного состояния сопряжений выработок метрополитена. Расчет сопряжений чаще всего ведется по теории зоны возможного сводообрушения, так рассчитывают крепь для обычных выработок. Этот метод надежен, однако, его результатом может являться завышение показателей напряжений в обделке, и, следовательно, перерасход материала. Численное моделирование позволяет устранить данный недостаток и увидеть реальную картину формирования напряженно-деформированного состояния с учетом этапов строительства сопряжения.

Санкт-Петербургский метрополитен сооружается преимущественно в кембрийских глинах, для которых характерны реологические процессы. Процесс длительного деформирования грунтов приводит к возникновению дополнительных нагрузок на обделку и учитывается в численной модели.

В данной работе инструментом численного моделирования является программный пакет ABAQUS.

Основные этапы исследования:

- построение модели;
- получение картины формирования напряженно-деформированного состояния массива и обделки при ведении горнопроходческих работ;
- учет в модели реологии;
- сопоставление расчетных и экспериментальных данных.

Данная работа ставит своей задачей получение результатов по развитию напряженно-деформированного состояния во времени и их обработку, а также определение качественных зависимостей между полученными расчетными и натурными данными по участкам Санкт-Петербургского метрополитена.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор П.А. Деменков

**СЕРПОКРЫЛОВА Т.В.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ЦЕЛИКОВ МЕЖДУ ВЫРАБОТКАМИ ОТКАТОЧНЫХ ГОРИЗОНТОВ ПРИ  
РАЗРАБОТКЕ АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА  
ОСНОВАНИИ ПРОГНОЗА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО  
СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА**

**SERPOKRILOVA T.V.**  
St. Petersburg Mining University

**SUBSTANTIATION OF GEOMECHANICALLY SAFE PARAMETERS OF PILLARS  
BETWEEN THE EXCAVATIONS OF ROLLING-OUT HORIZONS DURING THE  
DEVELOPMENT OF APATIT-NEPHELIN DEPOSITS BASED ON ROCK MASS  
STRESS-STRAIN STATE FORECAST**

Ухудшение условий ведения работ при разработке рудных месторождений и заметное устаревание изначально весьма несовершенной нормативно-методической базы в области обеспечения геомеханической безопасности приводят к необходимости детального изучения геомеханических процессов в недрах. Эта проблема является весьма широкой и комплексной, в рамках настоящего доклада основное внимание уделяется вопросам расчета безопасных параметров целиков между горными выработками, расположенными в потенциально опасной зоне влияния породной консоли, формирующейся при отработке крутопадающих рудных тел системами разработки с обрушением.

Основными факторами, определяющими геомеханически безопасные размеры целиков между подготовительными горными выработками, являются:

1. естественное напряженное состояние горного массива;
2. деформационно-прочностные свойства руд и пород в области разработки;
3. мощность защитной потолочины, отделяющей горные выработки нового этажа от обрушенных пород;
4. длина необрушенной части породной консоли и условия ее опирания;
5. угол падения рудного тела.

Установление геомеханически безопасных размеров целиков между подготовительными горными выработками возможно на основании численного моделирования, выполняемого в рамках плоскодеформационной или пространственной постановок.

В целом формирование напряженного состояния целиков между подготовительными выработками при численном моделировании должно формироваться путем поэтапного симулирования отработки рудного тела до необходимой отметки с последующим раскрытием подготовительных горных выработок непосредственно под зоной отработки, заполненной обрушенными породами. В качестве критерия прочности целика по действию сжимающих напряжений следует использовать условие отсутствия проявлений горного давления в динамических формах для склонных к удароопасности горных пород.

Расчеты показывают, что при принятых для многовариантного моделирования исходных данных оптимальным вариантом ширины целика между подготовительными выработками будет являться расчетная ширина равная  $2D$  ( $D$  – пролет выработки).

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Н.А. Беляков



**УМНОВА Г.А.**

Норильский государственный индустриальный институт

**СДВИЖЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ  
РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**UMNOVA G.A.**

Norilsk State Industrial Institute

**DISPLACEMENT OF ROCK AND EARTH SURFACE IN THE DEVELOPMENT OF  
ORE DEPOSITS**

В работе рассмотрено состояние изученности вопросов сдвижения горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. Приведены принципы управления сдвижением горных пород и условия обрушения земной поверхности, углы сдвижения и углы разрывов. Изложено влияние трещиноватости горных пород на процесс сдвижения породной толщи и земной поверхности. Описаны особенности процесса сдвижения горных пород при комбинированной разработке. Даны методы наблюдений за сдвижением горных пород и земной поверхности, меры охраны сооружений.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент В.И. Склянов

#### **Секция 4. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**ВАЙТЕХОВИЧ А.П., КОТОЧКОВА Ю.А.**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

#### **ОБСТАНОВКИ НАКОПЛЕНИЯ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ (ЗАПАДНО- СИБИРСКИЙ НГБ)**

**VAYTEKHOVICH A.P., KOTOSHKOVA J.A.**

Lomonosov Moscow State University

#### **ACCUMULATION CONDITIONS OF THE TUMENIAN FORMATION (WEST SIBERIAN BASIN)**

Изучаемый район находится в пределах Краснотеннинского свода, который расположен на юго-западе Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна (Шпильман и др., 2003).

В работе было исследовано 7 скважин и более чем 300 образцов южной части Каменной вершины Краснотеннинского свода. Отложения свиты были разделены по гидродинамическому режиму на три типа: отложения застойных условий, отложения зоны малой активности вод и отложения гидродинамически активной зоны. В дополнение к литологическим исследованиям для изучения вмещающих пород тюменской свиты использовались углепетрографические исследования углей, являющихся неотъемлемой частью тюменской свиты.

Тюменская свита распространена практически повсеместно на территории Западной-Сибири. Формирование толщи происходило с ааленского по батский века. В литологическом отношении свита представлена переслаиванием песчаников, алевролитов, аргиллитов и углей.

Тюменская свита на Каменной вершине обладает существенной изменчивостью на изучаемой территории, которая отображается в изменении мощности пластов (от 30 до 135 м), их строения и фильтрационно-емкостных свойств. Изучение обстановок осадконакопления может позволить выделить участки разработки тюменской свиты, на которых будут наибольшие притоки.

В застойных условиях отложения характеризуются глинистым, реже алевроглинистым строением с горизонтальной, полого-волнистой, реже линзовидной текстурами. Обилие конкреций пирита и сидерита, а также растительных остатков в виде разнообразном виде. В углепетрографическом отношении самым распространённым мацералом является коллотелинит – витринит, практически полностью утративший исходную структуру.

Отложения зоны малой активности вод преимущественно сложены алевролитовым и глинистым материалом. Как правило, характерны волнистые, линзовидные и горизонтальные текстуры. Присутствуют линзочки и слойки угля, корни и отпечатки растений. В углях повышается зольность отдельных прослоев, увеличивается доля инертнита.

Основные черты отложений гидродинамически активной зоны: преимущественно песчаный состав, пологоволнистая, горизонтальная и косая текстуры, редкие линзочки угля и детрита. Подошва отложений таких зон, как правило, эрозионного типа,

резкая, хорошо выделяется по смене литологического состава пород и текстурам. Для углей характерно преобладание инертинита.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент Н.В. Пронина; к.х.н., старший научный сотрудник А.Г. Калмыков

**ВАЛИЕВА Э.И., ВИДИЩЕВА О.Н.**

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова

## **ГАЗО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОННЫХ ОСАДКОВ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА**

**VALIEVA E.I., VIDISHCHEVA O.N.**

Lomonosov Moscow State University

## **GAS-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE ONEGA**

Многочисленные зоны фокусированной разгрузки углеводородных (УВ) флюидов определены сейсмоакустическими исследованиями на акватории Онежского озера. Определение генезиса и типа газов в пределах развития зон дегазации (так называемые «покмарки») является ключевым фактором для понимания работы био-геологической системы в целом.

На акваторию Онежского озера на НИС «Эколог» были проведены 2 экспедиции в 2018-2019 гг., результаты которых представлены в работе. В результате донного пробоотбора гравитационной трубкой длиной 3 м (количество станций – 19) вскрыты горизонты неоплейстоценовых ледниково-озерных глин и голоценовых озерных илов. Геохимический комплекс работ включал в себя отбор и анализ 58 проб донных отложений для изучения органического вещества осадков и 58 проб газов. Из каждой трубки на газовый анализ отбирались образцы в разных литологических типах пород.

В интервалах газового пробоотбора проводился отбор проб на битуминологические исследования. Образцы были отобраны в герметизируемые пакеты. В лабораториях Московского университета был проведен люминесцентно-битуминологический анализ.

Газовая фаза была извлечена из осадков из тех же интервалов, в которых проводился люминесцентно-битуминологический анализ, путем дегазации по методу «Head space». Далее газовая фаза была изучена на портативном газовом хроматографе «Газохром-2000». Газ содержит углеводороды, преимущественно метан, содержание которого в газовой смеси достигает 16,1 об.% (станция 19-7). В восточной части озера наблюдаются повышенные содержания метана. В целом, содержание метана увеличивается с глубиной, достигая максимальных концентраций (12-16 об. %) на глубинах более 150 см. На глубине менее 50 см концентрации УВ компонент минимальны (менее 2 об.%), концентрации гомологов низки, либо не детектируются вследствие разжижения осадка и активной бактериальной деятельности.

В образцах из станций 19-4, 19-7, 19-8, 19-9, 18-4, 18-3 были зафиксированы максимальные концентрации метана в донных осадках (выше 2 об.%). В этих же станциях обнаружены гомологи метана (до  $C_4H_{10}$ ), а также непредельные УВ газы. Их содержание невелико, коэффициент сухости газа  $C1/C2+>2000$ . Содержание непредель-

ных УВ в осадках, а также прямая корреляционная связь между концентрациями метана и углекислого газа свидетельствуют о микробиальном процессе образования газа и соответствуют активизации метан-генерирующих бактерий в осадке вкупе с метан-окисляющими микроорганизмами.

В отобранных пробах также обнаружено высокое содержание азота и кислорода, что объясняется содержаниями в газовой смеси воздуха (отобранным при Head space анализе). При этом атомарное отношение  $N_2/O_2 > 4$ , что говорит о высокой продуктивности азот-генерирующих бактерий.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., старший научный сотрудник  
Е.Н. Полудеткина.

**ВАСИНА А.Е.**

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
им. М.И. Платова

### **БЛОЧНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСОВ С ЦЕЛЬЮ ДАЛЬНЕЙШЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ ГОРНЫХ РАБОТ**

**VASINA A.E.**

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)

### **BLOCK MODELING OF RESERVES DISTRIBUTION FOR FURTHER OPTIMIZATION OF MINING OPERATIONS**

На месторождениях с неравномерным распределением компонентов и содержаниями, близкими к минимальному промышленному, выделять отдельные рудные тела по различным вариантам расчета композитов затруднительно. Блочное 3D-моделирование запасов позволяет выделить элементарные объемы с экономически обоснованными содержаниями полезного компонента. Наиболее уместным решением является разбиение всего объема месторождения на блоки, равные выемочным единицам.

В работе рассматривается возможность применения горно-геологических информационных систем (Micromine) для определения оптимальных размеров блоков и планирования их дальнейшей отработки. Для выполнения данных операций необходимо произвести оптимизацию карьера и выбрать наиболее рациональную оболочку, с учетом экономических, горнотехнических и технологических показателей.

Использование таких возможностей современных информационных систем позволит регулировать объемы добытой руды, а также позволит подавать на обогатительную фабрику материал, отвечающий технологическим требованиям.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент Г.С. Январев

**ГУМЕРОВ А.Р.**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

**ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ФРАНСКО-ТУРНЕЙСКИХ  
ОТЛОЖЕНИЙ БЛАГОВЕЩЕНСКОЙ ВПАДИНЫ  
ВОЛГО-УРАЛЬСКОГО НГБ**

**GUMEROV A.R.**

Lomonosov Moscow State University

**OIL AND GAS PROSPECTS OF THE FRANSIAN-TOURNAISIAN DEPOSITS OF  
THE BLAGOVESHCHENSK DEPRESSION OF THE VOLGA-URAL BASIN**

В настоящее время разведанные запасы нефти в традиционных резервуарах Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна (НГБ) стремительно сокращаются. Наиболее актуальным направлением в данном НГБ является детальное изучение верхнедевонских отложений и поиск благоприятных зон для формирования неантиклинальных ловушек. Таким объектом является среднефранско-фаменская толща, характеризующаяся сложным строением и требующая новые подходы к ее изучению.

Формирование верхнедевонско-турнейского комплекса связано с развитием Камско-Кинельской системой прогибов. При его изучении важно учитывать палеофациальные условия накопления. Начиная со среднефранского времени, седиментация происходила в различных зонах: прибрежная лагуна, мелководно-морской шельф, карбонатная платформа, склоновые и депрессионные зоны относительно глубоководного шельфа. Следовательно, каждой палеогеографической зоне соответствует собственная ассоциация пород.

В исследуемой Благовещенской впадине на сейсмических профилях было выявлено множество одиночных рифовых построек высотой до 100 м. Они разновозрастные – начиная с позднефранского и до турнейского времени включительно. Такие тела могут характеризоваться средними и хорошими фильтрационно-емкостными свойствами и представлять собой массивные залежи. В пределах данной территории известны месторождения, связанные с подобными постройками, что подтверждает целесообразность их поиска.

От рифов по направлению к погруженной части отмечаются проградационные тела шириной до 60-100 м, вероятно, являющиеся обломочным шлейфом. Такие тела являются структурно-литологическими ловушками и самостоятельными объектами для поисковых работ.

На основе проинтерпретированных горизонтов построены структурные карты. Для характеристики обстановок осадконакопления посчитаны карты мощностей. На данных картах были отмечены наиболее интересные области с точки зрения поиска залежей углеводородов.

Принимая во внимание информацию о залежах в данном районе, найденные рифовые и проградационные тела, которые предполагают развитие генетически однотипных ловушек, с учетом закономерностей их развития и палеофациальных условий, отмечая наличие зрелых материнских толщ, можно выделить перспективные объекты и повысить эффективность геологоразведочных работ.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., ведущий научный сотрудник А.А Сулова

**ГУРОВА А.А.**  
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
им. М.И. Платова

**3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ТРЕНАЖ ПРОЦЕССОВ  
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ГЕОЛОГОВ**

**GUROVA A.A.**  
Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)

**3D SIMULATION OF DEPOSITS AND TRAINING OF EXPLORATION  
SKILLS DURING GEOLOGISTS PREPARING**

Геологический опыт приобретает длительное время при участии специалиста в полном цикле геологоразведочных работ (ГРР) – от поисков до разведки и защиты отчета в ГКЗ. 3D-моделирование месторождений полезных ископаемых (МПИ) позволяет оптимизировать процесс обучения и переподготовки кадров. Обучающая 3D модель МПИ – это «черный ящик», содержащий информацию о геологических телах и содержаниях полезных компонентов.

В ЮРГПУ(НПИ) разработан тренажер ГРР, позволяющий виртуально осуществлять проходку горных выработок с получением геологической документации и результатов опробования. Он предназначен для погружения в процесс ГРР и применения теоретических знаний на практике.

На основании геологического задания в условиях ограниченного бюджета составляется проект разведки МПИ с обоснованием принятых решений и проводятся ГРР. В зависимости от результатов допускается вносить коррективы в проект. В итоге представляется геологический отчет по результатам работ и 3D-модель месторождения, построенная в горно-геологической информационной системе Micromine 2020.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент Г.С.Январев

**ДАНЦОВА К.И.**  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

**ФЕНОМЕН ПРИКАСПИЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ – ПОПЫТКИ  
ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ**

**DANTSOVA K.I.**  
National University of Oil and Gas «Gubkin University»

**THE PHENOMENON OF THE CASPIAN SYNECLYSIS - ATTEMPTS  
GEODYNAMIC INTERPRETATION**

1. Регион Прикаспийской синеклизы был одним из первых, в котором для изучения его строения и прогноза нефтегазоносности проводились аэрокосмические исследования. Однако до сих пор прогноз геологического строения глубокозалегающих толщ, в том числе, подсолевых, с помощью дистанционных методов остается неоднозначным. Так же не всегда общепринятой остается интерпретация геофизических на-

блюдений и геодинамических реконструкций формирования синеклизы. На некоторых картах Прикаспийская синеклиза выделяется как нуклеар – то есть древнее ядро континента, в других работах – как перикратонный прогиб, или как унаследованный прогиб над рифейским рифтом.

Все эти представления не отвечают на вопрос о геодинамических особенностях, сформировавших облик Прикаспия, как геологического феномена, для которого характерны следующие особенности:

- Своеобразное распределение по площади гравитационных максимумов в верхней части мантии.
- Редукция гранитного слоя в разрезе прикаспийской впадины.
- Кольцевое распределение мощностей и фаций палеозойских отложений Прикаспия
- Кольцевое расположение осей соляных структур мезо-кайнозойского возраста.
- Кольцевое расположение неоген-четвертичных областей прогибания Прикаспия, выраженных в рельефе, а также современного прогибания, фиксируемого в мелкой эрозионной сети.

2. Таким образом, при общем унаследованном прогибании его центр смещается от района расположенного северо-западнее оз. Индер к кольцевой излучине в верхнем течении р. Сагыз. Обращает также на себя внимание незначительное влияние на современный облик Прикаспия последствий коллизионного взаимодействия Гондваны и Лавразии так хорошо выраженных на протяжении всего Средиземноморско-Охотского пояса. Это значит, что существует постоянный однонаправленный фактор, заставляющий прогибаться этот район в течение, по крайней мере, всего фанерозоя.

3. Это может быть долговременный результат падения здесь гигантского метеорита, следствие чего на месте будущей синеклизы зародилась нисходящая мантийная конвекционная ячейка, «левовращательная воронка», существующая до сих пор. Центр прогибания ее на дневной поверхности несколько смещается по времени, что выражается в различных проявлениях тектонических явлений от палеозойских до современных. В результате к настоящему времени Прикаспийская синеклиза предстает как гигантская кольцевая структура, разбитая радиально-концентрической системой линейментов.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент Л.В. Милосердова

**ИВАНОВА А.С.**

Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ КАК ПРИРОДНЫЕ  
ПРЕДВЕСТНИКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В РЕГИОНЕ  
(НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)**

**IVANOVA A.S.**

Leningrad State University named Alexander Pushkin

**REGIONAL GEOLOGICAL FACTORS AS NATURAL HARBINGERS  
OF THE ECOLOGICAL SITUATION IN THE REGION  
(ON THE EXAMPLE THE TERRITORY OF THE LENINGRAD REGION)**

На жизнь и здоровье человека в значительной степени влияет широкий спектр природных компонентов, среди которых геологический фактор выполняет одну из ведущих ролей. При этом в системе «литосфера-биота» по доминанте различают эколого-геохимические и эколого-геодинамические геологические факторы, которые по времени воздействия на природную среду подразделяются на постоянные, периодические и кратковременные.

В работе предлагается рассмотреть особенности влияния геологических факторов на экологическую обстановку в регионе, выделяя среди них как позитивную, так и негативную составляющие.

К позитивному влиянию геологических факторов следует отнести возможность использования разнообразных горизонтов земной коры в хозяйственной деятельности. Среди них можно выделить архей-раннепротерозойские магматические комплексы, представленные гранитами, диоритами и их аналогами как источники ювенильных подземных вод; средне-позднепротерозойские осадочно-метаморфические комплексы как носители пресных вадозных подземных вод (гдовский горизонт); раннепалеозойские и неоген-четвертичные осадочные водоносные комплексы, многие из которых имеют высокое, но допустимое содержание солей кальция и магния, делающими воду жёсткой; а также экологически чистые источники строительных материалов и сравнительно мало-мощные гумусовые почвенные горизонты как объекты ведения сельскохозяйственных работ.

Негативное влияние геологических факторов на экологическую обстановку в регионе имеет в большей степени локальный характер. Наиболее значительным в этом отношении является урановое радиоактивное загрязнение, концентрирующееся в горизонтах диктионемовых сланцев среднего ордовика, а также радоноопасность, проявляющаяся вдоль зон многочисленных разрывных структур глубокого заложения (зона Полканова, геопатогенные зоны). Суммарно они составляют более 2/3 от общего объёма радиационного облучения, которому подвергается население.

Немаловажное негативное влияние на экологическую обстановку оказывают оболовые пески нижнего ордовика, являющиеся источниками фосфорного загрязнения в регионе. Большую проблему создают многочисленные процессы карстообразования в среднеордовикских карбонатных горизонтах (волховский, кундский, таллинский).

Приведённые соотношения геологических факторов дают возможность создать общую картину экологической обстановки в регионе.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доц. А.Н.Трифонов



**ИСАКОВА Е.П.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕЩИНОВАТОСТИ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ  
ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ МЕТОДА  
ГЕОРАДИОЛОКАЦИИ**

**ISAKOVA E.P.**

St. Petersburg Mining University

**THE RESEARCH OF GRANITE DEPOSIT ON THE PRESENCE OF FRACTURES  
BY THE METHOD OF GEORADAR**

При оценке трещиноватости основной породы очень важно заранее определить не только поверхностное распределение трещин, но и степень внутреннего растрескивания. В связи с этим изучение трещиноватости на месторождениях облицовочного камня является одной из основных, сложных и требующих детальных исследований задач.

По производительности и информативности оценки неоднородности массива пород из геофизических методов выделяются георадиолокационный метод с частотным диапазоном до 1200 Гц.

Использование георадиолокационной съемки при поиске и разведки месторождений облицовочного камня позволяет определить мощность и рельеф как коренных, так и четвертичных пород, определить наличие блоков с хорошо проявленной природной отдельностью, в масштабных случаях – выделение значительных крупных тектонических зон.

Георадар способен решить задачу локализации трещиноватости, но необходимо учитывать, что наличие четвертичных отложений, обводненности, глинистых включений способны влиять на глубинность и детальность исследований.

Опытное георадарное зондирование проведено на частично вскрытой части месторождения республике Карелия. Георадарная съемка проведена как дополнительный метод при изучении месторождения блочного камня.

Два типа антенн использовались с целью проникновения на несколько десятков метров для обнаружения субгоризонтальных трещин, георадар с меньшей частотой – для оконтуривания зоны четвертичных отложений.

На основе исследования свойств трещиноватости горного массива и практических наблюдений в естественных условиях можно отметить, что георадарная съемка является одной из перспективной методики при поиске и разведки месторождений блочного камня. Исходя из исследований можно говорить о необходимости методически обоснованного применения георадара для изучения трещиноватости, а также более детальное исследование данной проблемы.

**Научный руководитель:** к. г-м н., доцент С.М. Данильев

**КАДЫРМАЕВА Д.Ф.**

Санкт-Петербургский горный университет

**КОМПЛЕКСНЫЙ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА  
УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ЗОЛОТОРУДНОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ «МАЙСКОЕ» (ЧУКОТСКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ)**

**KADYRMAEVA D.F.**

St. Petersburg Mining University

**COMPLEX ENGINEERING AND GEOLOGICAL ANALYSIS AND ASSESSMENT  
OF THE STABILITY OF MINING WORKINGS OF THE MAYSKOYE GOLD  
DEPOSIT (CHUKOTKA AUTONOMOUS OKRUG)**

В разрезе Майского месторождения широким распространением пользуется комплекс интенсивно дезинтегрированных песчаниково-сланцевых отложений ( $T_{2-3}$ ), близких к терригенному флишу, который прорван меловыми интрузиями, формируя сложность инженерно-геологических условий из-за высокой степени развития гравитационных процессов. Мощность многолетнемерзлых пород в пределах рудного поля варьирует в широком диапазоне - 120-350 м. В настоящее время горные выработки проходятся ниже подошвы мерзлоты, где отмечаются водопроявления при разгрузке подмерзлотного водоносного горизонта, который относится к слабоводообильному за счет особенностей трещиноватости вмещающих пород. Подмерзлотные воды по составу сульфатные натриево-кальциевые с  $pH=5$  и повышенной минерализацией – до  $2,5 \text{ г/дм}^3$ , содержат органические соединения: легко- и трудноокисляемые. Микробиологический анализ подмерзлотных вод показал наличие богатого биоценоза бактерий, актиномицетов и микромицетов, относящихся к психрофильной группе микроорганизмов. В составе преобладают анаэробные формы, что соответствует водоносным зонам с затрудненным водообменом. Были исследованы также микробные сообщества в разрушенных материалах крепи – анкера, арочные рамы и дерево забутовки; обнаружены микроорганизмы в глинке трения зон тектонических разломов.

Выполнена систематизация инженерно-геологических процессов для двух зон по разрезу: верхняя толща многолетнемерзлых пород, для которой уровень опасности экзогенных процессов – средний и низкий, нижняя – толща талых пород, в которых уровень опасности процессов классифицирован как высокий. Рассмотрены типы процессов, основные факторы, определяющие их возникновение и развитие, масштаб проявления по площади (объему) и динамике во времени, негативные последствия для ведения горных работ и устойчивости выработок. Среди процессов особое место занимает биокоррозия крепей, которая отнесена к высокому уровню опасности, ибо их преждевременное разрушение может вызвать активное вывалообразование в забое выработок и вмещающих породах. Впервые в горных выработках, пройденных в толще многолетнемерзлых пород и ниже зоны мерзлоты, были выявлены активные группы микроорганизмов, толерантных к пониженным температурам.

Полученные данные указывают на существование довольно сложного по составу и структуре агрессивного микробного сообщества. Дальнейшие исследования должны быть направлены на углубленное изучение негативной деятельности микроорганизмов и снижения их воздействия в условиях золоторудного рудника Майское.

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор Р.Э. Дашко.

**КАНИМБУЕ Л.С.**

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе

**ПЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПИКРОБАЗАЛЬТОВЫХ ЛАВ НА  
О. ЛАНСАРОТЕ, КАНАРСКИЕ ОСТРОВА**

**CANHIMBUE L.S.**

Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting

**PETROLOGICAL FEATURES OF PICROBASALTIC MELTS ON LANSAROTE,  
CANARY ISLANDS**

В докладе обсуждаются вопросы, посвященные петрологии пикробазальтовых расплавов, формирующих лавовые потоки на о. Лансароте.

Лансароте является самым восточным островом Канарского архипелага. Его тектоническое положение представляет собой внутриплитную зону, расположенную на североафриканской плите, находящейся на границе океан - континент. Остров сформировался около 60 млн лет назад за счет расположенной внутри плиты мантийной тепловой аномалии, являющейся источником магм, питающих активные вулканы Канарских островов.

Объектом исследования являлись пикробазальты, отнесенные [1] к третьей фазе вулканического извержения (июль 1731 – январь 1732 гг.). Исследуемые образцы были отобраны из хорошо сохранившихся лавовых потоков на юго-западе острова вблизи деревни Эль Гольфо.

Пикробазальты – темно-серые породы с мелкопористой текстурой, содержат крупные (4-5 см) ксенолиты перидотитов. Порфировая структура пород сформирована крупными (до 0.5 мм) резорбированными зернами оливина (30-35 об. %). Центральные части зерен однородны и характеризуются высокой магнезиальностью ( $Mg\# = Mg/(Mg+Fe)$ , ат. кол-ва) 89-91. Вкрапленники оливина обрастают узкими каймами менее магнезиального состава ( $Mg\#$  85) и диопсидом. Основная масса мелкозернистая и состоит из гипидиоморфных зерен оливина ( $Mg\#$  83-85), пироксена ( $Di, En_{51-55}Wo_{36-40}Fs_{9-11}$ ) и шпинели, интерстиции заполнены плагиоклазом состава  $An_{62-69}$ . Ксенолиты в пикробазальтах представлены гарцбургитами, сложенными крупными (3-4 мм) зернами оливина (60 об. %,  $Mg\#$  90-91) и ортопироксена (40 об. %,  $Mg\#$  91-92,  $Wo_1En_{87-88}Fs_{11}$ ).

Установлено, что вкрапленники оливина не равновесны с вмещающей их пикробазальтовой основной массой и по составу аналогичны оливину из гарцбургитов. Таким образом, высокомагнезиальные зерна оливина могут представлять собой продукты дезинтеграции мантийных ксенолитов, захваченных на глубинных уровнях. Оказавшись в расплаве, оливин подвергался резорбции, а позже обрастал низкомагнезиальными каймами. Вероятно, последнее происходило одновременно с кристаллизацией аналогичного по составу оливина основной массы породы.

**Научный руководитель:** преподаватель К.Г. Ерофеева

**КЛИМОЧЕНКОВ М.Д., САНДАКОВ Э.Г., КЕНЖЕБАЕВ К.Н.**  
Национальный Исследовательский Технологический Университет «МИСиС»

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА БЛОКА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ  
МОДЕЛИ ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ ЖИЛЬНОГО ЗОЛОТОРУДНОГО  
МЕСТРОЖДЕНИЯ**

**KLIMOSHENKOV. M.D., SANDAKOV E.G., KENZHEBAYEV K.N.**  
National University of Science and Technology "MISiS"

**DETERMINING THE OPTIMAL SIZE OF THE UNIT OF THE GEOLOGICAL  
MODEL WHEN CALCULATING THE RESERVES OF THE LEAD GOLD DEPOSIT**

Моделирование месторождений путем визуализации геологических данных является одной из важных задач современного общества в связи с нарастающими темпами цифровизации промышленности.

Представленная в работе геологическая модель создана на базе горно-геологической информационной системы Micromine, позволяющей изменять входные параметры блочной модели для проведения сравнительного анализа.

К рассмотрению были приняты данные опробования жильного золоторудного месторождения. Полученная на основе этой информации геологическая модель чувствительна к размеру блоков, что сказывается на точности подсчета запасов. К примеру, слишком большой размер блока, может привести к «выпадению» блока из модели в силу особенностей жильных месторождений. В свою очередь, меньший размер блока сильно усложняет и утяжеляет модель, делая ее сложной для подсчета методом обратных расстояний и кригингом.

Основная сложность в создании модели жильного месторождения заключается в том, что будущая модель состоит из большого количества разрозненных жил, которые могут быть мощностью от 0,1м. Также, если учесть, что при разведке месторождения осуществлялась проходка скважин с отбором керна, то можно прийти к выводу, что оконтуривание жил является серьезной проблемой при создании модели.

Заключительным этапом исследовательской работы в данном направлении является диаграмма, показывающая отношение размера блока геологической модели к точности полученных результатов. Данные исследования позволят усовершенствовать текущие технологии в геологическом моделировании и повысить точность расчетов при оценке запасов полезных ископаемых.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент В.В. Ческидов

**КРАСНОЦВЕТОВ М.А., ТЕДИКОВА А.А.**

Национальный Исследовательский Технологический Университет «МИСиС»

## **РАЗРАБОТКА 3D МОДЕЛЕЙ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**KRASNOTSVETOV M.A., TEDIKOVA A.A.**

National University of Science and Technology "MISiS"

### **DEVELOPMENT OF 3D MODELS OF COAL DEPOSITS**

Трехмерное моделирование – один из способов наглядного представления геологических условий месторождения, который позволяет понять их строение, а также осуществить планирование отработки и прогноз поведения массива горных пород при различных вариантах отработки выбранного участка недр.

Одна из особенностей строения угольных месторождений – это наличие относительно четких контактов между угольными пластами и вмещающими породами, наличие контрастной границы в значительной степени упрощает их моделирование и процесс проектирования горных выработок. Так как в пределах одного пласта характеристики угля не имеют чрезвычайной изменчивости, для рассматриваемой модели мы оперировали их средними величинами. Толща вмещающих пород рассматривается как однородная литологическая единица в силу значительного сходства физико-механических свойств, которое определено в том числе благодаря осадочному происхождению.

К рассмотрению в статье принят участок Талдинского угольного месторождения, расположенного в центральной части Ерунаковского геолого-экономического района Кузбасса, как наиболее интересное по своему строению, так как его пласты залегают в виде брахисинклинальной складки.

Выбранное программное обеспечение для моделирования месторождения горно-геологическая информационная система (ГГИС) Micromine относится к системам общего назначения и включает в себя модули: геологическое моделирование, оценка запасов, проектирование и планирование горных работ, календарное планирование и маркшейдерия. Также ГГИС Micromine позволяет визуализировать геологические данные для большей наглядности процесса построения (Рисунок 1, Рисунок 2).

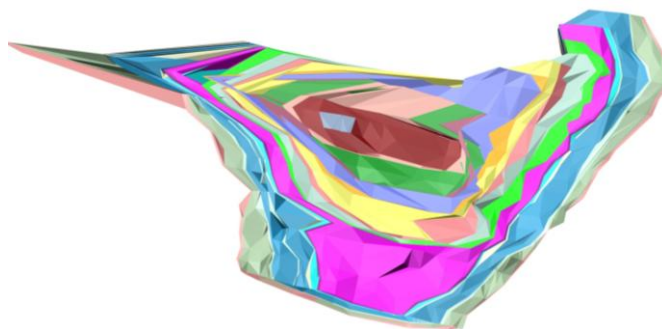


Рисунок 1 - Визуализация литологических разностей участка Талдинского месторождения (каждый пласт, пропластья и сочетания аргиллитов, алевролитов и песчаников окрашены в определенный цвет)



Рисунок 2 - Визуализация литологических разностей участка Талдинского месторождения (все пласты окрашены в серый цвет, а пропластья и сочетания аргиллитов, алевролитов и песчаников - в оранжевый)

Разработанная геологическая модель может быть использована для решения нескольких задач, основными являются подсчет запасов и геологическое обеспечение разработки месторождения.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент В.В. Ческидов

**КУЗЬМИН И.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

**СВЯЗЬ ПРОЦЕССОВ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПЛАТИНЫ СО СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ ДУНИТОВ НА ПРИМЕРЕ ЗОНАЛЬНЫХ КЛИНОПИРОКСЕНИТ-ДУНИТОВЫХ МАССИВОВ УРАЛА**

**KUZMIN I.A.**

St. Petersburg Mining University

**THE RELATIONSHIP OF THE CONCENTRATION PROCESSES OF PLATINUM WITH THE STRUCTURAL-MATERIAL FEATURES OF DUNITES ON THE EXAMPLE OF ZONAL CLINOPYROXENITE-DUNITE MASSIFS OF THE URALS**

За всю историю изучения коренного платинового оруденения большинство исследователей обращали внимание на распределение платины непосредственно в дунитах значительно меньше, по сравнению с хромититами. В работе впервые проведен комплексный анализ закономерностей распределения платины в дунитах с учетом их структурно-текстурных особенностей на основе материалов, полученных при изучении дунитов двух массивов Платиноносного Пояса Урала: Светлоборского и Жёлтой Сопки. Для исследования были выбраны штучные образцы дунитов, отобранные на массиве Жёлтая Сопка, а также керн трёх разведочных скважин (№ 18, 20 и 55), пробуренных в пределах рудопроявлений Высоцкого и Вершинное, Светлоборского массива. Содержания платины в дунитах были получены методом *ICP MS* для дунитов Жёлтой Сопки (18 проб) и методом пробирно-атомной абсорбции на основе более 700 метровых керновых проб со Светлоборского массива. По совокупности морфологических признаков было выделено два принципиальных структурных типа дунитов: рекристаллизованные и первичномагматические.

В ходе исследований установлено, что пегматоидные и крупнозернистые разновидности дунитов характеризуются существенно меньшими содержаниями, чем мелко-

и среднезернистые разновидности. Эта закономерность наглядно подтверждена в разрезе скважина № 55 в пределах рудопроявления Вершинное. Скважина последовательно вскрывает области среднезернистых дунитов, среднезернистых с порфиroidными вкрапленниками и, на небольшом участке, тело дунитовых пегматитов. При этом, минимальные содержания (< 55 мг/т) характерны для участка развития дунитовых пегматитов, существенно повышенные содержания для порфиroidных разновидностей дунитов (до 100 мг/т) и максимальные концентрации установлены для среднезернистых дунитов с повышенным (5–7 %) содержанием хромшпинелидов (порядка 180 мг/т).

Для оценки распределения платины в рекристаллизованных дунитах целесообразно рассмотреть скважины 18 и 20 в пределах рудопроявления Высоцкого. Установлены повышенные концентрации платины на фациальных контактах между первичными дунитами, и рекристаллизованными дунитами (до 100 мг/т) при содержании в собственно рекристаллизованных дунитах менее 55 мг/т.

Таким образом, в распределении платины установлены следующие закономерности: минимальные содержания платины характерны для крупно- и гигантозернистых дунитов, существенно повышенные содержания платины наблюдаются в зонах развития порфиroidных разновидностей и максимальные содержания платины характерны для границ рекристаллизованных дунитов и дунитов с протогранулярной структурой а также зон с повышенным содержанием хромшпинелида.

**Научный руководитель:** д. г-м. н., профессор А.В. Козлов

**ЛЕБЕДЕВ И.Е.**

Московский государственный университет им. Ломоносова; Институт физики Земли РАН

**ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ ПОЗДНЕМЕЛОВЫХ ВУЛКАНОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКО-ЧУКОТСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПОЯСА И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ РАСШИФРОВКИ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СЕКТОРОВ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА**

**LEBEDEV I.E.**

Lomonosov Moscow State University; Institute of Physics of the Earth RAS

**PALEOMAGNETISM OF LATE CRETACEOUS VOLCANICS OF THE NORTHERN PART OF THE OKHOTSK-CHUKOTKA VOLCANIC BELT AND THEIR SIGNIFICANCE FOR DECIPHERING OF THE TECTONIC HISTORY OF THE NORTH-EASTERN ASIAN AND ADJACENT SECTOTS OF THE ARCTIC OCEAN**

Палеомагнитные данные из позднемиловых вулканитов северной части Охотско-Чукотского вулканического пояса (ОЧВП) имеют большое значение для расшифровки тектонической истории Северо-Восточной Азии и прилегающих секторов Северного Ледовитого океана. В единичных современных палеомагнитных работах в пределах ОЧВП (Otofujii et al., 2015, Stone et al., 2009) обсуждается тектоническая модель, в соответствии с которой Колымо-Омолонский супертеррейн и Аляскинско-Чукотский террейн начиная с раннего мела представляют собой единый Колымо-Омолонско-Чукотской супертеррейн. Однако по этим же данным наблюдается смещение данного

супертеррейна в южном направлении относительно прилегающих крупных блоков: Евразийской и Северо-Американской плит после формирования ОЧВП. Это смещение в целом противоречит известным геологическим данным свидетельствующим о окончании тектонической активности до формирования ОЧВП. Кроме того, перемещение супертеррейна на юг может быть ответственным, по крайней мере частично, за открытие Канадского бассейна Северного Ледовитого океана.

В данной работе будут представлены новые палеомагнитные данные, которые были получены при лабораторной палеомагнитной обработке обширных коллекций поздне меловых вулканитов ОЧВП, собранных в течение полевого сезона 2019 года на территории Чукотского полуострова, а также обсуждено их значение для палеотектонических реконструкций.

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор Р.В. Веселовский, д.ф.-м.н. В.Э. Павлов

**ЛИСОВСКАЯ Е.А.**

Казанский (Приволжский) федеральный университет

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСЧЕТА  
ПОРИСТОСТИ ПО ДАННЫМ ГИС НА ПРИМЕРЕ ПЛАСТОВ ЮК<sub>2-7</sub>  
БОРТОВОЙ ЧАСТИ ЕЛИЗАРОВСКОГО ПРОГИБА (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)**

**LISOVSKAYA E.A.**

Kazan Federal University

**APPLICATION OF NEURAL NETWORK TECHNOLOGY FOR CALCULATING  
POROSITY FROM WELL LOGGING DATA ON THE EXAMPLE OF UK<sub>2-7</sub>  
FORMATIONS OF THE ELIZAROVSKY DEFLECTION (WESTERN SIBERIA)**

Геологическая изменчивость пластов ЮК<sub>2-7</sub>, приуроченная к бортовой части Елизаровского прогиба, обусловлена резкими изменениями толщин, которые были вызваны тектонической активностью в юрский период на изучаемой территории.

При сравнении пористости для пластов ЮК<sub>2-7</sub>, определенной по керну и по принятому для данного месторождения уравнению был получен коэффициент корреляции  $R \approx 0,2$ , тогда как 1,0 говорит о полной корреляции величин, т.е. о сильной связи между случайными величинами. По этой причине авторы применили, иной подход для нахождения пористости по данным ГИС.

Одним из актуальных направлений интеллектуальных систем является применение искусственных нейронных сетей (ИНС) в процессе обработки данных геологоразведочных работ. В связи с этим авторами была оценена возможность использования искусственных нейронных сетей для построения алгоритма интерпретации данных на месторождении Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции на примере пластов ЮК<sub>2-7</sub>.

Исследование происходило на основе данных по скважине, расположенной в бортовой части Елизаровского прогиба месторождения Западной Сибири. Данные представляли собой набор каротажных кривых геофизического исследования скважин (ДС, ПС, ПЗ, ИК, ГК, ГГКп, НГК, ННК-Т, БКЗ), а также коэффициент пористости по керну, на интервале 2778- 2887м, который принадлежит к тюменской свите данной



скважины. Нейронная сеть обучалась по данным пористости по керну и находила скрытые множественные взаимосвязи КЕРН-ГИС. На основе найденных взаимосвязей нейронная сеть рассчитывала коэффициент пористости. Расчетный коэффициент сравнивался со значениями данных пористости по керну.

В результате были получены следующие корреляционные зависимости:

1. Наилучший результат был получен при использовании 4-х каротажных кривых (ГК, ННК-Т, ГГКп, ПЗ). Коэффициент корреляции с данными составил  $R \approx 0,68$ .

2. Использование входных данных 3-х каротажных кривых в отсутствии метода ГГКп мы получили значение по коэффициенту корреляции ниже среднего  $R \approx 0,4$ .

3. Применение данных каротажа без использования данных ПЗ, значения коэффициента корреляции составил  $R \approx 0,54$ .

Анализ полученных авторами данных при использовании нейронных сетей в сравнении с традиционной интерпретацией КЕРН-ГИС, показал более высокую корреляцию с данными керна.

**Научный руководитель:** заместитель директора ЦДОМКиМ ИГиНГТ КФУ  
Б.В. Платов

**МАРТЕНС Е.О.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **К ВОПРОСУ О ТИПОМОРФИЗМЕ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА РЕКИ КЕНГКЕМЕ (ВОСТОК СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)**

**MARTENS E. O.**

St. Petersburg Mining University

## **THE QUESTION OF THE TYPOMORPHISM OF PLACER GOLD IN THE RIVER KENKEME (EAST OF THE SIBERIAN PLATFORM)**

Исследуемая территория р. Кенгкеме, представляющая собой левый приток р. Лены, в геологическом плане является восточной частью Сибирской платформы, закрытой мощным осадочным чехлом. На территории этого региона отсутствуют продукты среднего и кислого магматизма, которые являются основными источниками золотосодержащих месторождений, как, например, в южной и восточной Якутии.

Как предполагают многие авторы, источником россыпного золота в современном аллювии рек региона являются промежуточные коллекторы юрского возраста. В качестве коренных источников для золота предполагаются золото-серебряная, золото-редко-металльная и золото-сульфидно-кварцевые формации, приуроченные к регенерированным в мезозойский этап рифтовым зонам, например к Якутскому разлому и к Кемпедяйской дислокации.

Данная работа выполнена на основе материала, собранного в ходе полевых исследований в 2018 году сотрудниками Алданской партии «ВСЕГЕИ» в рамках геолого-разведочных работ по составлению государственной геологической карты 1:1 000 000 масштаба. Было исследовано 5 проб из среднего течения реки Кенгкеме. Фракционирование шлихов осуществлялось по стандартной методике – магнитная и электромагнитная сепарация, разделение тяжелыми жидкостями и ситование. Из тяжелой немагнитной фракции размером  $-0,16$  мм и  $-0,315 + 0,16$ , выделялись монофракции золота. Всего

из 5 проб было выделено 170 золотинок. Морфология и состав золотинок с поверхности изучались на растровом электронном микроскопе с микронзондовой приставкой (ВСЕГЕИ).

На основе изучения морфологии и состава золота было выделено два типа.

Первый тип - золото уплощённой пластинчатой, лепёшковидной, тороидальной и шаровиднопустотелой формы, высокой пробы, которая обусловлена, вероятно, высокопробными оболочками. Поверхность россыпного золота данного типа сильно преобразована под действием механических напряжений в процессе его миграции, с линиями пластических деформаций и шрамами волочения, местами присутствуют отпечатки минералов. Такая морфология золота сибирской платформы по мнению З.С. Никифоровой говорит о длительной миграции и свидетельствует о первичных источниках золота древнего возраста. Второй тип золота имеет типично рудный облик. Это цементационные агрегаты, сохранившие множественные отпечатки жильных минералов. На отпечатках часто наблюдается индукционная штриховка. Проба золота с поверхности изменяется в пределах от 856,2 до 993,8, присутствуют примеси серебра от 0 до 13,34% и меди от 0 до 3,36%. Все перечисленные признаки свидетельствуют о недолгом нахождении золота данного типа в россыпи и о близости коренного источника. Выявленные новые типоморфные особенности россыпного золота реки Кенгеме позволяют предположить наличие в пределах современного водосбора реки коренного проявления золоторудной минерализации, зона окисления которого является источником золота второго типа. Так как река эродировала только мезозойские отложения, то и источник золота имеет, вероятнее всего, мезозойский возраст, что не вполне коррелирует с известными геологическими данными и демонстрирует, насколько слабо ещё изучена данная территория.

**Научный руководитель:** к. г.-м. н., доцент В.И. Леонтьев

**МЕЛЬНИЧЕНКО И.А.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## **ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ БЛОКОВ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ**

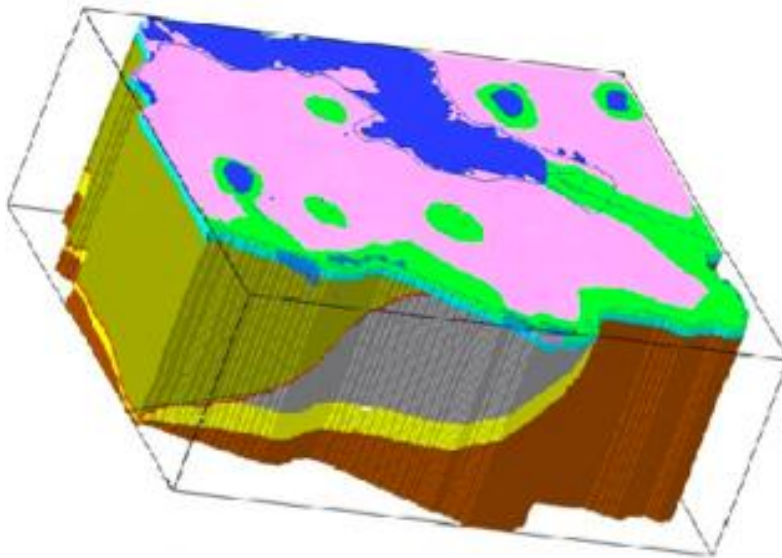
**MELNICHENKO I.A.**

National University of Science and Technology "MISIS"

## **DYNAMIC MODELING OF OPERATIONAL UNITS BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**

В настоящее время перед современной горно-металлургической отраслью стоит задача создания цифровых двойников всей технологической цепочки.

При помощи искусственных нейронных сетей появилась возможность создания трехмерных моделей месторождений и последующая корректировка модели на основе эксплуатационной разведки, в результате которой обновляются геологические данные по блоку, готовящемуся к отработке.



Модель, изображенная на рисунке, была получена на данных железорудного месторождения. В качестве обучающей выборки взята 27 401 проба геологоразведочных данных. Обучающийся сет состоял из 65% данных проб, 20% тестовая и 10% контрольная. Модель показала хороший процент сходимости как в тестовой, так и в контрольной выборке данных. Сходимость геологической модели составила 93%. При

помощи ODBC предсказанную блочную модель возможно визуализировать в таких ПО как Micromine, ANSYS, Datamine, Surpac, BIM 360 для дальнейшей работы с данными в рамках решения технологических задач.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент В.В. Ческидов

**МИНГАЛЕВА Т.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХМЕРНОГО СЕЙСМОПЛОТНОСТНОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ГЛУБИННОМ  
СТРОЕНИИ СЛАБОИЗУЧЕННЫХ УЧАСТКОВ ШЕЛЬФА**

**MINGALEVA T.A.**

St. Petersburg Mining University

**APPLICATION OF THREE-DIMENSIONAL SEISMIC DENSITY MODELING FOR  
REFINING THE CONCEPTS OF THE DEPTH STRUCTURE OF UNDERSTANDED  
SHELF SITES**

Разведанные запасы углеводородов в мире истощаются с каждым годом. В связи с этим встает вопрос о разработке новых перспективных месторождений, в том числе в слабоизученной шельфовой зоне. Однако недра некоторых акваторий континентального шельфа Российской Федерации имеют сложные условия для проведения геологоразведочных работ, как, например, изучаемый участок в Восточно-Сибирском море, что обуславливает на сегодняшний день неполноту сведений о геологическом строении территории.

Для получения более адекватной картины о глубинном строении участка применялось сейсмоплотностное 3D-моделирование, по имеющимся на данный момент данным гравиразведки и сейсморазведки.

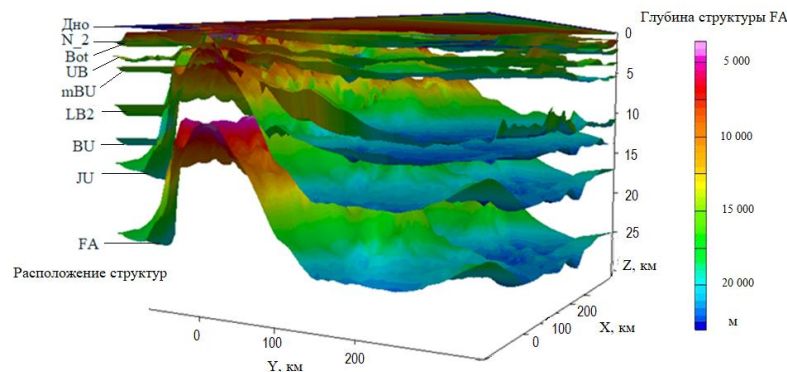


Рисунок 1 - Глубинная 3D-модель изучаемого участка

При помощи программного обеспечения Oasis montaj, была построена 3D-модель среды, каркасом которой послужили структурные карты, полученные в ходе интерпретации сейсмических данных (рисунок 1). Алгоритм проведения работ по коррекции глубинно-скоростной модели следующий: пересчет средних скоростей в интервальные скорости; перевод интервальных скоростей в плотности; плотностная инверсия и получение новых плотностей для каждого слоя; перевод новых плотностей в новые средние скорости; пересчет при помощи новых средних скоростей структурных карт.

Пересчет интервальных скоростей в плотности выполнялся с использованием эмпирического соотношения Гарднера:  $\sigma = 0.31 \cdot \nu^{0.25}$ . Каждому слою в глубинно-скоростной модели задавалось своё плотностное распределение, и проводилась инверсия с использованием наблюдаемого гравитационного поля. После получения новых плотностей алгоритм работ выполнялся в обратную сторону. В итоге были получены новые структурные карты для каждого горизонта с уточненными по данным гравиразведки объектами. Соответственно, неопределенность решения обратной задачи для двух методов при их совместной инверсии значительно снижена.

**Научный руководитель:** д. г.-м. н., профессор О.Ф. Путиков.

**МИХАЙЛОВ В.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕДНО-БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В АМФИБОЛОВЫХ ГАББРО СЕРЕБРЯНСКОГО КАМНЯ, СЕВЕРНЫЙ УРАЛ**

**MIKHAYLOV V.V.**

St. Petersburg Mining University

**NEW DATA ON THE PATTERNS OF LOCALIZATION OF COPPER-NOBEL METAL MINERALIZATION IN AMPHIBOLIC GABBROS OF SEREBRYANSKY STONE, NORTHERN URALS**

Вследствие ужесточения экологических норм во всем мире, особенно в Канаде, Китае, США и ЕС растет потребление платиноидов со стороны автомобильной промышленности. В современных условиях рынка спрос на эти металлы по-прежнему пре-

вышает предложение с тенденцией увеличения спроса на палладий. Растущий спрос на металлы платиновой группы, сходство геологического строения Серебрянского камня с известным Волковским месторождением. Существование небольших медных рудопроявлений и точек минерализации с высокими содержаниями благородных металлов, а также неполнота данных, не позволяющих дать оценку промышленной значимости объекта, и предложить геолого-генетическую модель формирования оруденения медно-титан-ванадиевого промышленного типа обусловили интерес к изучению массива.

На основании оценки результатов предшественников, а также исходя из особенностей геологического строения массива Серебрянский камень, были выбраны два полигона опробования, расположенные к западу от выявленной ранее аномалии, характеризующейся повышенным (более 0,2%) содержанием меди. Всего было пройдено около 24 км маршрутов с отбором сколовых проб по сети 100x40 м. Для определения содержания благородных металлов проведён анализ пробирно-атомно-эмиссионным методом (ЗАО «РАЦ МИА»), содержание химических элементов в пробах были определены с помощью масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (центральная аналитическая лаборатория ФГБУ «ВСЕГЕИ»).

Совокупность геохимических особенностей амфиболовых габбро, взаимоотношение рудных минералов, а также особенности их химического состава позволяют сделать заключение об определяющей роли магматических процессов в формировании как пород, так и рудных тел Серебрянской ассоциации. На основе химического состава главных породообразующих минералов выполнены расчеты *P-T* параметров, характеризующих амфиболовые габбро. Применимые к этим породам термобарометры, основанные на содержании и распределении *Al* в структуре амфибола, а также распределении *Al* между амфиболом и плагиоклазом, демонстрируют значения давления, равные 6,65-7,32 кбар и температуры порядка 800-1000°C. Полученные при использовании геотермометров и геобарометров данные не противоречат этому выводу. Наиболее близкой, по мнению автора, для изучаемого Серебрянского массива является ортомагматическая концепция, предложенная А. Ю. Полтавцем и А. С. Кашиним.

Установлено, что медносульфидное оруденение локализуется в линейных вытянутых по полосчатости зонах. Для рудовмещающих меланократовых такситовых амфиболовых габбро определена геохимическая специализация позволяющая рассматривать изучаемые породы как водный аналог “сухих” оливиновых габбро, вмещающих основной объём руд Волковского месторождения. При проведении исследовательских работ выявлено три перспективные зоны в контуре которых установлены содержание  $Cu = 0,24 \%$ , и суммарное содержание благородных металлов, составляющее 0,32 г/т.

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор А.В. Козлов.

**МИШИН В.В., ПЕРШИН И.М.**

Институт сервиса, туризма и дизайна, филиал Северо-Кавказского федерального университета

**ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГИДРОЛИТОСФЕРЫ КАВКАЗСКИХ  
МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
РЕСУРСНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ**

**MISHIN V.V., PERSHIN I.M.**

The Institute of Service, Tourism and Design, branch of North-Caucasus Federal University

**GEOINFORMATION MODEL OF THE HYDROLITHOSPHERE OF THE  
CAUCASIAN MINERAL WATERS AS A TOOL FOR FORECASTING RESOURCE  
LIMITATIONS**

Предлагается разработка динамической геоинформационной модели, направленной на прогнозирование допустимых параметров дебита добычи минеральных вод. В условиях создания единой системы мониторинга региона КМВ, это, безусловно, является актуальной задачей.

Авторы руководствуются гипотезой, что адекватная модель природных ресурсов должна включать сегмент прогнозирования поведения хозяйствующих субъектов, непосредственно на них воздействующих.

Таким образом, прогнозирование изменений гидrolитосферы региона КМВ неотделимо от социально-экономических процессов, связанных с добычей минеральных вод.

Разработка адекватной модели сложной комплексной системы, объединяющей в себе ресурсные и социально-экономические факторы является задачей, требовательной к функциональным возможностям средств моделирования.

Выбор средств моделирования является решением, в определенной степени диктующим глубину и результаты прогнозов модели. На наш взгляд, решить поставленную задачу возможно агент-ориентированными средствами.

В случае агент-ориентированного моделирования выбор платформы приобретает фундаментальную значимость, непосредственно влияя на весь процесс моделирования. В результате проведенного анализа бесплатных и условно-бесплатных платформ агентского моделирования, авторами была выбрана GAMA - среда разработки моделирования и имитации для построения пространственно-явных агентных симуляций. GAML - язык, используемый в GAMA, основан на Java и позволяет построить модель с несколькими парадигмами моделирования, исследовать и калибровать ее, используя различные параметры.

Существующая практика агент-ориентированного моделирования предусматривает использование как уже имеющихся в составе платформы базовых агентов, так и описание базовых характеристик уникальных агентов, применяемых для конкретного исследования.

Механизмы агент-ориентированного моделирования позволят описать как физические, так и социально-экономические взаимодействия гидrolитосферы Кавказских Минеральных Вод путем взаимодействия соответствующих агентов.

**МОНАКОВ Е.В., РОМАНОВА В.Е., ЕВСЕЕВА Е.В.**  
Национальный Исследовательский Технологический Университет «МИСиС»

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ УГОЛЬНЫХ  
ПЛАСТОВ УЧАСТКА «ПИХТОВСКИЙ» КЕДРОВСКОГО УГОЛЬНОГО  
РАЗРЕЗА**

**MONAKOV E.V., ROMANOVA V.E., EVSEEVA E.V.**  
National University of Science and Technology "MISiS"

**MODELING OF GEOLOGICAL BREACHES OF COAL SEAMS OF THE  
KEDROVSKIY COAL MINE**

В последние несколько лет у горнодобывающих компаний России все чаще возникает вопрос об эффективном использовании геоинформационных технологий, которые должны обеспечивать и охватывать весь производственный цикл: от геологоразведки до контроля над горным производством и управления потоками геоданных.

Моделирование тектонических нарушений является не единственной, но одной из важных задач, которые можно решать с помощью современных геоинформационных систем. Это во многом способствует своевременному принятию мер по обеспечению устойчивости массива, а также предотвращению негативных геодинамических явлений.

В рамках данной работы нашей группой была создана геологическая 3D модель угольных пластов «Кемеровский» и «Волковский». Данные пласты на сегодняшний день отрабатываются компанией «Кузбассразрезуголь» и имеют большое количество нарушений на всей протяженности. Моделирование производилось при помощи горно-геологической информационной системы «Micromine».

В ходе данной работы рассматривались следующие вопросы:

- сравнение методов «субблокирования» и «фактора блоков», выявление различий и их влияние на итоговый подсчёт запасов;
- задание иерархии пластов и построение их клеточных моделей;
- использование модулей стратиграфического и условного моделирования

В данной модели наглядно продемонстрированы сдвиги и разрывы пластов, что дает возможность взглянуть на картину нарушений в целом, а не только видеть отдельные их зоны на 2D разрезах.

Выявление тектонической нарушенности по тем или иным признакам значительно облегчает построение прогнозной карты в еще ненарушенном массиве, а также позволяет оперативно перейти к ее анализу.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент В.В. Ческидов

**НАСЫРОВА З.Р.<sup>1</sup>, КАЮКОВА Г.П.<sup>1,2</sup>, ВАХИН А.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

<sup>2</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН

## **СУБ- И СВЕРХКРИТИЧЕСКАЯ ВОДА В ПРОЦЕССАХ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОМАНИКОВОЙ ПОРОДЫ**

**NASYROVA Z.R.<sup>1</sup>, KAYUKOVA G.P.<sup>1,2</sup>, VAKHIN A.V.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Kazan (Volga region) Federal University

<sup>2</sup>A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry, Kazan Science Center of RAS

## **SUB- AND SUPERCRITICAL WATER IN THE PROCESSES OF DOMANIC ROCK ORGANIC MATTER CONVERSION**

В работе представлены результаты исследования по преобразованию органического вещества доманиковой высокоуглеродистой породы Ромашкинского месторождения в среде суб- и сверхкритической воды при температурах 320, 374 и 420°C и давлениях 17, 24.4 и 24.6 МПа. Исходная кремнисто-глинистая карбонатная порода богата органическим веществом, состоящим из битума и керогена. Битум характеризуется высоким содержанием смол и асфальтенов и низким содержанием насыщенных и ароматических углеводов. Выявлены отличительные особенности в выходах и составах экстрактов из пород в зависимости от температуры экспериментов. Наибольший выход экстракта наблюдается в опыте с субкритической водой при 320°C в результате деструкции смол и более полного извлечения из породы асфальтенов и высокомолекулярных n-алканов состава C<sub>22</sub>-C<sub>30</sub>. Сверхкритическая вода при 374 и 420°C приводит к интенсивному разложению структуры керогена и отрыву алифатических цепей от конденсированных структур асфальтенов с образованием низкомолекулярных n-алканов ряда C<sub>12</sub>-C<sub>21</sub> и углистых веществ типа карбенов-карбоидов. По данным ИК спектроскопии структура асфальтенов и карбенов-карбоидов становится более конденсированной и окисленной. Структурирование асфальтенов при их карбонизации приводит к снижению их парамагнитных свойств и удалению металлов из структуры порфириновых молекул. В структуре асфальтенов после опыта при 420°C выявлено расщепление на линии ванадильного комплекса суперсверхтонкого спектра от ядер азота <sup>14</sup>N, что свидетельствует о вероятных преобразованиях алкилпорфиринов в моноциклоалкилпорфирины в процессах деалкилирования, деметаллизации и гидрогенизации. Кроме этого были обнаружены фазовые изменения в минеральном составе слюды, вследствие выделения из нее отдельной фазы монтмориллонита. Таким образом, результаты исследований показали, что воздействие суб- и сверхкритической воды на доманиковую высокоуглеродистую породу находит свое отражение не только в углеводородной части продуктов опытов, но и в изменении высокомолекулярных поликонденсированных структур асфальтенов и карбенов-карбоидов, а также их парамагнитных свойств.

**Научный руководитель:** д.х.н., ведущий научный сотрудник Г.П. Каюкова



**ОБАТНИН В.А.**  
Удмуртский государственный университет

**ПРОБЛЕМЫ ОЦИФРОВКИ КАРТ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**OBATNIN V.A.**  
Udmurt State University

**PROBLEMS OF DIGITALIZATION OF QUARTERLY DEPOSIT CARDS OF THE  
UDMURT REPUBLIC**

Картирование четвертичных отложений является одним из основных элементов физико-географической характеристики территории. Генетический тип отложений определяет формирование определённых типов почв, растительности, общераспространённых полезных ископаемых. В этой связи при ландшафтном районировании и поисках четвертичных твердых полезных ископаемых необходим анализ приповерхностных образований, который проводится, в первую очередь, на основе существующих карт четвертичных отложений. При этом на смежных листах карт одного масштаба различными специалистами генезис отложений интерпретирован по-разному, что связано, вероятно, с влиянием преобладающих концепций времени съёмки и личным опытом, субъективизмом исполнителей.

При оцифровке геоинформационной системе MapInfo Professional базовых съёмочных листов 200-тысячного масштаба выявился ряд проблем:

1. различная генетическая интерпретация отложений на картах разных лет съёмки;
2. нестыковка ареалов распространения типов отложений смежных карт.

Для решения этих проблем были использованы дополнительные литературные и картографические источники информации по территории Удмуртии и авторские полевые наблюдения. В частности привлекались карты четвертичных отложений масштаба 1:500 000, миллионного и двухмиллионного масштабов, а также общегеографические карты масштаба 1:200 000 для уточнения характеристик рельефа и речной сети.

В результате проведенных работ была составлена цифровая карта четвертичных отложений, на которой существенно уточнены границы их распространения и генетически переинтерпретированы согласно современным представлениям о четвертичной истории территории Удмуртии.

Так, например, было принято решение показывать элювиально-делювиальные отложения холодных склонов мощностью более 2 метров, а также наклонно залегающий аллювий в тыловой части высоких террас как делювиально-солифлюкционные образования.

Проблематичные отложения, часто обозначенные как моренные, соответствуют элювию водоразделов и элювиально-делювиальным отложениям структурных террас.

Флювиогляциальные отложения фактически представляют собой покровные эоловые массивы.

Составленная цифровая карта может использоваться для ландшафтных исследований и поисков твердых полезных ископаемых, особенно песков, ПГС и глин.

**Научный руководитель:** к.г.н., доцент А.В. Сергеев

**ОХОТНИКОВ В.Е., ЧЕРНОУСОВ Е.Д.**

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

**ВТОРИЧНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ КАК ИНДИКАТОРЫ  
НЕФТЕГАЗОНАСЫЩЕННОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ**

**OKHOTNIKOV V.E., CHERNOUSOV E.D.**

National Research Tomsk Polytechnic University

**SECONDARY GEOCHEMICAL PROCESSES AS INDICATORS OF OIL AND GAS  
SATURATION OF RESERVOIRS**

За последние 30 лет на территории Западной Сибири было обнаружено множество нефтегазонасыщенных залежей, среди которых наблюдаются породы с аномально низким удельным электрическим сопротивлением. Такие месторождения с низким сопротивлением в большинстве случаев определяются водонасыщенными и пропускаются, поскольку использовалась интерпретация традиционного комплекса геофизических исследований скважин.

Новая технология статистической интерпретации материалов ГИС основана на следующем принципе: статистические параметры корреляционных зависимостей между выборками характеристик породы будут показывать воздействие интенсивностей процессов на породу, если эпигенетический процесс является причиной одновременно-го изменения двух (или более) исследуемых характеристик породы.

При увеличении интенсивности вторичных процессов также увеличивается межслоевая проводимость, содержание катионов в двойном электрическом слое. За счет этого увеличивается электрическая проводимость, которая берется в расчет при стандартной интерпретации ГИС.

Технология статистической интерпретации материалов ГИС создана на уникальном программном комплексе и позволяет получить принципиально новую геохимическую информацию на основе старого фонда материалов ГИС (НГК, либо НКТ, КС, ГК, ПС), и позволяет в песчаных коллекторах рассчитать интенсивности таких вторичных процессов, как: пиритизация, каолинитизация, карбонатизация, пелитизация, образование ДЭС.

На основании материалов геофизических исследований скважин, как нового, так и старого фонда, возможно получение геохимической информации и выявления пропущенных при традиционной интерпретации нефтегазонасыщенных пластов с низким сопротивлением при изучении песчаных интервалов исследуемых скважин.

Выявлены критерии обнаружения пропущенных нефтенасыщенных интервалов, которые были определены по результатам инновационной статистической интерпретации материалов ГИС для водонасыщенных и нефтенасыщенных песчаных интервалов Томской области. На присутствие углеводородонасыщенных залежей, с коэффициентом успешности более 75%, указывают значения интенсивностей вторичных процессов. При этом коэффициент успешности статистической интерпретации новой технологией, в сравнении с традиционным методом, увеличивается в 4-5 раз.

**Научный руководитель:** д.м.-г.н., профессор И.А. Мельник

**ПАВЛОВ А.С.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ  
НЕКОТОРЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПСКОВСКО-ПЕЧЕРСКОГО  
МОНАСТЫРЯ**

**PAVLOV A.S.**

St. Petersburg Mining University

**ENGINEERING AND GEOLOGICAL PROBLEMS OF SOME BUILDINGS  
STABILITY WITHIN THE TERRITORY OF PSKOV-PECHERSK MONASTERY**

Псковско-Печерский монастырь расположен на юге г. Печоры Псковской области. Название монастыря связано с находящимися в нем пещерами, впервые упомянутых в летописи еще в конце 14 века. Годом основания монастыря считается 1473 г., когда здесь была освящена пещерная церковь Успения Божией Матери. Район размещения монастыря приурочен к узлу крупных тектонических разломов, что предопределило высокую степень трещиноватости не только пород фундамента, но палеозойских отложений осадочного чехла. Монастырь расположен в хорошо развитой долине ручья Каменец, в разрезе которого по данным бурения на глубину 30 м выделены следующие геолого-литологические разности (сверху-вниз): четвертичные современные отложения аллювиального, делювиального и делювиально-оползневого генезиса, а также насыпные грунты; верхнечетвертичные флювиогляциальные и моренные отложения валдайского оледенения; верхнедевонские песчаники и глины швентойского горизонта.

Следует отметить, что породы коренной основы по левому борту приподняты относительно правого борта долины ручья. Устойчивость склона левого берега ручья Каменец по большей части определяется прочностью и устойчивостью верхнедевонских глинистых образований и их способностью к разуплотнению. Глины относятся к глинам высокой степени литификации, которые следует рассматривать как трещиновато-блочную среду. В песчаниках, залегающих в правом борту долины ручья, выделены многочисленные прослои и линзы глин, которые должны рассматриваться как поверхности ослабления, имеющие существенное влияние на устойчивость склона.

На вершине левого склона высотой 19 м и крутизной  $43^\circ$  в непосредственной близости от бровки расположен Михайловский собор, являющийся самым тяжелым сооружением на территории монастыря. Неустойчивое состояние склона подтверждается результатами расчетов, показавшими, что для него характерен дефицит устойчивости. Помимо этого, сооружения монастыря, размещенные в основании склона, выполняют функцию подпорных конструкций, разрушаясь под действием оползневого давления.

Оползневые процессы в долине ручья необходимо рассматривать как основную угрозу безопасности функционирования сооружений монастыря. В связи с этим, требуется проанализировать и дать оценку и прогноз устойчивости пригруженных склонов с помощью проведения специализированных исследований, заключающихся в организации комплексного инженерно-геологического мониторинга по правому и левому бортам долины с использованием современных геодезических методов, в том числе инклинометрические исследования в скважинах, а также наблюдения за гидродинамическим режимом подземных вод.

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор Р.Э. Дашко.

**ПАЛАМАРЧУК Р.С.**

Санкт-Петербургский горный университет

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РОССЫПЕОБРАЗУЮЩИХ СИСТЕМ,  
СВЯЗАННЫХ С КЛИНОПИРОКСЕНИТ-ДУНИТОВЫМИ МАССИВАМИ  
СРЕДНЕГО УРАЛА**

**PALAMARCHUK R.S.**

St. Petersburg Mining University

**FORMATION CONDITIONS OF PLACER SYSTEMS ASSOCIATED WITH  
CLINOPYROXENITE-DUNITE MASSIFS OF THE MIDDLE URALS**

Несмотря на промышленную важность платиновых россыпей Уральского Платиноносного пояса, условия формирования, а также геологическое строение и особенности ассоциации минералов платиновой группы (МПП) рассмотрены далеко не в полной мере. В нашей работе были проведены детальные исследования ассоциаций МПП из элювиальных, делювиальных, ложковых россыпей и россыпей с большой дальностью переноса (более 40 км), связанных с клинопироксенит-дунитовыми массивами Среднего Урала: Нижнетагильским, Светлоборским, Вересовоборским и Каменушенским.

В ходе исследования закономерностей изменения морфологических особенностей МПП и состава их ассоциаций в системе россыпей, связанных со Светлоборским массивом, было установлено, что МПП в процессе переноса от коренного источника закономерно теряют первичные морфологические признаки, тогда как состав ассоциаций претерпевает слабые изменения. Это подтверждается и сравнительным анализом концентрации элементов-примесей в изоферроплатине. На основании последнего, а также совпадения ассоциации МПП в целом для коренного источника и россыпи с большой дальностью переноса, можно предполагать отсутствие вертикальной зональности в коренном хромит-платиновом оруденении на величину эрозионного среза массива. Кроме того, в результате сравнительного анализа особенностей ассоциаций МПП Вересовоборского и Светлоборского массивов, установлено, что большая часть Исовско-Туринской россыпной системы сформировалась в результате разрушения пород Светлоборского массива.

Сравнительный анализ особенностей ассоциации МПП Светлоборского массива, как наиболее сильно эродированного массива региона, и Каменушенского, как наименее эродированного, указывает на более сложные закономерности распределения МПП, в отличие от разработанных моделей распределения ЭПП для Гальмознанского массива (*Tolstykh et al.*, 2004) и ряда других массивов Урало-Аляскинского типа в Мире. Такие отличия могут объясняться более сложной и длительной историей формирования массивов Урала, по сравнению с Корякско-Камчатскими массивами.

Анализ условий образования, расположения россыпей и геоморфологической истории развития района позволил установить, что ключевым фактором, влияющим на расстояние переноса МПП от коренного источника, являлось расположение мезозойских депрессий, что особенно ярко подчеркивается повсеместной металлоносности осадков в районе междуречья рр. Иса и Выи, а также объясняет причину формирования россыпей Мостовской группы, расположенной значительно южнее. Еще раз ключевое значение расположения мезозойских долин подчеркивает характер распределения металлоносных осадков в Нижнетагильской системе россыпей, где несмотря на огромные

объемы разрушенных коренных пород, максимальная дальность переноса МПГ не превышает 25 км на восток, где р. Тагил наследует долину мезозойской депрессии.

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор А.В. Козлов

**ПАНАСЕНКО Ю.М.**

Российский университет дружбы народов

**ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ  
СЕРЕБРО-ЗОЛОТОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ЛИДИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ  
(О.УРУП)**

**PANASENKO Y.M.**

Peoples' Friendship University of Russia

**GEOLOGICAL-GEOCHEMICAL FEATURES AND PROSPECTS OF SILVER-  
GOLD MINERALIZATION OF THE LIDIN ORE FIELD (i. URUP)**

Южнокурильские острова являются предметом спора между РФ и Японии, по причине своей стратегической и экономической значимости. Немалую ценность представляют запасы минеральных ресурсов южнокурильских островов. На острове Итуруп имеется источник исключительно важного для электронной промышленности редкого металла рения, ежегодный вынос которого составляет 36 тонн — годовое потребление в мире. Другого месторождения рения в России нет. Запасы углеводородов — около 2 млрд. тонн, титана — около 40 млн тонн, железа — свыше 270 млн тонн, серы — 117 млн тонн, золота и серебра соответственно около 2 тыс. тонн и около 10 тыс. тонн.

Единственным местом, где сейчас добывается золото на Курилах, является остров Уруп. История геологического изучения острова началась еще при Петре I, однако по-настоящему серьезно к нему приступили только в XX веке. С 1905 по 1945 гг. остров изучался японскими исследователями, а с 1945 года русскими учеными. В 60-ых годах были обнаружены первые знаки золота в шлиховом опробовании, и проведены литогеохимические работы с выделением перспективных участков. В 2000-ых была детально изучена южная часть острова, выделен участок Купол и с 2015 года ООО «КурилГео» ведет отработку на лицензионной площади Тетяевского рудного поля. К настоящему моменты запасы месторождения иссякают, поэтому были проведены работы по поискам новых рудопроявлений. Наиболее перспективным оказался участок Лидинский, находящийся в середине острова. Летом 2019 года на этом участке были проведены геологоразведочные работы, по результатам которых выделено рудопроявление Коленчатое, которое и является объектом исследований в данной работе. Литогеохимические работы были проведены с использованием ручных буров по сетке 100x25(40). Общее количество проб составило 1116 шт. Серебро-золотое оруденение приурочено жилам вторичных кварцитов и туфам кислого состава, отличающимися малой сульфидизацией, Основной сложностью в интерпретации полученных данных является то, что рудный горизонт перекрыт геохимическим экраном, представленным аргиллизитовыми породами. Эта покрывка прорывается в каньонах рек, где и появляются аномальные содержания Au, отмечаются точки рудной минерализации. Все пробы были отправлены на атомно-эмиссионные спектрометрию, по результатам которой нами была построена карта аномалий. В программе Statistica были рассчитаны корреляции 36

элементов с золотом, из которых только Ag, As, Co, Hg, Sb, S имеют с ним корреляцию выше 0,5. Используя множественную регрессию было составлено уравнение предсказанного золота. Дисперсия золота в пробах выше дисперсии предсказанного значения, поэтому последнее обладает большей надежностью. В программе ArcGis в модуле Geostatistical Analyst были построены карты геохимических аномалий методом кригинга и радиально базисных функций. По результатам построения выделено 3 аномалии, которые в целом вытянуты в меридиональном направлении, приурочены к зонам разрывных нарушений и связаны с жилами вторичных кварцитов. Максимально аномальные значения расположены в центре опробованного участка и связаны с рудопроявлением Коленчатым.

Полученные результаты исследования значительно расширяют перспективность Лидинского участка и позволяют в дальнейшем создать проект геологоразведочных работ для более детального изучения данной площади и обнаружения нового серебряно-золотого месторождения.

**Научный руководитель:** старший преподаватель В.Е. Марков

**ПЕТРОВ В.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

#### **ГИДРОФИЗИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА АНОМАЛИИ МЕТАНА В ПРИДОННЫХ ВОДАХ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО КРАТЕРА ИРИНА 1, ПОЛЕ ЛОГАЧЕВ, САХ**

**PETROV V.A.**

St. Petersburg Mining University

#### **HYDROPHYSICAL STRUCTURE OF METHANE ANOMALIES IN THE BOTTOM WATERS OF THE HYDROTHERMAL CRATER IRINA 1, LOGACHEV FIELD, MAR**

За несколько лет исследований были накоплены обширные данные по результатам зондирования в пределах гидротермальных полей, обобщение и анализ которых стал лишь вопросом времени.

В связи с этим, проведено детальное исследование результатов зондирования в точке в пределах рудного поля Логачев с целью нахождения и анализа зависимостей между гидрофизическими параметрами, и данными о впервые обнаруженной отечественными исследователями аномалии метана в точке зондирования в 39-м рейсе НИС Профессор Логачев.

Детальный анализ структуры плюма проводился для нижнего придонного слоя аномальных концентраций метана и гидрофизических аномалий – начиная с глубины 2800 метров и до дна.

Для определения характера взаимосвязи изменений наблюдаемых параметров с глубиной использовались регрессионный анализ и корреляционный анализ с проверкой его значимости и достоверности.

Детальный анализ структуры плюма проводился для нижнего придонного слоя аномальных концентраций метана и гидрофизических аномалий – начиная с глубины 2800 метров и до дна, а также для каждого слоя многослойного плюма отдельно.

Изучая результаты зондирования были обнаружены 3 разных слоя распределения аномалий.

Два верхних слоя образуют восходящие высокотемпературные плюмы с пониженной соленостью. А нижний слой образует плюм «атлантической» модели с образованием вокруг ядра низкотемпературных слабосоленых водных толщ, захваченных из рифтовой долины.

Корреляционный и регрессионный анализ показали высокую силу связи между величинами гидрофизических аномалий среди всех слоев, которая остаётся неизменной от слоя к слою, за исключением связи между температурой и соленостью, где наблюдается снижение силы связи от верхнего слоя к нижнему.

Наблюдение за содержанием метана показало пространственную корреляцию его значений с обнаруженным многослойным плюмом. Таким образом, начиная с верхнего слоя ее значение стало резко расти после чего пошел спад, пространственно коррелируемый с толщиной холодных вод над нижним слоем и прерываемый небольшим ростом в пределах нижнего слоя плюма. Таким образом ещё раз подтверждается гипотеза о «атлантической» модели формирования плюма – заметны резкие различия в концентрации метана холодных вод и более нагретых.

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор С.М. Судариков

**ПОДОЙНИКОВ Д.А.**

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

**ПРИМЕНЕНИЕ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ  
ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПАРЫ ИЗОЛИРОВАННЫХ АНОМАЛИЙ  
ПЛОТНОСТИ**

**PODOINIKOV D.A.**

Novosibirsk state University of architecture and civil engineering (Sibstrin)

**APPLICATION OF STRATIFIED GRAVIMETRIC MEASUREMENTS FOR  
LOCALIZING A COUPLE OF ISOLATED DENSITY ANOMALIES**

В работе предлагается математическая модель и вычислительный алгоритм решения обратной задачи гравиразведки – локализации (отделимости) пары гравитационных неоднородностей – изолированных рудных тел (нефтегазовых куполов) обладающих избыточной положительной (отрицательной) плотностью по порождаемым ими гравитационным аномалиям. Аномалии являются эмпирическими данными для решения обратной задачи, актуальной при геологической разведке, мониторинге и геофизическом сопровождении разрабатываемых месторождений, а также для практических задач инженерной геологии.

Построение метода локализации тел при их изолированном глубинном залегании основано на том, что вертикальный градиент силы тяжести в 500 – 800 раз превышает горизонтальные градиенты. В силу этого обстоятельства в ряде случаев, когда поверхностные измерения силы тяжести, представленные в качественной форме, в виде графика или изолиний не показывают отделимости тел, предлагаемый метод позволяет вычислить и наглядно представить поле направлений вариации вертикального градиента. Если качественная и количественная интерпретация вычисленного поля направле-

ний позволяют сделать уверенный вывод об отделимости неоднородностей, это дает хорошее начальное приближение для итерационного метода последовательного уточнения расположения, формы, глубины залегания и плотности неоднородностей.

Производится вычислительная обработка стратифицированных гравиметрических измерений, выполненных на разных уровнях. Такие измерения, например, можно выполнить при помощи гравиметра, установленного на квадрокоптере. Эти данные позволяют при использовании законов и формул закона всемирного тяготения получить численные аналоги гравитационных вариаций – вторых производных потенциала поля земного тяготения. Непосредственное измерение вариаций представляет трудоемкую операцию с нечетким результатом.

Стратифицированная организация измерений не требует применения ряда геологических, географических, топографических и астрономических поправок, так как порождаемые геологическими неоднородностями аномалии фиксируются всеми стратифицированными измерениями примерно в равных значениях. Следовательно, для качественной и обоснованной математической обработки значение имеет только измеренная разность величин вертикального градиента на различных высотах.

**Научный руководитель:** к.ф.-м.н., доцент О.Н. Чащин

**РУЛЛО А.В., БАДИКОВА А.Д.**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

**ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА  
НЕФТИ УСИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
УГЛЕРОДНОГО АДСОРБЕНТА В КАРТРИДЖЕ МОДУЛЬ-СОРБЕРОВ**

**RULLO A.V., BADIKOVA A.D.**

Ufa State Petroleum Technological University

**CHROMATO-MASS-SPECTROMETRIC DETERMINATION OF THE OIL  
COMPOSITION OF THE USIN DEPOSIT WITH THE USE OF CARBON  
ADSORBENT IN THE CARTRIDGE OF MODULE-SORBERS**

Хромато-масс-спектрометрия в анализе нефти и газа, в настоящее время является актуальной задачей.

Исследование углеводородного состава нефти или газа проводят по перспективной на сегодняшний день технологии пассивной адсорбции углеводородов с применением специальных модуль-сорберов (сорбционная трубка с твердым адсорбентом внутри). Такие устройства не требуют присутствия человека, их достаточно разместить в почвогрунте на некоторое время.

Из литературы известно, что нефть содержит порядка 500 углеводородных соединений – парафиновых (алканов), нафтеновых (циклических алканов) и ароматических (бензол и его производные). Часто нефть характеризуется значительным содержанием твердых углеводородов.

В методиках, применяемых при исследовании содержания углеводородных соединений в нефтепродуктах, предпочтение отдается газохроматографическому исследованию с использованием пламенно-ионизационного или масс-спектрометрического детектирования ввиду их наибольшей селективности, чувствительности и доступности.



Цель работы – исследование углеводородного состава на модели нефти Усинского месторождения и установление минимальных концентраций адсорбатов, максимально приближенных к концентрациям в реальном почвенно-грунтовой среде.

Объектом исследования была выбрана модель высоковязкой нефти Усинского месторождения. Нефть анализировали на газовом хромато-масс-спектрометре «Shimadzu GCMS-QP2020». Расшифровку спектров осуществляли по электронным библиотекам «GCMS Solutions», интегрированным в программно-аппаратный комплекс прибора.

Условия газохроматографического анализа: кварцевая капиллярная колонка Rtx-5MS 60m x 0.25mm x 1.0µm, газ-носитель – гелий, поток 1.3 мл/мин; температура ионного источника – 200°C, температура испарителя – 200°C. Температура термостата колонки программировалась по следующей программе: 40°C в течение 5 мин., затем подъем температуры со скоростью 12°C /мин до 335°C. Параметры масс-спектрального детектора: температура источника ионов 200°C, напряжение детектора 0,91 kV.

В результате исследования пассивной адсорбции углеводородов из модели высоковязкой нефти Усинского месторождения удалось идентифицировать до 90 углеводородных соединений. Согласно масс-спектру, наблюдаем большие по интенсивности пики для углеводородов средней части от C<sub>5</sub> до C<sub>14</sub> и меньшие пики у тяжелой части углеводородных соединений до C<sub>19</sub>. Концентрации адсорбатов варьируют для УВ C<sub>5</sub>-C<sub>14</sub> до 42.15 мкг/г, для тяжелых УВ составили от 6.15 мкг/г для C<sub>15</sub> (пентадекан) до 6.60 мкг/г для C<sub>19</sub> (нонадекан), что является удовлетворительным для геохимической оценки нефтегазоносности недр с применением углеродного адсорбента.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.Д. Бадикова

**СБИТНЕВА Я.С.**

Ухтинский государственный технический университет

## **ЭВОЛЮЦИЯ ВЗГЛЯДОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПРЕДУРАЛЬСКОГО КРАЕВОГО ПРОГИБА**

**SBITNEVA YA.S.**

Ukhta State Technical University

## **EVOLUTION OF VIEWS ON THE FORMATION AND FORECAST OF OIL AND GAS POSSIBILITY OF THE PREDURAL REGIONAL BEND**

Предуральский краевой прогиб представляет глобальную и сложную построенную структуру, переход от Европейской платформы к Уральской складчато-надвиговой области. Это один из самых крупных краевых прогибов мира.

Имея неоднозначную историю образования и развития, характеризуется исключительно сложным геологическим строением и высокими перспективами, тем самым притягивая пристальное внимание геологоразведчиков.

Мощным толчком к изучению прогиба послужило открытие в 1961 году крупнейшего Вуктыльского нефтегазоконденсатного месторождения в Верхне-Печорской впадине, одной из структур на юге Северо-Предуральской нефтегазоносной области (НГО). Но после столь успешного результата последующие геологоразведочные работы привели к открытию лишь небольших и средних по размерам нефтегазоконденсатных

(Западно-Соплесское, Юрвож-Большелягское, Интинское) и нефтяных месторождений (Падимейское, Кожимское, Южно-Сынинское и др.). Состояние газовой отрасли на территории Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ТПП), обладающей развитой добывающей промышленностью, транспортной системой и научно-техническим потенциалом, характеризуется крайним истощением разведанных запасов газа, что предопределило прогрессирующее на протяжении последнего десятилетия снижение уровня его добычи. Несмотря на среднюю степень разведанности принятых начальных суммарных ресурсов свободного газа (не более 40 % по провинции), обусловленную в основном разведанностью северной части Денисовского прогиба, юга Печоро-Кожвинского мегавала и севера Верхнепечорской впадины (Вуктыльское нефтегазо-конденсатное месторождение), Тимано-Печорская провинция обладает значительным газовым потенциалом.

Практически неизученными остаются большие по площади территории Предуральского краевого прогиба. В первую очередь это относится к Приполярным районам прогиба, которые могут являться базой дальнейшего развития газовой отрасли провинции и актуальность освоения которых связывается с развитием действующей газотранспортной системы «Ямал-Европа». Предуральский крайовой прогиб по сути своей является огромным очагом генерации УВ, имеющий широкий диапазон нефтегазоматеринских пород с богатой органикой и благоприятными термобарическими условиями для образования УВ как газового, так и нефтяного рядов.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент В.Б. Ростовщиков

**СЫТНИКОВ М.С.**

Институт сервиса, туризма и дизайна, филиал Северо-Кавказского федерального университета

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОЛИТОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ**

**SYTNIKOV M.S.**

The Institute of Service, Tourism and Design, branch of North-Caucasus Federal University

## **OPTIMIZATION MODELING PROBLEM HYDROLITHOSPHERE PROCESSES**

В работе описывается способ оптимизации задач моделирования гидролитосферных процессов.

Проблемы оптимизации заключаются в том, что приходится моделировать объекты со сложной формой и внушительными геометрическими параметрами. В этом случается приходится выбирать оптимальные шаги дискретизации по всем пространственным координатам.

При выборе шагов дискретизации обычно сталкиваются со следующими проблемами:

- при относительно большом шаге дискретизации возникают проблемы с областями объекта, имеющими относительно маленькие размеры и большую важность для исследования или управления. В итоге данные области будут находиться вне зоны моделирования.

- при относительно маленьком шаге дискретизации решаются проблемы с вышеупомянутыми областями, но при этом возникают проблемы с избыточными затратами ресурсов ЭВМ при моделировании, так как уменьшение шага пропорционально увеличивает их количество и соответственно увеличивает количество арифметических операций, осуществляемых на каждом шаге. Следовательно, для просчета будет требоваться большее количество оперативной памяти и процессорного времени, это может негативно сказаться на экономической целесообразности исследования.

Для решения вышеописанных проблем на кафедре систем управления и информационных технологий был разработан способ оптимизации, он заключается в следующем: разбить объекты на несколько подобъектов, каждый из них будет иметь независимые от других параметры дискретизации (разбиваемые объекты могут быть как однородные, так и неоднородные), таким образом, будет реализован динамический шаг дискретизации. Это решит проблему, как с избыточными затратами ресурсов ЭВМ, так и с важными для управления областями объекта. Однако динамический шаг дискретизации может вызвать проблемы на этапе стыковки подобъектов, имеющих разные параметры дискретизации. Для решения данной проблемы была введена процедура интерполирования. Далее для каждого подобъекта будет вызываться процедура, условно названная «Гидролитосферный процесс».

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор И.М. Першин

**УС С.С.**

Национальный Исследовательский Технологический Университет «МИСиС»

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СУББЛОКИРОВАНИЯ И ФАКТОРА БЛОКА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ГГИС**

**US S.S.**

National University of Science and Technology "MISiS"

## **RESEARCH OF SUBBLOCKING AND BLOCK FACTOR METHODS IN MODELING A COPPER-PORPHYRIC DEPOSIT IN MGIS**

На сегодняшний день горные предприятия используют менее двух процентов данных, полученных при мониторинге процессов эксплуатации месторождения и отдельных единиц техники. Цифровизация становится определяющим фактором, который позволит горнодобывающим компаниям в будущем оставаться конкурентоспособными. Уже сейчас очевидно, что современные технологии открывают новые возможности для значительного увеличения производительности.

Ведущие мировые горнодобывающие компании инвестируют значительные средства в развитие и применение современных технологий в области автоматизации с целью повышения уровня добычи, а также экологической и промышленной безопасности, сокращения объемов применения ручного труда, издержек и энергозатрат. Одной из задач цифровизации является создание цифровой модели месторождения с наиболее точным отображением геологических данных.

С целью повышения точности блочной модели часто возникает необходимость проведения процессов субблокирования. Универсальные правила для определения раз-

мера блоков на сегодняшний день не определены. Основными способами разбиения являются: по фактору блока и метод субблока – они играют одну из решающих ролей в оценке запасов и точности блочной модели. Каждый метод имеет свои достоинства и недостатки.

В рамках данного проекта была выполнена задача разработки блочной модели медно-порфирового месторождения и выбора оптимальных параметров субблокирования. На основании паспортов скважин была создана база данных месторождения, выделены рудные интервалы по ГКЗ, построены каркасы по руде и литологии. Проведен сравнительный анализ различных параметров блочных моделей.

Моделирование медно-порфирового рудного штокверка производилось в горно-геологической информационной системе Micromine 2020.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент В.В. Ческидов

**ЧЕРНЫШОВА С.А.**

Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина

## **ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КАРЕЛЬСКОГО ОЗЁРНОГО КРАЯ В НЕОГЕН-ЧЕТВЕРТИЧНОЕ ВРЕМЯ**

**CHERNYSHOVA S.A.**

Leningrad State University named Alexander Pushkin

## **HISTORY OF KARELIAN FORMATION THE LAKE DISTRICT IN THE NEOGENE-QUATERNARY TIME**

Карельский перешеек – настоящий озёрный край, насчитывающий до 184 озёрных водоёмов. Это уникальная в природном и историческом отношении часть территории Ленинградской области, выделяемая в составе Фенноскандинавского (Балтийского) щита.

История формирования озёр всецело связана с неоген-четвертичным этапом геологической истории, в процессе эволюционного развития которой территория Карельского перешейка неоднократно испытывала значительную смену нагрузки в эпохи оледенений и межледниковий, что приводило не только к изменению общей палеогеографической обстановки, но и к активному проявлению гляциоизостатических движений, способствующих изменению гипсографического положения кристаллического фундамента.

За последние 8,5-10 тыс. лет, после деградации последнего (Валдайского) оледенения, территория Карельского перешейка, благодаря процессам изостазии, испытывает неравномерное поднятие отдельных блоков в среднем со скоростью 20 см в столетие. Анализ тектонического строения кристаллического фундамента и особенности конфигурации озёрных водоёмов на его поверхности, позволяют сделать вывод, что именно к зонам разрывов между этими блоками, а также вдоль линеаментов, имеющих преимущественно северо-западное простираие, в основном и приурочено развитие рассматриваемых озёрных систем.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доц. А.Н.Трифонов

**ЧУКОВА Е. И.**

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

**ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ ЭОЦЕН-ПАЛЕОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО И ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

**CHUKOVA E.I.**

National University of Oil and Gas «Gubkin University»

**LITHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF RESERVOIR ROCKS OF THE EOCENE-PALEOCENE DEPOSITS OF THE CENTRAL AND EASTEN CISCAUCASIA**

В ходе работы был проведен анализ и обобщены результаты литолого-петрофизических исследований пород из отложений эоцен-палеоценового и палеогенового комплексов, которые являются основными нефтегазоносными комплексами Центрального и Восточного Предкавказья.

Отложения в основном представлены многокомпонентным кремнисто-карбонатно-глинистыми породами, преимущественно содержащими углеводороды *in situ* (так называемая сланцевая нефть). В разрезе отмечается переслаивание аргиллитов тонкослоистых известковых с прослоями аргиллитов тонкослоистых (породы трещиноватые, коричневые, серые, темно-серые до черного, текстура горизонтально слоистая); известняков глинистых (мадстоуны) плотных (породы серо-коричневые до черного, текстура не янослоистая, линзовидно-слоистая, пятнистая, текстура биотурбации), известняков битуминозных с глобигеринами (вакстоуны) (породы трещиноватые коричневые, серые, темно-серые до черного, текстура пятнистая, биотурбации, неяснослоистая); аргиллитов алевритовых слоистых (породы трещиноватые светло-коричневые, коричневые, текстура слоистая, косослоистая, биотурбации).

В зависимости от преобладающего содержания какой-либо компоненты, в породах отмечаются изометричные микропустоты размером до 5 мкм (при преобладании карбонатной компоненты), щелевидные микропустоты размером до 30 мкм (при преобладании кремнисто-глинистой компоненты). Как правило, распределение пустот зависит от структурно-текстурных особенностей пород.

Особенность распределения пустотного пространства состоит в том, что поры практически не связаны между собой, и связность обеспечивается наличием трещиноватости. Трещины развиты на всех иерархических уровнях (микро-, макро- и мезатрещиноватость), при этом наличие трещиноватости зачастую обуславливает наличием в породе карбонатной и кремнистой компонент. При преобладании в породе глинистой компоненты наблюдается затухание трещин.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., ассистент А.С. Рахматуллина

**ШЕВЦОВ М.М**

Институт сервиса, туризма и дизайна, филиал Северо-Кавказского федерального университета

## **СТОХАСТИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ГИДРОЛИТОСФЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ**

**SHEVTSOV M.M.**

The Institute of Service, Tourism and Design, branch of North-Caucasus Federal University

### **STOCHASTIC EFFECTS ON HYDROLITHOSPHERE PROCESSES**

В работе предлагается рассмотреть состояние проблемы, которая заключается в том, что среднегодовое увеличение влажности и неравномерное выпадение осадков в течение года, приводит к тому, что уменьшается минерализация скважин гидроминерального сырья. Тренд, построенный по данным Кисловодской метеостанции за период 1947–2019 гг., показывает, что темпы роста составляют 2,9 мм/г. Суточные колебания температуры воздуха в Кисловодске достигают 6,5 °С, что приводит к большому изменению влажности воздуха в разное время суток и, как следствие, проявлению осадков в виде росы и инея.

Естественно это нашло отражение и в гидродинамическом, и в гидрогеохимическом режимах. По разным скважинам изменения различны, но особенно существенные они оказались по кусту скважин 5/0. Более того, в отдельные периоды года бактериологические показатели ее не отвечали требованиям санитарии, и эксплуатация скважины была прекращена. Это нанесло серьезный ущерб, поскольку указанные скважины имели кондиционные минеральные воды с общим объемом утвержденных запасов почти 700 м<sup>3</sup>/сут.

Увеличение среднегодовых осадков формирует устойчивый тренд роста уровней, который наблюдается уже много лет. Все это приводит к тому, что даже при водоотборах из скважин и естественной разгрузке подземных вод происходит (за некоторым исключением) систематическое повышение уровней подземных вод в рабочих горизонтах.

Основной целью работы является развитие стохастической концептуальной основе теории и методов моделирования гидрогеодинамических процессов, отражающих природу временной изменчивости питания и уровней подземных минеральных вод, а также пространственной геофильтрационной неоднородности водовмещающих пород.

Задачи исследований состояли в следующем:

1. Обоснование эффективности использования и границ применения стохастического подхода в гидрогеодинамике на основе анализа типовых гидрогеодинамических задач.

2. Стохастический анализ отдельных фундаментальных схем миграционного опробования неоднородных водоносных пластов.

3. Разработка численных и численно-аналитических методов прогноза повышения уровня осадков в стохастически неоднородных слоистых минеральных пластах.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор И.М. Першин

**ШИШКИН Д.В.**

Удмуртский государственный университет

## **ОДИНОЧНЫЕ РИФЫ КАК НОВЫЙ ИСТОЧНИК ПОПОЛНЕНИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ УР**

**SHISHKIN D.V.**

Udmurt State University

### **SINGLE REEFS AS A NEW SOURCE OF REPLENISHMENT OF THE UDMURT REPUBLIC 'S RAW MATERIAL BASE**

В работе предлагается обоснование выделения одиночных рифов как новый источник сырьевой базы УР.

Основой экономики Удмуртской республики является ее нефтегазовый комплекс. Объем и эффективность ГРП - значительно снижаются, а добыча нефти превышает прирост промышленных запасов, что весьма недопустимо для устойчивого развития экономической составляющей региона.

В связи с этим предлагается рассмотреть подход к решению данной проблемы, а именно, выделить одиночные рифы как новый источник пополнения сырьевой базы УР.

На территории УР зафиксированы месторождения, приуроченные к одиночным рифам, МР №1, МР №2 и МР №3, а также из неопределенных объектов к этой группе относятся Нижне-Ижевская, Пентегенская, Федосская Дубровская структуры. Все выявленные структуры, приуроченные к рифам, расположены и во внутренней и во внешней зоне Камско-Кинельской системы прогибов (ККСП), так что это необходимо хорошо изучать и увязывать.

В целом, структуры, приуроченные к одиночным рифам, представленных месторождений, малоплощадные, высокоамплитудные, залежи могут быть представлены как в самом рифогенном теле, так и в структуре облекания.

При достаточно плотной сети сейсмопрофилей рифы четко выделяются на стандартных временных разрезах МОГТ даже при небольшой кратности наблюдений.

В сейсмическом волновом поле тело рифа выделяется на разрезе по потере корреляции волн, отраженных от границ во вмещающей толще и по высокоамплитудной отрицательной аномалии опорных отражающих границ в покрывающей толще (ОГ II и ОГ IIб). Корреляция отражающих горизонтов в подстилающей толще (ОГ III), как правило, ухудшается, и по ним регистрируются отрицательные временные аномалии, причиной которой является локальное увеличение среднепластовой скорости в интервале II-III, вызванное наличием рифа («ложное поднятия» ОГ III).

Проанализировав волновые картины в области месторождений, основная информация для анализа содержится в неустойчивых слабых и хаотичных фрагментах. Локальная хаотичность сейсмической записи в итоге оказалась хаотичной закономерностью, характеризующей вполне конкретную сейсмофацию - одиночный риф. Соответственно, риф уже как установленный объект, аномально проявленный в сейсмическом волновом поле, характеризующийся локальным наиболее амплитудным объектом, что позволяет определиться с его формой и уникальностью записи волнового поля.

В ходе исследования, мы имеем две основные вытекающие проблемы:

1. район изучен сейсморазведкой крайне слабо, в основном это работы 80-х годов, несмотря на то, что тектоно-седиментационные структуры на юге Удмуртии весь-

ма перспективны, оцененные по аналогии с близкорасположенными месторождениями Татарстана;

2. размеры данных структур малы, соответственно, возможность пропустить структур высокоая.

Решение:

1. уплотнение сети профилей сейсморазведки 2D по программе до изучения структур юга;

2. детализация при помощи сейсморазведки 3D проблема конфигурации рифа решается, поскольку поиски рифа хороши тем, что в волновом поле он выглядит эффективно, что нам известно уже по открытым месторождениям.

Итог:

структуры, приуроченные к одиночным рифам, расположены и во внутренней и во внешней зоне ККСП, так что это необходимо хорошо изучать и увязывать;

структуры, приуроченные к одиночным рифам, малоплощадные, высокоамплитудные, залежи могут быть представлены как в самом рифогенном теле, так и в структуре облекания;

одиночный риф - установленный и уже узнаваемый объект в сейсмическом волновом поле.

Все эти три фактора уже свидетельствует нам о том, что одиночный риф — это перспектива наращивания сырьевой базы УР.

**Научный руководитель:** главный геолог УННП НИПИнефть Т.Н. Пуртова

**ЯМАЛЕТДИНОВА А.А., ЕЛКИНА Е.Р.**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

**НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ И СОСТАВ НЕФТЕЙ ТЮМЕНСКОЙ И  
ШЕРКАЛИНСКОЙ СВИТ ТАЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
(КРАСНОЛЕНИНСКИЙ СВОД)**

**IAMALETDINOVA A., ELKINA E.**  
Lomonosov Moscow State University

**OIL AND GAS PROSPECTS OF THE TALIN FIELD AND PETROLEUM  
COMPOSITION OF THE TYUMEN AND SHERKALIN FORMATIONS WITHIN  
THE KRASNOLENINSK ARCH**

Изучение свойств и состава нефти является неотъемлемым аспектом комплексного исследования нефтегазоносности месторождения, поэтому в данной работе предлагается выделение нефтегазоматеринских пород (НГМП), генерировавших углеводородные флюиды ниже-среднеюрских залежей Талинского месторождения.

Для установления вероятного источника углеводородных флюидов и выявления закономерностей распределения свойств и состава нефтей по площади Красноленинского свода был проведен биомаркерный анализ нефтей залежей ниже-среднеюрского нефтегазоносного комплекса (НГК) Талинского, Каменного, Ем-Еговского и Пальяновского месторождений: общее количество проб составило 43, 6 из них были проанализированы самостоятельно в лабораториях кафедры.



Комплексный анализ нефтей включал физико-химические параметры свойств и состава нефтей, молекулярный состав хемофоссилий по результатам газожидкостной хроматографии, хромато-масс-спектрометрии, изотопного состава углерода. По полученным аналитическим данным была проведена геолого-геохимическая интерпретация: был рассчитан большой спектр геохимических коэффициентов, основанных на соотношении углеводородов (УВ) бензиновых и средних фракций; помимо этого, были построены и проинтерпретированы графики, звездчатые и треугольные диаграммы, отображающие особенности УВ - ого состава нефтей; проведено сравнение проб из разновозрастных залежей Талинского и других месторождений, расположенных рядом в пределах Красноленинского свода, для создания полной картины распределения свойств и состава по площади.

Таким образом, в соответствии с интерпретацией состава нефтей нижне-среднеюрского НГК Талинского месторождения было установлено, что для исследуемых нефтей исходное органическое вещество характеризуется смешанным преимущественно сапропелевым типом, накопление которого происходило в слабо-окислительных условиях в континентальных или периодически в прибрежно-морским обстановках. Так, генерация рассмотренных нефтей может быть связана с озерными и прибрежно-морскими глинистыми НГМП тогурской и радомской пачек, а также, возможно, отложениями тюменской свиты. Повышенные концентрации твердых парафинов могут свидетельствовать об участии липидов высшей растительности в нефтегенерации. Изученные нефти относительно зрелые. Значение зрелости, рассчитанные по фенантреновому индексу, определяют градации катагенеза МК<sub>1</sub>-МК<sub>2</sub>.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент Е.В. Соболева

## **Секция 5. ЭКОНОМИКА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ТРЕНДЫ**

**АЛЬТЕМИРОВА А.С.**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

### **КОНТРАКТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В СФЕРЕ НЕФТЕГАЗОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

**ALTEMIROVA A.S.**

Ufa State Petroleum Technological University

### **CONTRACT MODELING OF INVESTMENT PROJECTS IN THE FIELD OF OIL AND GAS CONSTRUCTION**

В работе предлагаются обоснование контрактной модели инвестиционно-строительного проекта и оценка его экономической эффективности по трем альтернативным вариантам договорных стратегий.

Контрактные модели в нефтегазовом секторе России эволюционировали от традиционных моделей, по которым заказчик самостоятельно выполнял основные проектные работы и привлекал подрядчиков только на этапе строительства, к прогрессивным договорным стратегиям, предусматривающим делегирование полномочий генеральным подрядчикам, перенесение на них ответственности и рисков.

В ходе работы была разработана классификация контрактных стратегий инвестиционно-строительных проектов (ИСП), адаптированных под специфику нефтегазового бизнеса, на основе двух базисов: объем ответственности выполнения работ и метод ценообразования. Она дает четкое представление о том, как объем и содержание работ влияют на определение их стоимости и каким образом договорная модель разграничивает риски между заказчиком и подрядчиком работ. На основе полученной классификации был сделан вывод о совокупности условий, по которым заключаются такие прогрессивные договорные модели, как EPC-LSTK (EPC-контракты «под ключ» с фиксированной (паушальной) ценой); EPCM-контракты по методу ценообразования Cost plus Fee (генеральный подряд с возмещением затрат, предусматривающий фиксированное вознаграждение в размере 15-20% от стоимости контракта) и EPC(M) – Open Book (когда затраты зависят от ценообразования на рынке и счетов субподрядчиков). По оценке аналитиков, доля таких контрактов увеличится в структуре нефтегазового рынка России до 30% к 2025 г., а в последующие 5 лет – до 70%.

Поскольку единой методологии планирования и формирования контрактной модели ИСП нет, была предпринята попытка разработать механизм планирования договорной модели проекта, включающая 4 процессных шага: 1) классификация заказчиков с точки зрения профильности возводимого объекта и будущего оператора; 2) учет инженеринговых компетенций заказчика и подрядчика работ; 3) анализ экстремальности требований и ограничений проекта; 4) итерационная оптимизация, направленная на учет влияния сроков проекта и управление его стоимостью.

Объектом исследования выступил крупнейший инвестиционно-строительный проект ПАО «Газпром». Произведена оценка его экономической эффективности по трем альтернативным вариантам контрактных моделей. В результате чего был апробирован предложенный механизм планирования контрактной модели и сделан вывод о

целесообразности применения ЕРС-схемы в данном проекте с точки зрения оптимального решения для заказчика/инвестора проекта.

**Научный руководитель:** д.э.н., профессор И.В. Буренина

**БЛИНОВА Е.С.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **УТИЛИЗАЦИЯ МЕТАНА ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЯ КАК СПОСОБ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ**

**BLINOVA E.S.**

St. Petersburg Mining University

## **METHANE UTILIZATION IN COAL MINING AS A RESOURCE SAVING METHOD**

Россия является четвертым мировым эмитентом парниковых газов, которые губительным образом влияют на экосистемы, а топливно-энергетический комплекс - это крупнейший в стране эмитент парниковых газов, в том числе метана. Поэтому задача снижения его эмиссии является одной из актуальных задач в достижении целей устойчивого развития, определенных Комиссией по устойчивому развитию ООН. В то же время современные технологии позволяют извлекать и использовать метан в качестве альтернативы традиционному топливу, что отвечает принципам рационального использования минеральных ресурсов.

Прогнозные объемы метана угольных пластов (МУП) позволяют рассматривать его как самостоятельное полезное ископаемое, о чем свидетельствует опыт зарубежных стран (США, Китай, Австралия, Канада, Великобритания, Германия и Польша). Мировой опыт показывает, что организация самостоятельной добычи метана угольных пластов как отдельного промысла, позволяет обеспечить газом, как саму промышленность, так и внешних потребителей.

Цель исследования - обоснование способа использования метана угольных пластов при помощи его добычи, дальнейшего компримирования и использования в качестве газомоторного топлива в рамках ресурсосбережения.

Добыча метана угольных пластов имеет несколько преимуществ:

1. большие прогнозные объемы метана (примерно треть от запасов природного газа);
2. относительная небольшая глубина залегания;
3. известная технология добычи и дальнейшей переработки метана.

Использование метана возможно по четырем направлениям: в качестве СПГ, КППГ, трубопроводного газа и сырья для генерации электроэнергии.

В данном исследовании рассматривался проект, предусматривающий добычу МУП, его компримирование и использование для полного обеспечения парка транспортных средств на предприятии в качестве газомоторного топлива вместо дизельного топлива, позволяющий получить эффект от снижения затрат на топливо.

Для российских предприятий самый подходящий путь использования метана угольных пластов именно КППГ, так как:

1. метан невозможно поставлять на внешние рынки в качестве трубопроводного газа, поскольку не все районы добычи газифицированы;
2. в отличие от СПГ, компримированный газ намного легче хранить;
3. направлять метан угольных пластов на генерацию энергии менее рационально, так как генерация может осуществляться за счет добываемого угля, который значительно дешевле дизельного топлива и позволяет его заменить.

**Научный руководитель:** к.э.н., доцент М.А. Невская

**БОДНАРЬ И.Н.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ОСОБЕННОСТИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ И ИХ УЧЕТА НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**BODNAR I. N.**

St. Petersburg Mining University

## **FEATURES OF CAPITAL INVESTMENTS AND THEIR ACCOUNTING AT DIFFERENT STAGES OF OIL AND GAS FIELD DEVELOPMENT**

Цель исследования: установить и исследовать особенности формирования капитальных вложений и их учета на разных этапах жизненного цикла нефтегазовой компании.

Предмет исследования: капитальные вложения и особенности их учета на разных стадиях процесса отработки месторождения.

Объект исследования: нефтегазовые компании на разных стадиях жизненного цикла.

Нефтегазовые компании имеют ограниченный по времени и объемам добываемого природного ресурса жизненный цикл. Нефтегазовые компании, рассматриваемые в аспекте всего периода отработки месторождения, представляют собой сложный комплекс, объединяющий различные процессы от поиска и разведки месторождения до завершения его отработки (ликвидации). Значительная доля капитальных вложений при разработке нефтегазового месторождения требует особой организации их учета на разных стадиях разработки.

Процесс отработки нефтегазового месторождения занимает достаточно продолжительный период (20-40 лет) и включает 5 этапов: 1. открытие; 2. оценка; 3. подготовка; 4. добыча; 5. ликвидация. Стадиям разработки месторождения соответствуют стадии жизненного цикла организации: становление (поиск и разведка), рост, зрелость (стабилизация добычи) и упадок (завершение разработки и ликвидация).

Капитальные вложения, рассматриваемые в аспекте использования по этапам жизненного цикла предприятия, подразделяются на три основных категории:

1. Начальный этап. На данном этапе (открытие, оценка, подготовка), предшествующем промышленной добыче, затраты связаны со строительством, организацией добычи, начальным обустройством инфраструктуры объекта.

2. Этап промышленной добычи. Капитальные затраты на этом этапе в значительной степени приобретают характер инвестиционно-инновационной деятельности.

3. Этап ликвидации предприятия. Затраты, связанные с ликвидацией месторождения, демонтажем объектов капитального строительства по объему могут занимать более 10% стоимости общих капитальных вложений.

В заключении можно сформулировать следующие основные выводы:

1. Различие объектов и целей капитальных вложений на разных стадиях разработки нефтегазового месторождения должны учитываться в методике оценки их эффективности, что требует совершенствование существующих методик.

2. Капитальные вложения при разработке месторождений играют существенную роль на различных стадиях жизненного цикла предприятия. Однако информация, учитываемая в типовых бухгалтерских регистрах, не дает полного представления.

3. Актуальным остается вопрос об источнике финансирования работ на стадии массовой ликвидации нефтепромысловых объектов основных производственных фондов, требующий внесения изменений в законодательные акты как по вопросам недропользования, так и в области бухгалтерского учета и налогообложения.

**Научный руководитель:** д.э.н, профессор Е.И.Рейшахрит

**БОЛЛОЕВ А.Э.**

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

## **ИМПЕРАТИВЫ ПОСТ-УГЛЕВОДОРОДНОЙ ЭКОНОМИКИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РОССИЙСКИЙ ТЭК**

**BOLLOEV A.E.**

Gubkin Russian State University of Oil and Gas

## **IMPERATIVES A POST-HYDROCARBON ECONOMY AND THEIR IMPACT ON THE RUSSIAN FUEL ENERGY COMPLEX**

В настоящей статье рассматриваются вопросы перехода мировой экономики к пост-углеводородному технологическому укладу и формированию новой структуры глобальной энергетики под влиянием фундаментальных изменений, которые происходят в сторону развития возобновляемой энергетики, компьютеризации, широкого применения цифровых технологий и с учётом экологических аспектов функционирования ТЭК как отдельных стран, так и регионов.

Императивами пост-углеводородной экономики являются ускоренная декарбонизация экономики в целом, повышенное влияние к ней повестки, снижение энергоёмкости экономики и частичный переход на низко-углеродную модель.

Одной из самых главных идей в пост-углеводородной экономике является трансформация модели потребительского спроса, которая ориентируется не просто на удовлетворении своих потребностей в благах и энергии, но ещё и во всё большей степени на повышении требований к качеству предоставляемых услуг и энергии.

С экономической стороны рынки пост-углеводородной энергии принимают довольно таки насыщенный характер, но вот только не до инвестированные ресурсы требуют от нас тотальных вложений и высокого уровня возобновления, какие можно обеспечить только посредством создания новых товаров и услуг.

Необходимо также отметить и то, что декарбонизация энергетики и экономики осуществляется на практике, но процесс этот необходимо форсировать, причиной чего является заявленная цель Парижского соглашения по климату – не допустить превышения глобальной среднегодовой температуры на планете к 2100 году более чем на 2°C от доиндустриального уровня и сделать всё возможное для удержания потепления в пределах 1,5°C.

Анализ Международного энергетического агентства показывает, что результаты политики в области чистой энергетики являются реалистичными и экономически рациональными, и что также существуют механизмы и инструменты для оказания поддержки инновационным и преобразовательным процессам, которые приведут к доступному, безопасному и экологически устойчивому энергетическому будущему.

**Научный руководитель:** к.г.н., доцент А.И. Громов

**БУДИНА Т.С.**

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе

## **ЦИРКУЛЯРНАЯ ЭКОНОМИКА: ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДЫ КАК ЦЕННЫЙ РЕСУРС РОССИИ. НЕРЕШЕННАЯ ПРОБЛЕМА**

**BUDINA T.S.**

Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting

### **ASH AND SLAG WASTE'S CIRCULAR ECONOMY: UNSOLVED PROBLEMS**

Человечество все ближе приближается к истощению природных ресурсов, открытие новых крупных рентабельных месторождений маловероятно. С каждым годом возрастает дефицит полезных ископаемых и увеличиваются объемы отходов от переработки природного сырья, постепенно появляются предпосылки наступления ресурсного кризиса как в мире, так и в России. Рациональное и максимально полное использования природных богатств нашей страны становится приоритетным.

Одним из источников, массированных и крупнотоннажных твердых отходов являются тепловые электрические станции (ТЭЦ). От сжигания угля для производства электроэнергии и тепла на ТЭЦ образуются золошлаковые отходы, представляющие минеральную часть сжигаемого топлива.

За десятилетия в России накоплено золошлаковых отходов (ЗШО) 1,5 млрд т, занимающих 28 тыс. га, а к 2030 году их объем может возрасти до 2 млрд. т. Часто они расположены в непосредственной близости к жилым поселкам, центральной части больших городов, где работают старые угольные электростанции. ЗШО служат причиной отчуждения земель, которые практически безвозмездно изымаются из полезного пользования. Например, золоотвал ТЭЦ-22 (ПАО «Мосэнерго») находится всего в 200 метрах от МКАД. Электростанция использует в качестве топлива природный газ и Кузнецкий тощий уголь.

В таблице 1. представлен анализ золошлаковых отходов ТЭЦ центрального федерального округа (ЦФО). По результатам сделанных анализов можно сделать вывод, что благодаря своему химическому составу золошлаковые материалы можно широко использовать в народном хозяйстве: дорожном строительстве, промышленности,

строительстве, изготовление строительных материалов, сельском хозяйстве. Они отлично могут заменять песок, глину и т.п.

Таблица 1 - Химический состав ТЭЦ, имеющих золошлаковые отвалы, ЦФО

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Влага
Алексинская ТЭЦ (Тульская область)	47,27	23,6	4,47	2,59	0,53	0,03	0,71	0,07	19,91
Каширская ТЭЦ (Московская область)	59,2	24,3	8,1	2,6	0,5	1,3	2,3	---	---
Ступинская ТЭЦ (Московская область)	44,17	32,26	9,46	3,23	0,57	0,16	0,50	0,06	---

Так же золошлаковые отходы содержат редкие металлы и ценные химические элементы в промышленно значимых концентрациях. К ним относятся благородные и цветные металлы (золото, платина, серебро, уран, торий, германий, свинец, ртуть, фтор), редкоземельные элементы. Поэтому ЗШО являются вторичными ресурсами сырьевого значения, их можно рассматривать как техногенные месторождения полезных ископаемых.



Рисунок 1 - Золошлаковый отвал Алексинской ТЭЦ, Тульская область

Использование ЗШО в народном хозяйстве позволит сэкономить до 30% от себестоимости готовой продукции, а рынок ЗШО в России мог бы составить 30-35 млн т. в год. По подсчетам экспертов, при условии полного вовлечения в хозяйственный оборот полезных компонентов техногенного сырья объем производимой в России продукции в денежном выражении мог бы увеличиться на 10 трлн. руб. Это дало бы бюджету страны 300 млрд. руб. или 20 млрд. руб. в год при постоянном вовлечении всего техногенного сырья.

К, сожалению, сейчас использование ЗШО в России не более 10-15 % от их годового выхода. При этом учеными и экспертами обоснованы полезные свойства ЗШО и исследованы вопросы использования их как вторичного минерального ресурса в различных отраслях и секторах экономики.

Большинство экспертов сходится в том, что основным барьером для увеличения объемов использования золошлаков является то, что их относят к отходам производства, а не к материалу. Перевод золошлаков из категории отходов в категорию золошлаковых материалов (ЗШМ) сможет значительно исправить ситуацию.

В настоящее время необходимо законодательное обеспечение, направленное на повышение роли государства в регулировании взаимоотношений между производителями, переработчиками и потребителями ЗШО.

В июле 2019 в Государственной Думе РФ на заседании профильной секции по энергетике было запланировано до конца 2019 года предоставить в Правительство РФ комплексный план и дорожную карту по вовлечению ЗШО в хозяйственный оборот, включая сферу строительства.

Остается надеяться, что в ближайшее время необходимые законопроекты будут приняты и проблема с ЗШО буде решена на государственном уровне, а бюджет страны начнет получать доход от использования золошлаковых отходов.

**Научный руководитель:** д.э.н., профессор Н.Х. Курбанов

**ДУДИНА А.Е.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РОССИЙСКИХ  
УРАНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ИЗБЫТОЧНОГО  
ПРЕДЛОЖЕНИЯ**

**DUDINA A.E.**

St. Petersburg Mining University

**INCREASING THE EFFICIENCY OF RUSSIA URANIUM MINING ENTERPRISES  
IN CONDITIONS OF EXCESSIVE SUPPLY**

Производство урана является начальной стадией ядерно-топливного цикла (ЯТЦ). Конечный продукт производства – закись-окись урана ( $U_3O_8$ ), используется для производства ядерного топлива для обеспечения работы АЭС. Спрос на уран устанавливается исходя из реакторных потребностей в ядерном топливе. Предложение урана делится на первичное – добыча урановой руды (90%) и вторичное – переработка обедненного гексафторида урана, отработавшего ядерного топлива (10%). Наиболее эффективной считается добыча урановой руды с применением технологии скважинного подземного выщелачивания (СПВ), которая отличается от традиционных способов добычи более низкими эксплуатационными затратами, меньшим воздействием на окружающую среду. 50% урана добывается с применением технологии СПВ.

С 2007 года рынок урана делится на краткосрочный (спотовый) и долгосрочный (поставка урана топливным компаниям). После аварии на Фукусиме в 2011 году Германия, Франция, Великобритания, США и Япония стали сокращать объемы атомного производства, из эксплуатации были выведены 137 реакторов. Спрос на уран упал, среднегодовая цена с 57 \$/фунт (в 2011 г.) достигла минимума в 2016 году (19 \$/фунт). В 2018 году, ввиду избыточного предложения на рынке, мировое производство составило 53 тыс. тонн, что на 9% ниже в сравнении с 2017 годом, но цена остается на низком уровне – 24 \$/фунт (23.03.20). Лидер рынка – казахстанская компания «Казатомпром» - 22%. По данным МАГАТЭ сейчас в мире строятся 53 реактора (Китай, Индия, ОАЭ, Корея). Ввиду сокращения предложения урана из вторичных источников и увеличения мировых реакторных потребностей, Всемирная ядерная ассоциация прогнозирует рост спроса на уран к 2035 году на 77% (рассчитано автором) до 94 тыс. т.

В России добычей урана занимается АО «АРМЗ» (состоит из АО «ППГХО», АО «Далур», АО «Хиагда»), предприятие ГК «Росатом». 2018 год закончился для компании убытком в 4,1 млрд руб.: Далур и Хиагда добывают уран с применением СПВ,



имеют чистую прибыль 316 и 105 млн руб. соответственно, ППГХО отработывает подземным способом, приносит убыток 4,4 млрд руб. Предлагаемый путь выведения ППГХО из убытка без ожидания повышения цены в долгосрочной перспективе – внедрение безлюдных технологий, что снизит затраты на защиту от радиации, проветривание, проходку вентиляционных выработок. С другой стороны, наибольшая добавочная стоимость продукции, производимой ГК Росатом, формируется на таких этапах ЯТЦ, как производство ядерного топлива и электроэнергии. Даже при наличии убыточного горнорудного дивизиона, рентабельность продаж (по чистой прибыли) всей госкорпорации составила 20,05% (2018 г.), что свидетельствует об эффективности реализации ЯТЦ ГК «Росатом».

**Научный руководитель:** к.э.н., доцент М.Ю. Шабалов

**ЕВСЕЕВА О.О.**

Санкт-Петербургский горный университет

**СИСТЕМА ОЦЕНКИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ РОССИЙСКИХ СПГ-ПРОЕКТОВ С УЧЕТОМ РЕЗУЛЬТАТОВ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ ВО ВНЕШНЕЙ СРЕДЕ**

**EVSEEVA O.O.**

St. Petersburg Mining University

**ASSESSMENT SYSTEM FOR LARGE-SCALE RUSSIAN LNG PROJECTS, TAKING INTO ACCOUNT THE RESULTS OF THEIR IMPLEMENTATION IN THE EXTERNAL ENVIRONMENT**

В процессе исследования был выполнен анализ проектного подхода в индустрии сжиженного природного газа (СПГ), определены особенности СПГ-проектов. Проанализированы основные методы оценки устойчивого развития, применяемые в мировой практике. Обоснованы модель возникновения внешних эффектов СПГ-проектов и концепция устойчивости проекта. На основе авторской методики проанализировано внешнее окружение российских СПГ-проектов. На основе выявленных ключевых групп стейкхолдеров и их интересов предложена система индикаторов устойчивости СПГ-проекта. Предложенная методика апробирована при оценке уже реализованных российских СПГ-проектов.

Выводы исследования: 1) Специфика СПГ-проектов предполагает в большей степени ориентацию на достижение внешних эффектов, которые определяются интересами ключевых стейкхолдеров. Основными стейкхолдерами СПГ-проектов являются промышленные компании, инвесторы, государство и общество. 2) Основные применяемые в мире подходы к оценке уровня устойчивого развития компаний ориентированы, прежде всего, на операционную деятельность. Учитывая специфику проектной деятельности по отношению к операционной унификация подходов к оценке устойчивости невозможна и проектный подход требует разработки специфических методов оценки эффектов с учетом принципов устойчивого развития. 3) Модель устойчивости СПГ-проекта основана на экономической ценности актива, рациональном недропользовании и энергоэффективности, а также социально-экономическом развитии региона присутствия и страны в целом, поэтому показатели устойчивости должны быть связаны с дан-

ными параметрами. 4) Оценка показателей устойчивости проекта помимо аналитической функции содействует также более широкому распространению практик устойчивого развития и является частью системы коммуникаций с внешним окружением.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-010-00734 «Разработка методологии технологического прогнозирования развития взаимосвязанных промышленных и социально-экономических систем при освоении углеводородных ресурсов Арктики».

**Научный руководитель:** д.э.н., профессор А.Е. Череповицын

**ЖУКОВА О.А.**

Национальный исследовательский Томский государственный университет

**ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ  
ПОДДЕРЖКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ  
ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИИ**

**ZHUKOVA O.A.**

National Research Tomsk State University

**ORGANIZATIONAL AND LEGAL ASPECTS OF USING SYSTEM OF  
RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR INVESTMENT ACTIVITIES IN RUSSIA**

В настоящее время Россия находится на начальном этапе диверсификации электроэнергетики исключительно с газа и нефти в пользу установления приоритета возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В Постановлении Правительства РФ №449 "О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности" законодателем закреплён механизм поддержки квалифицированных генерирующих объектов, функционирующих на основе использования ВИЭ на основе платы за мощность (ДПМ), обеспечивающий инвесторам базовую доходность 12%.

С целью привлечения и последующего увеличения инвестиционных активов для развития альтернативной энергетики, условиями данного договора предусмотрены государственные гарантии возмещения затрат инвесторов за счёт повышенной стоимости продаваемой мощности. Сама методика расчёта стоимости зависит от следующих показателей: объем эксплуатационных расходов, направленных на обеспечение работоспособности объектов ВИЭ, затраты, связанные с уплатой налога на имущество, а также разность плановых затрат от бюджетных субсидий. Наличие вышеуказанных гарантий для инвесторов ведёт к снижению ценовых показателей заемных средств и, как следствие, стоимости мощности по ДПМ ВИЭ.

Наряду с предоставлением государственных гарантий, на инвесторов возлагается целый ряд обязательств и ограничений, связанных со строительством, реконструкцией и вводом в эксплуатацию объектов генерации ВИЭ. В частности, государством установлены требования о локализации оборудования для генерации и инжиниринговых услуг, предполагающих преимущественное использование отечественных технологий в процентном соотношении, достигающим уровня до 90%.

Законодателем также предусмотрена строгая система санкций в отношении инвесторов, нарушивших условия ДПМ в виде существенных штрафов как за несвоевре-

менное введение в действие генерирующих объектов с целью поставки мощности, так и за неисполнение условий о таком введении. Обязательства по договору обеспечиваются в форме ежемесячной неустойки во внесудебном порядке путем списания соответствующей суммы со счёта стороны-нарушителя. Следует отметить тот факт, что условиями ДПМ установлена предельная величина штрафа по всей совокупности обязательств вне зависимости от продолжительности и количества нарушений.

Постановлением №449 также предусмотрено ограничение, касающееся ряда генерирующих объектов ВИЭ, подлежащих государственной поддержке по механизму ДПМ. Так, к ним относятся только объекты, функционирующие на основе ветровой, солнечной и малой гидроэнергетике. При этом они должны быть расположены исключительно в ценовых зонах оптового рынка электроэнергии и мощности, следовательно, минимальное значение мощности, установленное для таких объектов, составляет 5 МВт. Соответственно, законодательно ограничен круг генерирующих объектов, которые вправе рассчитывать на инвестиционную деятельность в том числе.

Таким образом, вопрос совершенствования российского законодательства с целью повышения доверия инвесторов и создания прозрачных, понятных механизмов стимулирования производства возобновляемой энергетики требует большого внимания, как со стороны законодателя, так и со стороны общественности. Поскольку инвестиции выступают эффективным инструментом для долгосрочного развития ВИЭ в России и достижения установленных стратегических целей в перспективе. В целях успешной реализации инвестиционных проектов необходимо учитывать другие виды ВИЭ, включенных в аналогичное понятие возобновляемые источники энергии Федеральном законе, а также снизить процедурные и регулятивные барьеры для инвесторов, приняв во внимание опыт ведущих зарубежных стран в сфере возобновляемой энергетики.

**Научный руководитель:** к.ю.н., доцент В.Г. Мельникова

**ИВАНОВА В.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДВОДНЫХ ДОБЫЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРИГИНАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА**

**IVANOVA V.A.**

St. Petersburg Mining University

**SELECTION OF THE OPTIMAL SUBSEA PRODUCTION SYSTEM FOR OFFSHORE OIL AND GAS FIELDS USING ORIGINAL SOFTWARE**

Одним из перспективных направлений в развитии техники и технологии освоения морских нефтегазовых месторождений выступает использование систем подводной добычи углеводородов. Главными преимуществами подводных добычных комплексов (ПДК) по сравнению с морскими нефтедобывающими платформами выступают возможность освоения глубоководных месторождений, круглогодичная разработка арктических месторождений, ускоренный ввод месторождений на проектную мощность, а также повышенная экологическая безопасность проектов. Подводная система добычи

углеводородов на шельфе позволяет не только добывать сырье в сложнейших климатических условиях, исключая влияние различных природных явлений, но и вовлечь в разработку ранее недоступные месторождения или повысить рентабельность их освоения. К тому же стоимость оборудования для подводной добычи практически не будет зависеть от глубины моря, что также будет являться явным преимуществом в использовании данной конструкции по сравнению с плавучими и стационарными платформами.

Подводные добычные комплексы могут варьироваться от отдельной скважины до нескольких скважин на донной плите или сгруппированных около манифольда. Для выбора оптимальной конструкции подводного добычного комплекса был разработан программный продукт, который позволяет подобрать тип подводной добычной системы в зависимости от ряда таких факторов, как глубина залегания, размер месторождения, сложность геологического строения, длительность ледового сезона, удаленность месторождения от берега и уровень развития транспортной инфраструктуры. На данном этапе исследования предложенный программный продукт учитывает 6 ключевых факторов, что позволит не только упростить процедуру выбора системы подводного добычного комплекса, но и сократить затраты времени на предварительном этапе проектирования. Для дальнейшего и более детального изучения будут добавляться дополнительные факторы, что приведет к более точным результатам работы программы. В связи с тем, что применение ПДК намного более распространено в мировой практике, подобного рода программы с высокой вероятностью существуют и в крупных иностранных компаниях, но все они имеют закрытый коммерческий характер или являются составными частями крупных ERP-систем и отсутствуют в открытом доступе, а это, в свою очередь, является сдерживающим фактором для стран, только начинающих развивать эту тематику.

**Научный руководитель:** к.э.н., доцент М.Ю. Шабалов

**ИЛИЧ А.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **РОЛЬ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ИНТЕГРАЦИИ И ДИВЕРСИФИКАЦИИ В СТРАТЕГИЯХ НЕФТЯНЫХ КОМПАНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ (ЦВЕ)**

**ILIC A.**

St. Petersburg Mining University

## **ROLE OF VERTICAL INTEGRATION AND DIVERSIFICATION IN STRATEGIES OF OIL COMPANIES IN CENTRAL AND EASTERN EUROPE (CEE)**

Помимо «традиционных» проблем, с которыми исторически сталкиваются нефтяные компании, таких как поиск новых источников роста, колебания цен на нефть, давление на развитие нефтяных технологий и ограниченный доступ к ископаемому топливу - недорогим ресурсам нефти и газа, есть некоторые относительно новые вызовы: (1) повышение потребностей глобальных и местных регулирующих органов в снижении выбросов углерода; (2) повышение конкурентоспособности возобновляемых источников энергии; (3) ожидаемое снижение спроса на нефтепродукты; (4) ограниченная доступность финансирования. Исследование сосредоточено на анализе вертикальной

интеграции и диверсификации (ВИД) в стратегиях нефтяных компаний в ЦВЕ как один из потенциальных способов решения вышеперечисленных вызовов. Выборка исследования состоит из восьми компаний ЦВЕ, из 12 стран, которые охватывают 89% региона ЦВЕ.

Чтобы понять роль (ВИД), отдельно проанализировано семь бизнес-сегментов всех компаний и, используя модифицированную версию Индекса Херфиндаля (НИИ), рассчитан индекс вертикальной интеграции и диверсификации на основе продаж определенного бизнес-сегмента как % от общего объема продаж.

Эконометрические результаты показали статистическую значимость добычи газа и продаж нефтепродуктов, в то время как уровень диверсификации не показал очень сильной статистической значимости. Уровень диверсификации не показал статистической значимости, возможно, из-за формулировки показателя диверсификации по продажам, а не по какому-либо показателю прибыльности (например, EBIT) из-за отсутствия сопоставимых данных. Если общая роль диверсификации невысока, может сложиться ситуация, что диверсификация хороша только в определенных обстоятельствах, например, тогда компания слаба в добыче нефти или когда цена нефти низкая.

Чтобы оценить значение возобновляемой энергии в стратегиях нефтяных компаний ЦВЕ, мы проанализировали текущий уровень мощности и планируемые инвестиции. Корреляция между уровнем самодостаточности нефтью и запланированным уровнем инвестиций в возобновляемые источники энергии, показала, что чем большая самодостаточность нефти, тем меньший интерес к возобновляемым источникам энергии (коэффициент корреляции = - 0,61).

**Научный руководитель:** д.э.н., профессор Т.В. Пономаренко

**КОЛЕГОВА А.Ю.**

Альметьевский государственный нефтяной институт

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕКТОРА**

**KOLEGOVA A.Y.**

Almetyevsk state oil Institute

## **USING MATHEMATICAL MODELING METHODS TO IMPROVE THE EFFECTIVENESS OF STRATEGIC MANAGEMENT IN THE OIL AND GAS SECTOR**

Основной проблемой управления эффективным развитием предприятий газовой промышленности является обеспечение гибкого реагирования на изменения внутренней и внешней среды. В этих условиях экономико-математическое моделирование эффективного развития и деятельности предприятия в целом и принятия управленческих решений становятся мощными конкурентными преимуществами.

Стратегический менеджмент должен быть нацелен на перспективу, на реализацию долгосрочных целей компании. Для достижения конкретных целей, как долгосрочных, так и краткосрочных, необходимо проводить анализ факторов (ключевых показателей эффективности), влияющих на итоговый результат, а именно: проводить

оценку тесноты связи факторов, выявлять наиболее существенные для дальнейшего анализа данные, а также, что является одним из самых главных в стратегическом менеджменте, это спрогнозировать поведение данных показателей. Ключевые показатели эффективности помогают компании в достижении своей цели и оптимальности процесса, а именно: результативности и эффективности. Это своеобразные «звоночки» для менеджмента нефтегазовой компании, которые могут делиться на три категории:

- текущая операционная деятельность – как правило занимает более 65% в общей стоимости нефтегазовых компаний (ROACE, EBITDA);
- инвестиционная деятельность (NPV, IRR, PI и т.д.);
- деятельность по совершенствованию системы управления бизнесом (реализация проектов, исполнение планов, безопасность и т.д.).

Наиболее частыми методами построения экономико–математической модели выступают корреляционный и регрессионный анализы. Корреляционный анализ. – это метод, позволяющий обнаружить зависимость между несколькими случайными величинами путем точечной и интервальной оценки парных (частных) коэффициентов корреляции, вычисления и проверки значимости множественных коэффициентов корреляции и детерминации. От тесноты связи переменных, выявленной при корреляционном анализе, зависит прогностическая сила регрессионной модели.

Регрессионный анализ занимает ведущее место в статистических методах эконометрики. Основная задача данного вида анализа заключается в исследовании зависимости изучаемой переменной от различных факторов и отображение их в форме регрессионной модели. Применение перечисленных методов моделирования являются вполне обоснованными и подходящими под решения основных функций и задач стратегического менеджмента компании.

**Научный руководитель:** к.э.н., доцент О.В. Антипова

**КОРЖЕНЕВСКАЯ М.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

**УПРАВЛЕНИЕ СТОИМОСТЬЮ ПАО «ФОСАГРО» НА ОСНОВЕ РОСТА  
ОБЪЁМОВ ВЫСОКОМАРЖИНАЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ**

**KORZHENEVSKAYA M.V.**  
St. Petersburg Mining University

**MANAGING THE COST OF PJSC PHOSAGRO BASED ON THE GROWTH OF  
HIGH-MARGIN PRODUCTS**

Стоимость компании представляет собой показатель, на который ориентируется инвестор при принятии решения о вложении денежных средств. Оценка стоимости компании является актуальной темой в современных рыночных условиях, при ужесточении конкуренции и неопределённости внешних факторов.

Целью работы является разработка мероприятия по повышению стоимости одного из ведущих мировых производителей фосфорсодержащих удобрений – ПАО «ФосАгро».

В процессе анализа была исследована отчётность холдинга «Фосагро» за последние 5 лет, проведены вертикальный и горизонтальный анализы прибыли. По ре-

зультатам сделан вывод, что при дальнейшем расчёте стоимости компании можно ориентироваться на показатель прибыли от операционной деятельности, поскольку состав чистой прибыли «Фосагро» не демонстрирует постоянства, и трудно становится его анализировать.

Оценка стоимости компании осуществлялась тремя подходами: затратным, доходным и сравнительным. Были выявлены преимущества и недостатки каждого. В итоге стоимость ПАО «Фосагро» мы оценили как 348 495 млн руб. по модели Ольсона. Значение, полученное по данной модели наиболее точно передаёт стоимость компании, поскольку модель объединяет преимущества затратного и доходного подходов. Сравнивая данное значение с показателем рыночной капитализации (318.6 млрд руб), видим, что они не сильно отличаются, имеют сходимость.

В соответствии со стратегией развития ПАО «Фосагро» до 2025 года, в ближайшем будущем планируется увеличение производственных мощностей с целью сохранения лидирующих позиций в отрасли. В рамках данной стратегии, а также в виду того, что холдинг вынужден закупать дополнительные объёмы аммиачной селитры у сторонних производителей (более 200 тыс т), ПАО «Фосагро» было предложено мероприятие по вводу в эксплуатацию новой кислотной установки, которая позволит увеличить объём производства аммиачной селитры на 250 тыс т в год. Данная продукция является высокомаржинальной, следовательно, компании будет выгодно её производить.

Автором была произведена оценка стоимости компании «Фосагро» доходным подходом с учётом реализации предлагаемого мероприятия и сравнение новых результатов с итогами без учёта реализации мероприятия. Был сделан вывод, что ввод в эксплуатацию кислотной установки повысит стоимость компании на 5 млрд руб. до уровня 353 529 млн руб. Данный прирост органично вписывается в стратегию развития ПАО «Фосагро» до 2025 года как ещё один шаг в укреплении лидирующих позиций в отрасли и инвестировании в вертикально-интегрированную бизнес-модель.

**Научный руководитель:** д.э.н., профессор Т.В. Пономаренко

**КУРЯКОВА К.Н.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА  
МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ (НА  
ПРИМЕРЕ МОНГОЛИИ)**

**KURAKOVA K.N.**

St. Petersburg Mining University

**MINING INDUSTRY DEVELOPMENT IMPACT ON MACROECONOMIC  
INDICATORS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT (ON THE EXAMPLE OF  
MONGOLIA)**

В последнее время идеи устойчивого развития получают все большее распространение, в связи с чем у многих стран и предприятий возникают вопросы по оценке правильности и соответствия их действий данному течению. Особенно актуальной данная тема является для стран, где активно развивается сектор минеральной добычи. В

данной работе рассматриваются различные подходы к проведению данной оценки, в том числе предлагается авторский набор показателей.

Выделенный набор показателей был применен для анализа состояния Монголии как ресурсно-ориентированной страны. Проведенное исследование и расчеты позволили выявить интересные зависимости между развитием горной промышленности государства и показателями его устойчивого развития. Так, была подтверждена высокая степень влияния роста минерально-промышленного сектора на рост ВВП Монголии. Вместе с этим была обнаружена прямая зависимость таких сложноагрегированных индексов устойчивого развития, как индекс человеческого развития и индекс экологической эффективности, от динамики данного сектора.

**Научный руководитель:** д.э.н., профессор Т.В. Пономаренко

**ЛОБЖАНИДЗЕ Н.Е., ЕЛИСЕЕВА Е.А.**  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

**«ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАЙОНОВ  
НЕФТЕДОБЫЧИ»**

**LOBZHANIDZE N.E., ELISEEVA E.A.**  
National University of Oil and Gas «Gubkin University»  
**ECOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF  
ENVIRONMENTAL MEASURES IN THE OPERATION OF OIL PRODUCTION  
AREAS**

В условиях развития нефтяной и газовой отрасли актуальным является анализ особенностей эколого-экономического индекса регионов добычи углеводородов. Во время разработки, добычи и транспортировки этого полезного ископаемого наносится вред окружающей среде, что приводит к таким последствиям: деградация ландшафтов, загрязнение воды, атмосферное загрязнение, климатические изменения. Результаты расчета индекса позволяют выявить ряд закономерностей распределения регионов с учетом их отраслевой специализации. Индекс способствует ведению грамотной политики в отношении экологической безопасности регионов.

В 2011 году ведущими учеными в сфере охраны природы и экономики, при поддержке Русского географического общества совместно с WWF России, был разработан эколого-экономический индекс для регионов, учитывающий экологическую устойчивость развития в широком контексте, включая экологический, экономический и социальный факторы.

Результаты расчета эколого-экономического индекса позволяют выявить ряд закономерностей распределения регионов с учетом их отраслевой специализации. Изменение индекса позволяет установить тип развития и благосостояние региона с помощью его расчетных показателей.

На территории Российской Федерации для расчета используется методика расчета индекса скорректированных чистых накоплений (ИСЧН). Природный и человеческий капитал являются основой национального богатства, на основании оценки которого производится сравнение регионов по устойчивости экологического развития. По сути, (ИСЧН) является эколого-экономическим индексом.



Главным показателем расчета является ИСЧН, он характеризует скорость накопления национальных сбережений после надлежащего учета истощения природных ресурсов и ущерба от загрязнения окружающей среды. Положительный уровень приведет к росту благосостояния, а отрицательные значения показателя будут свидетельствовать об «антиустойчивом» типе развития.

В качестве информационной основы для построения эколого-экономического индекса для регионов (Индекс скорректированных чистых накоплений) используются только данные официальной статистики. Во-первых, это позволяет использовать стандартизованные данные, единые для всех субъектов РФ. Во-вторых, обеспечивает объективность индекса, за счет устранения субъективной компоненты в формировании конечного результата. В-третьих, данные официальной статистики находятся в открытом доступе, что делает индекс абсолютно прозрачным.

Среди ограничений, накладываемых в связи с использованием данных официальной статистики, необходимо назвать: невысокую оперативность опубликования данных (по некоторым показателям информация публикуется с 2-х, а иногда 3-х годичным запаздыванием).

Основными показателями расчета эколого-экономического индекса являются:

- валовое накопление основного капитала (ВН);
- Инвестиции в основной капитал по виду деятельности «Добыча полезных ископаемых» (ИД);
- истощение природных ресурсов (ИПР);
- Ущерб от загрязнения окружающей среды (УЗОС);
- расходы на развитие человеческого капитала (РЧК);
- затраты на охрану окружающей среды (ЗОС);
- особо охраняемые природные территории (ООПТ).

При построении индекса оценка особо охраняемых природных территорий проводится исходя из их площади и предположения, что производство ВРП на территории региона распределено равномерно.

В условиях развития нефтяной и газовой отрасли актуальным является анализ особенностей эколого-экономического индекса регионов добычи углеводородов.

Для нахождения индекса были выбраны следующие регионы: Тюменская область, Республика Татарстан, Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО), Ненецкий автономный округ, Республика Башкортостан, Республика Коми, Красноярский край, Иркутская, Сахалинская, Астраханская и Самарская области. Из них газодобывающими являются Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО), Сахалинская область, Республика Саха, Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО), Республика Татарстан, Иркутская, Оренбургская, Тюменская и Астраханская области.

Официальные сайты Росстата, Федерального казначейства и Справочник ВНИИ Природы: «Сводный список Особо-охраняемых природных территорий Российской Федерации» явились основой для расчёта информации.

Выявлена проблема наличия официальных данных лишь на период с 2013-2016 год, остальной период с 2017-2020 год рассчитывался прогнозом с помощью линейных функций.

Проанализировав все расчетные данные индекса было установлено, что показатель истощения природных ресурсов имеет наибольшую амплитуду значение. Минимальное колебание показывают показатель оценки особо охраняемых территорий, так как за последнее 6 лет количество таких территорий остаётся относительно неизменным или незначительно увеличивается.

При подробном анализе графика скорректированных частных накоплений было отмечено, что большинство регионов имеют отрицательные показатели, из-за этого индекс в этих регионах тоже ниже нуля. Кроме того, с каждым годом ситуация лишь ухудшается, по прогнозу с 2017-2020 год в большинстве регионов индекс будет падать, а значит экологическое состояние территории тоже ухудшится.

Одним из основных факторов, обусловивших низкие значения индекса у многих регионов, является существенное истощение природных ресурсов, вследствие преобладания в структуре экономики добывающего сектора, что ведет к сокращению природного богатства.

Расчет индекса позволил сделать вывод о наличии динамики развития индекса, что дало возможность создать и спрогнозировать модель для анализа экологической ситуации в нефтедобывающих регионах. Графики компонентов индекса наглядно показывают динамику развития индекса.

Индекс позволяет принять компетентные решения в отношении экологической безопасности регионов. Необходимо увеличение объёмов использования методов экологического мониторинга в таких сферах, как состояние атмосферного воздуха, водных ресурсов, земель, лесов, а также объектов животного мира.

Возможно в будущем, эколого-экономический индекс станет основой для ведения грамотной экологической политики в регионах России. Подробные сведения о состоянии территорий помогут в кратчайшие сроки применить действия для предотвращения экологических катастроф. Более того, комплексное использование индекса позволит улучшать состояние территорий по средствам создания условий реализации модели улучшения состояния окружающей среды на региональном уровне за счет анализа конкретной области мониторинга.

**ЛОСЕВА Ю.Ю.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ПРОБЛЕМЫ ТЕКУЧЕСТИ КАДРОВ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ**

**LOSEVA YU.YU.**

St. Petersburg Mining University

## **PROBLEMS OF STAFF TURNOVER IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY AND WAYS TO SOLVE IT**

В условиях рыночных отношений одним из важнейших видов ресурсов организации являются трудовые. К тому же для строительной организации определяющим фактором конкурентоспособности являются трудовые ресурсы – носители человеческих способностей. Проблемой строительной отрасли является высокий, по сравнению с другими отраслями, уровень текучести.

Проанализируем деятельность АО «Ленгазспецстрой». Данная организация специализируется на строительстве трубопроводов для нефтегазодобывающих компаний. Характерной особенностью такой области строительства является большое разнообразие выполняемых работ, что вызывает необходимость применения труда рабочих различных профессий.

Проведенный анализ текучести рассматриваемого предприятия выявил наличие существенного различия текучести по профессиям и категориям сотрудников. Коэффициент текучести на данном предприятии составил 52% в 2017 году и 41% в 2018 году. Основными причинами увольнения явились: инициатива работника (96% уволенных по текучести); прогулы и другие невыходы, вызванные нарушением ряда положений трудового договора (2,5%); появление на работе в состоянии алкогольного опьянения; другие причины. Данные показатели являются сигналом того, что на предприятии есть проблемы с кадровой политикой.

Одна из существенных причин высокой сменяемости работников на данном предприятии связана с наличием большого количества срочных трудовых договоров, по окончании которых, работники выбывают за пределы предприятия.

Еще одной особенностью текучести в строительных организациях является состав рабочих по гражданской принадлежности. Значительная часть наёмных работников (каждый 4-тый) являются гражданами Узбекистана, Киргизии и Казахстана. Это имеет свои отрицательные последствия, так как эти рабочие заведомо являются временными и у них не формируется чувство принадлежности к коллективу.

Для решения перечисленных проблем могут быть предложены следующие направления: детальный анализ причин увольнения по инициативе работника; ведение статистики увольнений по подразделениям, категориям персонала, возрасту, опыту работы; повышение мотивации работников за счет материальных и нематериальных стимулов; совершенствование процедур поиска, подбора и адаптации персонала; системы профессионального обучения и развития персонала; снижение уровня динамики и текучести не только рабочих, но и специалистов на основе таких современных технологий управления персоналом как лизинг персонала и смартстаффинг с целью сохранения целостности команды как конкурентного преимущества на рынке данных услуг.

**Научный руководитель:** д.э.н, доцент И.В. Шарф

**ЛУНЕВА М.Э.**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ В НЕФТЕХИМИИ И НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ**

**LUNEVA M.E.**

Ufa State Petroleum Technological University

## **OPTIMIZATION OF PLANNING IN PETROCHEMISTRY AND OILREFINING**

Процессы моделирования и оптимизации во внутрифирменном планировании невозможны без эффективного использования программно-информационного обеспечения. В настоящее время перспективным инструментом внутрифирменного планирования на нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях становится использование программы оптимизационного планирования Aspen PIMS.

Важными задачами PIMS являются: расчет эффективности производства, определение ключевых показателей эффективности (KPI), планирование ресурсов предприятия, прогнозные расчеты.

Технико-экономическая модель предприятия в Aspen PIMS представляет собой математическую интерпретацию основных промышленных процессов. Модель построена на базе методики линейного программирования с использованием специализированной системы моделирования перерабатывающей промышленности, позволяющая максимально точно описывать все физико-химические процессы, вплоть до нелинейности потребления энергоресурсов при изменении загрузок установок, что напрямую отражается на формировании себестоимости продукции и, как следствие, на финансовых результатах деятельности предприятия.

На основе стоимости, объемов сырья и продуктов, перерабатывающих мощностей производства (как ограничений) создается система линейных уравнений, при решении которых подбираются оптимальные объемы покупки сырья и продуктов, загрузки производственных мощностей, чтобы выполнялась целевая функция:

$$f(\text{Выручка от продаж} - \text{Затраты на сырьё} - \text{Энергозатраты}) \Rightarrow \max (1)$$

Применение Aspen PIMS на ООО «Газпром нефтехим Салават» позволяет выполнять значительный объем необходимой аналитической работы: оценку возможности использования новых видов сырья и производства продукции; оценку экономического ущерба от внеплановых остановок; расчет цен безубыточности определенных видов продукции; формирование плана развития предприятия; осуществлять стратегическое планирование и оценку инвестиционных проектов.

**Научный руководитель:** д.э.н., профессор Л.И. Ванчухина

**НАСЫРОВА А.Р.**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

**РАЗРАБОТКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕХАНИЗМА  
УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ В НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**NASYROVA A.R.**

Ufa State Petroleum Technological University

**DEVELOPMENT AND PROSPECTS OF USING THE PROJECT MANAGEMENT  
MECHANISM IN THE OIL REFINING INDUSTRY**

Управление проектами – важнейшая часть деятельности менеджеров разного уровня. Зачастую использование инструментов управления проектами ассоциируется у руководителей с реализацией масштабных проектов, однако даже в небольших организациях успешная реализация проектов имеет большое значения для развития и эффективной деятельности.

Правильное использование инструментария управления проектами позволяет оптимально использовать имеющиеся ресурсы, учитывать проектные риски, вовремя вносить коррективы в расписание и ход работ, эффективно управлять конфликтами, а также расширять опыт реализации проектов разного масштаба.

Развитие нефтеперерабатывающей промышленности России в последние годы имеет явную тенденцию к улучшению состояния отрасли. При росте объемов переработки постепенно повышается качество выпускаемых моторных топлив. На ряде российских НПЗ ведется строительство новых комплексов глубокой переработки нефти,

часть из которых уже пущена в эксплуатацию. Однако этого по-прежнему не достаточно и проблемы в отрасли все еще присутствуют. Среди таких проблем стоит выделить низкую глубину переработки нефти, высокую степень износа основных фондов, низкий уровень экспорта нефтепродуктов. Данные проблемы обусловлены, прежде всего, отсутствием инвестиционной привлекательности данной отрасли, что в свою очередь связано с низкой эффективностью реализации проектов.

Работа посвящена перспективам управления проектами в нефтеперерабатывающей промышленности. С учетом современных условий предложен механизм разработки и реализации проектов в нефтеперерабатывающей промышленности.

Актуальность исследования особенностей управления проектами в отраслях нефтеперерабатывающей промышленности обуславливается необходимостью повышения темпов экономического развития путем более эффективного управления проектами.

В данной работе был предложен механизм управления проектами в нефтеперерабатывающей промышленности, включающий в себя наборы инструментов управления, исходя из вида проекта и его стадии, а также алгоритм использования данного механизма.

Практическая значимость механизма состоит в том, что его использование обеспечивает повышение качества реализации проекта, оптимизирует сроки выполнения, усовершенствует процесс контроля.

**Научный руководитель:** д.э.н., профессор И.В. Буренина

**ОРЛОВА Я.Н.**

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе

## **ГЕОЭТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ДОБЫЧИ АЛМАЗОВ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ**

**ORLOVA YA.N.**

Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting

## **GEO-ETHICAL PROBLEMS OF DIAMOND MINING DEVELOPMENT IN RUSSIA AND ABROAD**

Алмаз является одним из наиболее ценных и специфических минералов. До XV века человечество знало лишь одну сторону этого минерала: то, что он необыкновенно твёрдый, а ценился он ниже изумруда и рубина. Только в XVII веке гранильщики изобрели специальную огранку алмаза: бриллиантовую, которая максимально подчёркивает его достоинства. В ювелирном деле ценятся только бесцветные камни без оттенка, за исключением голубого, и без изъянов — так называемые алмазы «чистой воды». На ювелирные цели идёт не более 10-15% добытых камней. В России первый алмаз был найден в 1829 г.

Отрасли извлечения и вывоза алмазного сырья обеспечивают значительную часть ВВП в экономиках многих развивающихся стран. Мировая добыча алмазов сосредоточена в основном на крупных месторождениях, на которые приходится 55% глобальной добычи. Проблемы геоэтики Эти месторождения разрабатываются в течение

долгого времени, и на многих из них произошел переход к подземной добычи с ограниченным жизненным циклом в 10–20 лет. Оставшаяся добыча происходит на россыпных месторождениях, важнейшие из которых расположены в Зимбабве (Magarange) и Демократической Республике Конго (Mbiji-Majji).

Более 90% алмазов полируется в г. Сурат (штат Гуджарат) в Индии, а также в Антверпене, Лондоне, НьюЙорке, Тель-Авиве и Амстердаме; 50% мирового производства необработанных, полированных и технических алмазов проходит через Амстердам, где восемь из десяти необработанных алмазов выставляют на торги в Амстердаме, где оборот алмазного сектора в этом городе достигает 40 млрд долл.

Нынешние технологии позволяют с высокой точностью определить экономическую ценность месторождений. Начинается все с аэрофотосъемки, потом геофизики проводят наземные геофизические обследования для обнаружения и более точной фиксации аномалий, связанных с кимберлитовыми породами. Наиболее часто используемыми геофизическими методами являются: магнитные измерения (воздушные и наземные), воздушный мультиспектральный анализ, гравитационный, радиометрический, сейсмический. В настоящее время в мире известно существование 5 тысяч кимберлитовых тел, и только 100 из них обладают достаточным содержанием алмазов, представляющих экономический интерес, что значительно затрагивает геотические проблемы.

Кимберлитовая, аллювиальная и морская добыча используют разные технологии. Кимберлитовые месторождения бывают открытыми и подземными. Аллювиальные месторождения разрабатываются только в небольших масштабах. Морская добыча требует использования специальных судов, что приводит к удорожанию цен алмазов.

Спрос на алмазы тесно связан со спросом на ювелирные изделия из них, которые реагируют на темпы роста мировой экономики и доходов населения в странах, куда происходит импорт большей части добываемых драгоценных камней и изделий из алмазов. Рынок алмазов можно считать более стабильной альтернативой другим сырьевым рынкам. Спрос на драгоценные камни в денежном выражении хоть и значительно ниже спроса чем, например, на нефть, газ, золото, уголь или металлы, но зато более предсказуем и стабилен, что сказывается на ценах. Поскольку большая часть выручки приходится на ювелирные алмазы, которые меньше, чем технические, то ювелирные алмазы подвержены колебаниям спроса со стороны промышленного производства.

АК «Алроса» занимает монопольное положение в сфере добычи необработанных алмазов. Это крупнейшая в России компания по разработке, разведке, добыче и реализации драгоценных камней. На ее долю приходится 99% добычи всех российских алмазов. Доля компании в мировой добыче составляет 20%. Основу стабильной деятельности компании составляют богатые запасы алмазного сырья республики Якутия, где добывается 78% и в Архангельской области –21% , но на долю Пермской области приходится 1% их добычи. В состав компании входят пять горно-обогатительных комбинатов: Мирнинский, Айхальский, Удачный, Анабарский и Нюрбинский, а также ряд обслуживающих предприятий. Компания имеет представительства в Якутске, Анголе, Москве, Бельгии, Израиле и Великобритании.

04 октября 2018 г., Якутск – «Алмазы Анабара» (дочерняя компания АЛРОСА) подвели итоги промывочного сезона 2018 г., который продлился с 20-х чисел мая до 24 сентября. По данным компании, добыто более 5,4 млн карат алмазов – это рекордный уровень добычи за все годы работы предприятия. Производственный план перевыполнен на 9%.

Согласно долгосрочному прогнозу АЛРОСА, по базовому сценарию ожидается рост мировой добычи алмазов с темпом 1,7% в год, вследствие чего объем добычи достигнет приблизительно 153 млн. карат к 2023 году. Среднегодовой рост рынка в денеж-

ном выражении - 2% и составит 18,4 млрд. долларов к 2023 году. Ожидаемый темп роста спроса в базовом сценарии составит 5,1%, к 2023 году спрос на алмазы превысит предложение примерно на 40% и составит 39 млрд. Увеличивающийся разрыв между спросом и предложением на рынке может обеспечить стабильный рост цен на алмазное сырье со средним темпом 4,5% в год за период с 2013 по 2023 г.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Л.П. Рыжова

**ПИСАРЕНКО Н.А.**

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева

### **РЕЙДЕРСТВО УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ КАК УГРОЗА УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ ЭКОНОМИКИ**

**PISARENKO N.A.**

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

### **RAIDING COAL MINING ENTERPRISES AS A THREAT TO SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT**

Региональное угледобывающее предприятие является объектом рейдерской деятельности из-за инвестиционной привлекательности в силу низкой стоимости активов, заинтересованности администрации во внешнем финансировании (из-за недостаточного финансирования из собственного бюджета и бюджетов высших уровней).

В работе рассматриваются причины и факторы рейдерства угледобывающих предприятий, а также применяемые в последнее время формы рейдерских захватов и последствия, влияющие на устойчивое развитие региона. В качестве факторов уязвимости выделены: разветвленная структура акционеров, что означает отсутствие владельцев крупных пакетов акций (долей); создание вертикально или горизонтально интегрированных холдингов в угледобывающей отрасли; недооценка ценных бумаг (бизнеса), в том числе из-за неразвитости фондового рынка; низкая правовая культура акционеров и других владельцев активов; частые проверки службами контроля; концентрация кредиторской задолженности у нескольких партнеров; наличие корпоративных конфликтов.

В качестве возможных предупредительных методов борьбы с поглощениями угольных шахт рассматриваются тщательный отбор экспертов в состав органов управления компании, организация эффективной работы юристов и служб безопасности, привлечение для охраны предприятия или офиса вневедомственной охраны, соблюдение обществом коммерческой тайны, мониторинг всех попыток получить информацию о предприятии и его недвижимости из ЕГРЮЛ, государственного реестра прав на недвижимое имущество и Государственного земельного кадастра, страхование прав собственности на акции крупных акционеров, постоянный внутренний аудит, проверка внутреннего состояния документов, проверка печатей, защита от подделки, внесение в устав компании таких положений, которые могут затруднить приобретение компании, внедрение механизмов, которые могут защитить владельцев от потери акций и их хищения. Кроме того, обосновывается, что эффективное противодействие предпосылкам рейдерства и их последствиям, таким как коррупция, нарушение прав и законов, возможно только при использовании широкого комплекса экономических, политических, социальных, правовых, а также информационно-пропагандистских мероприятий. Фор-

мирование эффективной экономической политики будет способствовать устойчивому росту конкурентоспособности и устойчивому развитию угледобывающих предприятий.

**Научный руководитель:** к.э.н., доцент Т.А. Тюленева

**РЕШНЁВА Е.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ПРИМЕНЕНИЕ МУЛЬТИКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРИ ВЫБОРЕ  
НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА РЕСПУБЛИКИ  
МОЛДОВА**

**RESNIOVA E.**

St. Petersburg Mining University

**THE APPLICATION OF MULTICRITERIA ANALYSIS IN SELESTING THE  
DIRECTION OF DEVELOPMENT OF THE ENERGY SECTOR OF THE  
REPUBLIC OF MOLDOVA**

Актуальность данной работы связана с необходимостью развития подходов и методов стратегического управления энергетическим сектором (ЭС) в связи с тем, что управление ЭС в развивающихся странах обусловлено стремительными изменениями условий развития экономики и ЭС, нестабильной геополитической ситуацией, экологическими проблемами, развитием инновационных технологий, неполнотой информации, неопределенностью и рисками. В свою очередь, сложность стратегического управления заключается в многовариантности развития управляемого объекта, влиянии множества внутренних и внешних факторов, необходимости обоснованного выбора и реализации лучшего варианта.

В процессе исследования был проведен анализ состояния ЭС Республики Молдова (РМ); выделены ключевые проблемы и перспективы развития ЭС РМ; рассмотрены основные сценарии развития ЭС РМ и варианты, выделены их особенности, преимущества и недостатки; был произведен выбор критериев; обоснован и применен многокритериальный анализ решений (МКАР) для выбора оптимального направления развития ЭС РМ. В работе были определены понятия «устойчивость энергетического сектора», «сценарий развития ЭС», «варианты сценариев».

Выводы исследования: 1. многокритериальный анализ решений представляет собой подход, обеспечивающий выбор лучшей альтернативы из множества. МКАР может быть качественным и количественным; 2. применение метода МКАР обосновывается многовариантностью развития ЭС РМ, и рядом критериев, несопоставимых друг с другом. В данном случае, расчет экономической эффективности не является достаточным для принятия обоснованного управленческого решения; 3. последовательность проведения МКАР включает 7 этапов: определение целей оценки, обоснование критериев, оценка каждого критерия в баллах, присвоение критериям коэффициентов взвешивания, оценка каждого варианта в баллах с учетом весомости, анализ результатов и выбор лучшего варианта, проведение анализа чувствительности результатов к изменению факторов; 4. разработан программный продукт «по применению МКАР при выборе направления развития энергетического сектора Республики Молдова». В результате



проведенного МКАР был выделен вариант А-2, как наиболее оптимальное направление развития ЭС РМ.

**Научный руководитель:** д.э.н., профессор Т.В. Пономаренко

**САМАРИНА Е.С.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА**

**SAMARINA E.S.**

St. Petersburg Mining University

## **FEATURES OF THE TAX SYSTEM OF ENTERPRISES OF THE MINERAL RESOURCE COMPLEX**

В данной работе представлены результаты изучения системы налогообложения в нефтегазовой отрасли в Российской Федерации. Актуальность рассматриваемой темы для нашей страны заключается в том, что Россия – бесспорный обладатель огромных запасов природных ресурсов, а также опыта их рационального использования в целях обеспечения высокого уровня экономического благосостояния. Кроме того, налоговые отчисления и платежи предприятий минерально-сырьевого комплекса (МСК) формируют почти 60 % федерального бюджета России.

Для полноценного изучения системы налогообложения в минерально-сырьевом комплексе России были затронуты следующие аспекты:

- особенности и виды налогов минерально-сырьевого комплекса в соответствии с российским законодательством;
- проблемы современной системы налогообложения в недропользовании;
- зарубежная практика в использовании систем налогообложения в недропользовании;
- перспективы развития налогообложения в недропользовании.

Изменение правил игры на рынке, проблема исчерпаемости природных ресурсов минерально-сырьевого сектора, а также усложнение экономических процессов на внутреннем и внешнем рынках требуют более тщательного пересмотра некоторых аспектов системы налогообложения предприятий минерально-сырьевого комплекса.

В результате работы над данной темой были выявлены как положительные, так и отрицательные аспекты существующей налоговой системы в недропользовании. Рассмотрены проблемы современного налогообложения в рамках недропользования, а также перспективы развития отрасли на фоне актуальных тенденции, затрагивающих все мировое сообщество и напрямую влияющих на нефтегазовую отрасль.

**Научный руководитель:** д.э.н., профессор Н.В. Василенко

**СИМОНЧУК В.Д.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ОБЩЕСТВЕННОЕ ВОСПРИЯТИЕ ПРОЕКТОВ СЕКВЕСТРАЦИИ  
УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА: МИРОВОЙ ОПЫТ И СИТУАЦИЯ В РОССИИ**

**SIMONCHUK V.D.**  
St. Petersburg Mining University

**PUBLIC PERCEPTION OF PROJECTS OF SECRESTATION OF CARBON  
DIOXIDE GAS: WORLD EXPERIENCE AND SITUATION IN RUSSIA**

В настоящее время одной из глобальных экологических проблем является парниковый эффект, причиной которого являются выбросы углекислого газа. Специалисты многие годы разрабатывают методы борьбы с данной проблемой, одним из наиболее инновационных является секвестрация углекислого газа, представляющая улавливание, закачку и захоронение углекислого газа в подземные хранилища, а также их мониторинг. Применение данной технологии позволяет многим странам улучшить экологическую ситуацию, а в некоторых случаях использовать углекислый газ в коммерческих целях – повысить нефтеотдачу или использовать  $\text{CO}_2$  в качестве энергоресурса. Применение данной технологии в России является перспективным, так как существует множество истощенных месторождений нефти и техногенных источников  $\text{CO}_2$ .

В работе исследован зарубежный опыт применения технологии секвестрации углекислого газа, который позволил выявить, что многие проекты были отменены вследствие негативной реакции общественности. Такая реакция возникла в следствие низкого уровня осведомленности общества о технологии секвестрации, сомнений ее безопасности (возможности утечки углекислого газа из подземных хранилищ). Поэтому с целью выявления осведомленности российского общества для перспектив реализации технологии секвестрации в России в ходе исследования были проведены опросы среди студентов Санкт-Петербургских ВУЗов (СПбГУ, Горного, Политехнического университетов), которые показали низкий уровень осведомленности общества. В результате проведения исследований с целью повышения осведомленности общества о реализации проектов секвестрации углекислого газа были разработаны рекомендации по повышению этого уровня.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №18-18-00210 «Разработка методологии оценки общественной эффективности проектов секвестрации углекислого газа»).

**Научный руководитель:** д.э.н., доцент Н.В. Ромашева

**СОЛОВЬЕВА В.М.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА  
КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**

**SOLOVYOVA V.M.**

St. Petersburg Mining University

**COMPLEX USE OF MINERAL RAW MATERIALS: THE ORGANIZATIONAL-  
ECONOMIC MECHANISM'S FORMATION**

Проблема комплексного использования минерального сырья (КИМС) приобретает все большую актуальность, что обусловлено наличием ряда стратегических вызовов развития отечественной минерально-сырьевой базы. Коэффициент КИМС в России по основным видам полезных ископаемых не превышает 40%, по редкоземельным элементам достигает лишь 20%. Реализация проектов КИМС может стать одним из приоритетных направлений в рамках повышения обеспеченности отечественных отраслей промышленности «критически значимыми» видами минерального сырья. Однако существующие организационно-правовые механизмы вовлечения многокомпонентных месторождений в разработку и имеющиеся экономические риски не формируют действенных стимулов для их осуществления.

В рамках исследования были выявлены ключевые проблемы, связанные с организационно-правовым регулированием. К ним отнесены несовершенство механизмов формирования резервного фонда месторождений, неопределенность в установлении разовых платежей, ограничения в области предоставления права недропользователям в части внесения изменений в лицензию при принятии решения о добыче попутных компонентов и т.д. С экономической точки зрения проекты комплексного использования минерального сырья низкорентабельны, что обусловлено их высокой капиталоемкостью, необходимостью разработки и внедрения уникальных технологий переработки и обогащения, сложностью в плане определения реальных рыночных потребностей на отдельные виды ценных компонентов и др.

На основе проведенного исследования был составлен перечень перспективных для России объектов КИМС. Были сформированы конкретные предложения в отношении возможности использования механизмов государственной поддержки (институты развития, налогово-правовые режимы) к проектам комплексного использования минерального сырья. Экономическая оценка их применения была осуществлена на примере расчета эффективности проекта по комплексному освоению Африкандского месторождения перовскито-титаномагнетитовых руд. Также был сформирован перечень предложений в отношении совершенствования существующей системы управления недропользованием на этапах стратегического планирования, организации и контроля. Функционирование предложенного организационно-экономического механизма с установленной возможностью задействования современных мер государственной экономической поддержки позволит эффективно развивать КИМС как одно из значимых направлений рационального недропользования и отвечать на существующие вызовы.

**Научный руководитель:** д.э.н., профессор А.Е. Череповицын

**ХИНКИЛАДЗЕ В.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ПОСТРОЕНИЕ РЕЙТИНГА СТРАН С РЕСУРСНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ  
ЭКОНОМИКОЙ НА ОСНОВЕ АГРЕГИРОВАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

**KHINKILADZE V.**

St. Petersburg Mining University

**BUILDING A RATING OF COUNTRIES WITH A RESOURCE-ORIENTED  
ECONOMY BASED ON THE AGGREGATED INDICATORS OF SUSTAINABLE  
DEVELOPMENT**

На сегодняшний день остро стоит проблема обеспечения всеобщего благополучия человечества, основанного на принципах устойчивости. Она, в свою очередь, порождает проблему оценки устойчивого развития: применение адекватных методов и показателей оценки устойчивого развития (УР) в странах с разным уровнем экономического развития и различными человеческими, природными, финансовыми и материальными ресурсами, определяющими возможности и направления развития для той или иной страны.

Цель данного исследования – анализ существующих методов и показателей оценки устойчивого развития для построения рейтинга стран с ресурсно-ориентированной экономикой.

В задачи исследования входило: выбор ресурсно-ориентированных стран, выбор наиболее распространенных, значимых и общедоступных методов и показателей оценки УР, ранжирование группы стран на основе выбранных индексов, анализ полученных данных.

Выбор в качестве объектов ресурсно-ориентированных стран, в том числе России, объясняется высокой зависимостью экономик от минерально-сырьевых ресурсов и тем, что эти страны несут серьезное бремя экологической нагрузки по сравнению со странами-потребителями минерального сырья. В объекты исследования, кроме России были включены страны евразийского континента: Азербайджан, Монголия, Казахстан, республика Киргизия, Лаос, Норвегия, Узбекистан, Туркмения.

Методика исследования заключалась в выборе индикаторов, характеризующих УР в экономическом, социальном и экологических аспектах, ранжировании стран и получение суммарного рейтинга для каждой страны. Построение рейтинга осуществлялось на основе агрегированных показателей отчетности Всемирного Банка, ОЭСР, ПРООН, Всемирного фонда дикой природы и других организаций, занимающихся оценкой УР. В качестве показателей рассматривались индекс экологической устойчивости, глобальный индекс гендерного разрыва, индекс миролюбия, социального процветания LEGATUM, социального прогресса, трансформации, экологического следа, а также индекс счастья, индекс Джинни и индекс человеческого развития. Все показатели рассматривались за 2018 год.

Окончательный результат – рейтинг стран показал, что наивысший балл в оценке УР принадлежит Норвегии- стране с высоким уровнем экономического развития, далее идут страны с уровнем развития экономики выше среднего – России и Казахстан, затем – страны со средним уровнем экономического развития – Монголия. Остальные страны не имели ряда данных по анализируемым показателям.

Таким образом, несмотря на значительное количество показателей оценки УР, на сегодняшний день не существует единого метода, способного оценить уровень устойчивого развития той или иной страны; кроме того, проблемой является недостаточность и недоступность информации и отсутствие возможности отразить отраслевую специфику стран.

**Научный руководитель:** к.э.н., доцент М.А. Невская

**Секция 6. ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ**

**БЕЛОВ О.Д.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ УПРУГОСТИ  
МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ПРИ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЯХ,  
МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ И  
ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОГО ПАСПОРТА ИЗДЕЛИЯ**

**BELOV O.D.**

National University of Science and Technology "MISiS"

**DEVELOPMENT OF A METHOD FOR MEASURING LOCAL ELASTIC  
MODULES OF METALS AND ALLOYS AT MECHANICAL STRESSES USING  
LASER ULTRASONIC DEFECTOSCOPY AND CREATING A DIGITAL DEVICE  
PASSPORT**

Усложнение конструктивных особенностей деталей приводит к повышению требований к контролю физико-механических свойств используемых для них материалов. Одним из наиболее важных параметров является модуль Юнга. Его изменение хотя бы на несколько процентов от точки к точке в заготовке приводит к недопустимым деформациям при изготовлении детали. В данной работе будет представлен метод измерения локальных модулей упругости металлов и сплавов при механических напряжениях на основе лазерной ультразвуковой дефектоскопии. Также для каждого изделия будет построен цифровой паспорт по трем направлениям. Прецизионное определение скоростей продольных и сдвиговых ультразвуковых волн позволяет рассчитывать модуль Юнга и модуль сдвига с погрешностью порядка 1%.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Е.Б. Черепецкая

**БЕЛОГЛАЗОВ И.И., БЕКЕНЁВ К.Д.**

Санкт-Петербургский Горный Университет

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СПЕКАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ДИСКРЕТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**BELOGLAZOV I.I., BEKENEV K.D.**

St. Petersburg Mining University

**DISCRETE ELEMENT SIMULATION OF CERAMIC POWDER SINTERING**

Спекание — это производственный процесс, используемый для изготовления различных деталей из металлических или керамических порошковых смесей. Спекание заключается в уплотнении сыпучих или слабо связанных порошков при повышенных температурах, близких к температуре плавления с дополнительным давлением или без него. Это сложный процесс, на который влияют множество факторов. Моделирование

может использоваться для оптимизации и лучшего понимания процесса спекания и улучшения качества спеченных компонентов. Моделирование процесса спекания по-прежнему является сложной исследовательской задачей. Существуют разные подходы к моделированию процессов спекания, начиная от феноменологических моделей континуума и заканчивая микромеханическими и атомистическими. В этой работе в качестве инструмента моделирования принят метод дискретных элементов. Этот метод использует дискретную модель спекаемого материала и относится к классу микромеханических и наноструктурированных моделей. Это позволяет определить взаимодействие между элементами и перегруппировку частиц при спекании.

Анализ проведенных в последние годы отечественных и зарубежных исследований свидетельствуют о высокой перспективности следующих основных типов конструкционных наноматериалов: наноструктурных керамических и композиционных изделий точной формы, создание наноструктурных твердых сплавов для производства режущих инструментов с повышенной износостойкостью и ударной вязкостью, разработка наноструктурных защитных термо- и коррозионно-стойких покрытий, формирование обладающих повышенной прочностью и низкой воспламеняемостью полимерных композитов с наполнителями из наночастиц и нанотрубок.

Также с применением порошковых нанотехнологий успешно решается проблема хрупкости твердых материалов – керамик. Уменьшение размеров кристаллитов для многих типов керамик способствует повышению их трещиностойкости (ударной вязкости) и многократному повышению высокотемпературной пластичности. Ещё более расширяется спектр конструкционных применений керамик благодаря созданию новых нанокомпозитов керамика-керамика и керамика-металл.

Метод дискретных элементов является подходящим инструментом для моделирования спекания порошка. Механизм спекания материала явно учитывается в модели дискретных элементов. Представленные результаты показывают большой потенциал разработанной численной модели в моделировании процессов спекания, хотя необходимы дальнейшие разработки и валидация с результатами лабораторных испытаний.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент И.И. Белоглазов

**БОРТНИКОВ А.Д.**

Московский политехнический университет

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ ДЕТАЛИ «ФЛАНЕЦ», ПОЛУЧЕННОЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ SLS**

**BORTNIKOV A.D.**

Moscow Polytechnic University

## **NUMERICAL SIMULATION OF STATIC LOADING OF THE "FLANGE" PART MADE BY 3D-PRINTING TECHNOLOGY SLS**

Аддитивные технологии – это процесс послойного выращивания объектов на основе исходных данных, представленных в виде 3D моделей. В данной работе будет рассматриваться технология SLS (Selective Laser Sintering или Селективное Лазерное Спекание), которая применяется в случае неметаллических материалов (полимеры, керамики и др.). Результатом 3D-печати по этой технологии получается ударопрочный,

износостойкий образец, обладающий изотропными свойствами, стойкостью к различным химическим и высокотемпературным воздействиям. Данная технология используется в различных отраслях, таких как: авиастроение, машиностроение, автомобилестроение и другие.

Основные преимущества данной технологии заключаются в следующем:

1. отсутствие необходимости построения поддержек;
2. в следствии неполного расплавления неметаллического порошка процесс протекает быстрее, чем для процессов, в которых применяются металлические порошки (SLM/EBM/DMLS);
3. возможность создания нескольких изделий и печати изделий крупных размеров;
4. улучшение механических характеристик получаемых прототипов.

Изучение влияния параметров процесса. При работе с 3D-принтером, работающим по рассматриваемой технологии необходимо знать влияние каждого из параметров. Основными параметрами являются: энергетическая плотность, ориентация объекта в рабочей камере, температура области подачи материала, температура области печати, толщина слоя, расстояние между линиями сканирования, состав материала и тип материала. Например, в качестве исследуемых параметров в работе были выбраны три параметра, а именно: мощность лазера, расстояние между линиями сканирования, а также ориентация 3D-модели в рабочей области принтера. Исследования выполнялись для полимерного порошка полиамид 12 (PA12 или нейлон). Его основными преимуществами являются высокая прочность, химическая стойкость и биосовместимость. Все образцы были напечатаны на машине «DTM sinterstation 2500 plus». 3D-модели тестовых образцов были выполнены по стандарту ASTM D638-00 и имели следующие размеры: расчетная длина – 70 мм, ширина – 13 мм, толщина – 3 мм. Для исследования влияния расположения объектов на печатной области принтера было решено напечатать две партии образцов. В первой партии все образцы печатались под углом 0°. Во второй: образцы печатались под углом 90°. Также, было произведено разделение по мощности лазера и по расстояниям между линиями сканирования. В общем итоге было распечатано 49 образцов под углом 0° и 49 образцов под углом 90°. Было установлено, что образцы, напечатанные под углом 90°, имели более близкие значения от номинальной длины образца. Также, образцы подверглись усадке, вызванную снижением температуры в камере принтера по окончанию процесса. Плотность материала повышается при повышении мощности лазера, образцы, напечатанные под 0°, имели наибольшую плотность по сравнению с образцами, напечатанными под углом 90°. При повышении мощности лазера также улучшаются механические свойства образцов. Так, например, для образцов первой партии была характерна повышенная жёсткость. Образцы обеих партий имели одинаковые значения на разрыв. Образцы первой партии обладали лучшими свойствами прочности на излом, по сравнению с образцами второй партии.

Изготовление прототипа и численное моделирование. Исходя из проведённого литературного обзора и на основании собственных испытаний на одноосное растяжение было предположено, что при 3D-печати детали «Фланец» (Рисунок 1) наиболее высокое значение жёсткости полок в области крепления оси можно получить при максимальной мощности лазера (30 Вт) и ориентации 0°. В качестве материала детали применялся полиамид 12, печать велась на 3D-принтере XYZprinting MfgPro230xS. При моделировании нагружения прикладывалась сжимающая нагрузка на полки «Фланца» в направлении снаружи – к центру и определялась максимальная сила до разрушения для трёх значений относительной пористости (0,3; 0,5 и 1). Численное моделирование статического нагружения проводилось в программах Т-Флекс и Инвентор для области уп-



ругой деформации детали. Также было проведено моделирование в программе QForm 9 для области пластической деформации с целью уточнения характера течения материала при превышении предела текучести и до разрушения.



Рисунок 1 - Прототип детали «Фланец»

**ВАЛЬНЕВ В.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА НАСОСОВ**

**VALNEV V.V.**

St. Petersburg Mining University

### **USING AUGMENTED REALITY SYSTEM FOR MAINTENANCE AND REPAIRING PUMPS**

Нефтяные насосы - весьма значимое оборудование в нефтегазовой промышленности. Но, к сожалению, они часто выходят из строя и, согласно статистике, являются причиной значительного количества аварийных ситуаций на заводе. Существует несколько типов отказов. Это механические отказы, отказы системы управления и отказы гидравлической системы.

Все эти виды отказов существенно снижают прибыль и эффективность нефтеперерабатывающих заводов. Например, по статистике российские предприятия потеряли около 4 миллиардов рублей и более 500 тысяч тонн нефти по причине поломок насосов.

Одним из способов снижения отказов является техническое обслуживание нефтяных насосов.

Современное промышленное предприятие обычно использует три способа технического обслуживания: по графику, по времени работы и по фактическому состоянию.

Техническое обслуживание насосов в соответствии с их фактическим состоянием является наиболее предпочтительным, так как в этом случае техническое обслуживание осуществляется только по мере необходимости.

Однако если перечень параметров, по которым принимается решение о необходимости технического обслуживания, не является полным, насосы могут внезапно выйти из строя.

Возможность несвоевременного устранения дефекта в работе насоса может быть связана с некоторыми проблемами: отсутствием запасных частей, отсутствием компе-

тентного персонала, способного устранить дефект, а также ошибками, допущенными при техническом обслуживании. Эти проблемы поможет решить внедрение специальной системы технического обслуживания насосов, основанной на дополненной реальности. Технология дополненной реальности позволит наглядно продемонстрировать этапы работы при техническом обслуживании, указать способ и место крепления основных деталей, дать специалисту дополнительную информацию о насосах. Это значительно сокращает время и качество обслуживания насоса.

Лабораторный стенд для проведения исследований состоит из двух насосов, двух резервуаров, теплообменника, трубопроводной системы и клапанов, датчиков и исполнительных механизмов. Рабочая жидкость перекачивается из первого резервуара во второй и нагревается в теплообменнике.

В системе параметры процесса отображаются в реальном времени. Используя только один экран и одну систему дополненной реальности, появляется возможность сразу осуществлять контроль всех систем на одном экране.

Система дополненной реальности показывает необходимые действия для того, чтобы снять насос с установки. Для снятия необходимо с двух сторон открутить по два болта и перейти к дальнейшему обслуживанию на рабочем месте.

Для рабочего предоставляется 3д-модель, которую можно перемещать, вращать и изменять масштаб, чтобы была возможность рассмотреть возможные «неудобные места» более подробно.

В верхней части экрана отображается имя человека, проводящего обслуживание, и затраченное время, необходимое для проведения анализа и оптимизации работы.

Система выделяет основные элементы насоса, с которым предстоит взаимодействовать, а также показывает какой инструмент желательно использовать на данном этапе.

Эффективность такой системы может быть оценена в ходе эксперимента на трех группах людей. Первая группа проводит разбор, используя только инструкцию и документацию, вторая – используя документация и удаленную помощь эксперта, а третья – систему дополненной реальности.

Эффективность системы характеризуется следующими показателями: стоимость обслуживания снизилась на 25%, ущерб от несчастных случаев снизится на 70%, внеплановые остановки – на 35%, а производительность увеличится на 20%.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Н.И. Котелева

**ВЯЛЬШИН Д.Р.**  
Сибирский Федеральный Университет

**РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИИ  
ИНТЕРАКТИВНОГО АНАЛИЗА БУРЕНИЯ, КАК ЧАСТИ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ  
РУДНИК»**

**VYALSHIN D.R.**  
Siberian Federal University

**DEVELOPMENT OF TECHNICAL MEANS AND TECHNOLOGIES OF  
INTERACTIVE ANALYSIS OF DRILLING AS PART OF THE "SMART MINING  
SYSTEM"**

В процессе разработки массива горных пород получение информации о границе рудного тела, содержании полезного компонента, дает возможность анализировать характер развития рудного тела.

На данный момент известно несколько методов определения типа горных пород при проходке горной выработки. Существует прибор для анализа пород по пыли, образующейся в процессе отбойки горной породы взрыванием. Основным источником пыли является прилегающая к заряду взрывчатых веществ область горной породы, подвергающаяся воздействию волны напряжения превышающим пределы прочности горной породы. Значительную долю в общей массе разрушенной породы составляет пыль, поднимаемая при взрыве. Это является одним из недостатков, так как теряется информация о породе находящейся за радиусом пылеобразования, и вся пыль перемешивается в воздухе, что препятствует отбивке границ рудного тела. Акустическая эмиссия как метод анализа. Акустическая эмиссия, возникающая в зоне работающего бурового инструмента, представлена импульсами малой и средней энергии. В следствии этой особенности датчики вибрации, улавливающие звуковые импульсы, не применимы в данном случае из-за подавляющих сигнал акустических помех, возбуждаемых приводом бурового станка и прочим вспомогательным оборудованием.

Для реализации анализа типа горных работ в процессе бурения предлагается буровой агрегат, который позволит осуществлять оценку физико-механических свойств горных пород в процессе бурения скважин и шпуров в режиме ударно-вращательного бурения. Буровой агрегат состоит из долота, бурильной колонны, в которой установлен датчик, воспринимающий деформацию сжатия в момент приложения ударного импульса по забою. В качестве датчика, устанавливается пьезодатчик, который при деформации сжатия бурильной колонны, вырабатывает электрический сигнал. Электрический сигнал в режиме реального времени с помощью преобразователя передается в электронную систему блока и компьютер, где анализируется. В качестве параметра свойств горной породы предлагается использовать упругость как параметр связанный с твердостью горной породы и определяющий величину упругой реакции породы на силовое ударное воздействие. Так, например, упругая деформация вмещающих пород будет отличаться от упругости рудного тела, если имеются отличия в их твердости. Это позволит четко отбивать границы рудного массива и корректировать направление разработки. Внедрение таких технологий в разработку рудного массива может стать начальным этапом в развитии системы «Умный рудник», в которой все данные оцифрованы и появляется возможность оптимизации и контроля всех происходящих процессов, в част-

ности оптимальной организации рудопотоков, отличающихся содержанием полезных компонентов.

Разрабатываемая технология и буровой агрегат запатентованы как «Способ определения прочности горных пород при бурении и устройство для его реализации».

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор В.В. Нескоромных

**ГАЛКОВ А.И.**

Норильский государственный индустриальный институт

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА-ПОМОЩНИК УПРАВЛЕНИЯ  
ПРОЦЕССОМ СГУЩЕНИЯ, ОСНОВАННАЯ НА НЕЙРОННОЙ СЕТИ  
ОБРАТНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОШИБКИ, ОБУЧЕННОЙ МЕТОДОМ  
СОПРЯЖЕННЫХ ГРАДИЕНТОВ ПОЛАКА-РАЙБЕРА**

**GALKOV A.I.**

Norilsk State Industrial Institute

**INTELLIGENT ASSISTANT FOR CONCENTRATION PROCESS MANAGEMENT  
BASED ON A BACK PROPAGATION NEURAL NETWORK TRAINED BY  
CONJUGATE GRADIENT METHOD OF POLAK-RIBIERE**

Процесс сгущения пульпы является полифункциональным. Управление технологией сгущения рудных концентратов и техногенных продуктов в цехе обезвоживания и складирования концентратов Надеждинского металлургического завода имени Б.И. Колесникова является сложной производственной задачей. При этом наибольшую сложность представляет переменный состав пульпы, поступающих на передел сгущения. Факторами, влияющими на процесс сгущения, являются: температура пульпы, расход реагентов, исходная плотность пульпы, содержание органических веществ в пульпе, гранулометрический состав пульпы, химический состав пульпы.

На основании результатов мониторинга действующего производства, выполненного в период 01.06.2019-30.08.2019, а также результатов лабораторного сопровождения процесса, выполнен корреляционный анализ взаимозависимости скорости сгущения пульпы, их шламового состава и плотности от указанных выше факторов.

Были сформированы наборы данных для обучения и тестирования нейронной сети, являющиеся основой интеллектуальной системы-помощника управления процессом сгущения. Задача интеллектуальной системы сводится к аппроксимации показателя плотности пульпы на основании значений критериев воздействия. Обучающая выборка содержала данные, входящие в корреляционный анализ. Тестовая выборка состояла из данных мониторинга действующего производства за период с 01.03.2019-27.04.2019.

Архитектура нейронной сети с наименьшей ошибкой на тестовой выборке подобрана в пакете NNTool программы MatLab, разработанного компанией MathWorks.

Таким образом, разработана интеллектуальная система, представляющая собой трёхслойную нейронную сеть обратного распространения ошибки. На каждом скрытом слое нейронной сети содержалось по 50 нейронов. Активационной функцией каждого слоя выбран гиперболический тангенс. Обучение нейронной сети осуществлялось методом сопряженных градиентов Полака-Райбера на протяжении 72 эпох. Средняя ошибка аппроксимации нейронной сети на тестовой выборке составляла 4,6 %, что, по

мнению оператора пульта управления, является хорошим результатом для практического применения системы. Работа описанной нейронной сети представлена в разработанном клиентском приложении.

**Научный руководитель:** к.э.н., доцент М.В. Петухов

**КАЛИМУЛЛИНА З.А.**

Тюменский индустриальный университет

**ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ  
ООО «ТЮМЕНЬ ВОДОКАНАЛ»**

**KALIMULLINA Z.A.**

Tyumen Industrial University

**OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION OF MEASUREMENT MEASURES AT  
THE ENTERPRISE LLC "TYUMEN VODOKANAL"**

Данная работа посвящена оптимизации числа типов средств измерений, применяемых в масштабе цеха по эксплуатации водопроводных сетей и повысительных насосных станций предприятия ООО «Тюмень Водоканал».

Для решения вопроса оптимизации, в работе предлагается метод минимизации количества типов рабочего средства измерения одного функционального назначения, применяемого в конкретной технологической системе с использованием экономического показателя средства измерения.

В работе был произведен обзор действующей производственной системы и представлена экономическая оценка предлагаемого метода минимизации с учетом экономического критерия качества средств измерений.

На основании полученных результатов был проведен сравнительный анализ, в результате которого была подтверждена эффективность предложенной методики и возможность ее применения в реальных эксплуатационных условиях.

**КОРЕЛЬСКАЯ А.С.**

Санкт-петербургский горный университет

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ПРИ ОЦЕНКЕ  
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА НЕФТЕГАЗОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**KORELSKAYA A.S.**

St. Petersburg Mining University

**USE OF SYSTEM ANALYSIS METHODS IN EVALUATION OF PRODUCTION  
POTENTIAL OF OIL AND GAS ENTERPRISE**

Нефтегазовый сектор Российской промышленности постепенно развивается, осваивая новые территории и рынки. Системный анализ производственного потенциала нефтегазового предприятия позволяет исследовать перспективы развития предприятия.

Эволюция предприятия нефтегазовой промышленности подразумевает оптимальное решение следующих задач: оптимизации ресурсов - рациональное потребление имеющихся запасов и эффективная переработка нефтегазовой продукции; рациональной транспортировки; внедрения инновационных технологий и импортозамещения.

Методика оценивания потенциала предприятий базируется на системном исследовании нефтегазовой отрасли в целом, а также устойчивости развития предприятия, его оптимизационных перспектив развития и инвестиционной привлекательности, ориентируясь на долгосрочность спроса, капиталовложений.

Метод системного анализа и оценки потенциала предприятия нефтегазовой отрасли включает следующие этапы:

1. сбор и анализ статистических данных компонентов вектора потенциала;
2. оценка ключевых факторов (к примеру, ресурсов, инвестиций) и ранжирование их по значимости;
3. анализ и учет внешних факторов (к примеру, курса валют, рыночных тенденций);
4. прогноз итогового потенциала.

На основании полученного результата разрабатываются модели альтернативных сценариев развития предприятия.

Такая методология позволяет применять на каждой стадии исследования свой инструмент управления.

Нефтегазовая промышленность может регулировать риски и конкурентные условия в большинстве других отраслей промышленности. Важно проводить системное исследования процессов, поддерживающих не только выживание предприятия, но и его эволюцию.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент О.В. Афанасьева

**КРЫЛОВ К.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **УПРАВЛЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ОБЖИГА НЕФТЯНОГО КОКСА В ТРУБЧАТОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ**

**KRYLOV K.A.**

St. Petersburg Mining University

## **CONTROLLED PARAMETERS OF THE PETROLEUM COKE CALCINATION PROCESS IN A TUBULAR ROTARY KILN**

Кокс нефтяной (углерод нефтяного происхождения) — твёрдый остаток вторичной переработки нефти или нефтепродуктов, состоящий преимущественно из чистого углерода. Кокс - связующее звено нефтеперерабатывающей и металлургической промышленности.

Качество исходного сырья, необходимого для производства кокса, влияет на степень упорядоченности углерода в гранулах получаемого продукта. Традиционно, при помощи обжига можно получить кокс лучшего качества. Сырой кокс обычно прокачивают в трубчатых вращающихся печах в жестких температурных условиях. Проходя сквозь печь зеленый кокс проходит через три зоны: сначала зону подогрева, реакци-

онную зону, где температура достигает 1400 °С и зону охлаждения. При обеспечении равномерного протекания процесса обжига из кокса удаляются летучие вещества и примеси, повышается зернистость кокса и длина его кристаллов. Правильно прокаленный кокс начинает проявлять электропроводные и жаростойкие свойства.

Чем короче печь, тем труднее добиться требуемого качества прокаленного материала, использование слишком длинной печи экономически нецелесообразно. Воздействовать на процесс можно регулируя время нагрева, максимальную температуру прокаливания и время выдержки кокса создаваемых условиях. Для поиска оптимальных условий процесса принято ориентироваться на температурные профили существующих коксовых вращающихся печей, отражающих полную картину обжига. Лучшие результаты обжига должен показывать кокс, помолотый до размера гранул среднего размера. Оптимальная температура и время прокаливания будут найдены, основываясь на температурных профилях печей.

Поиск и формализация оптимальных характеристик прокаливания позволяет сформулировать зависимости, при помощи которых будет возможно построение математической модели процесса обжига кокса и определение законов оптимального регулирования процессом прокаливания кокса.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Ю.В. Шариков

**МАМАНАЗАРОВ У.Б.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

**РАЗРАБОТКА АСУ ТП ПЛАВКИ МЕДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ В УСЛОВИЯХ  
АО «АЛМАЛЫКСКОГО ГМК»**

**MAMANAZAROV U.B.**

National University of Science and Technology "MISIS"

**DEVELOPMENT OF AN APCS FOR SMELTING COPPER CONCENTRATES IN  
THE CONDITIONS OF JSC "ALMALYK MMC"**

В настоящее время контроль процессов плавки медных концентратов в отражательной печи ОП-1, установленной на медеплавильном заводе АО «АГМК» вводится операторами печи. В фиксированные моменты времени, сравнивая текущие значения температуры с требуемыми, контролируя наличие пламени, состав отходящих газов, операторы принимают решение о реализации управляющих воздействий процесса плавки.

Очевидно, что комплексное влияние человеческого фактора, устаревшее метрологическое обеспечение снижают эффективность работы печи и вероятности обнаружения аварийных ситуаций. Поэтому задача разработки автоматизированной системы управления процессом плавки медных концентратов является актуальной в настоящее время.

Для решения этой задачи требуется разработать САР температурным режимом в объекте, сделать выбор системного, информационного, технического и программного обеспечения.

Для функционирования данной системы в разрабатываемом проекте, рассмотрены современное программное обеспечение и технические средства компании Siemens

AG. Создана структурная схема комплекса технических средств, так же выбран наиболее актуальный и эффективный контроллер CPU SIMATIC S7-1500 с необходимыми комплектующими. Разработана схема подключения оборудования и алгоритмы управления температурным режимом и противоаварийной защиты, основанные на показаниях датчиков температуры. Построена функциональная и математическая модель. Далее с помощью графической среды имитационного моделирования Matlab Simulink проверена работоспособность САР температурного режима отражательной печи. Регулирование температуры в плавильном агрегате происходит через изменение расхода газа и воздуха на горелке.

Научная новизна работы заключается в следующем. Разработанная и предлагаемая АСУ процессом плавки в отличие от существующего метода контроля имеет в себе алгоритм противоаварийной защиты, системы визуализации и три контура регулирования: контур регулирования по температуре; контуры регулирования по расходу газа и по расходу воздуха.

Это повышает качество плавки медных концентратов. Позволяет поддерживать и смоделировать соотношение расходов газ-воздух в допустимых пределах, тем самым предотвращая излишние расходы топлива и вспомогательных веществ для поддержания пламени в рабочем пространстве печи, держит уровень заданной температуры в условиях ступенчатого внешнего возмущения и равномерного белого шума без колебаний и статических ошибок.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Н.В. Осипова

**МАТРОХИНА К.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НЕЧЕТКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАФИКОМ В ГЛОБАЛЬНЫХ СЕТЯХ**

**MATROKHINA K.V.**

St. Petersburg Mining University

## **RESEARCH OF PROCESSES OF FUZZY TRAFFIC MANAGEMENT IN GLOBAL NETWORKS**

В работе рассмотрены вопросы нечеткого управления трафиком в глобальных сетях для предприятий минерально-сырьевой отрасли.

Существует проблема организации связи и обеспечения качества обслуживания для добычных подразделений, расположенных, в районах Крайнего Севера, где зачастую может не быть операторов связи.

Существующие методы в полной мере не могут гарантировать высокое качество обслуживания. К примеру, алгоритм TailDrop вызывает перегрузку в сети, а алгоритм PI требует предварительных расчетов из-за применения машинного обучения.

Таким образом, было принято решение разработать новый механизм по управлению трафиком, в котором были бы учтены недостатки существующих алгоритмов.



В основу разрабатываемого механизма был положен аппарат нечеткой логики, который используется для описания сложных технологических процессов и построения систем управления.

В качестве входных переменных были взяты: задержка, суточная загруженность сети и приоритет трафика. Выходная переменная - пропускная способность. Каждой переменной были заданы лингвистические. На основании исходных данных, экспертами была составлена база правил, на основании которой получен количественный результат (четкий вывод).

Изначально в процессе моделирования были проанализированы треугольные функции принадлежности. Далее выполнено моделирование для трапециевидной и гауссовой функций принадлежности с целью определить наличие зависимости между типом используемой функции принадлежности и получаемыми значениями пропускной способности.

На основании результатов можно сделать вывод, что значения пропускной способности меняются в зависимости от типа используемой функции (при условии одинаковых значений входных переменных) и максимальные значения достигаются при работе с треугольной функцией.

Для проверки эффективности предлагаемого механизма были рассчитаны основные характеристики системы массового обслуживания (далее СМО) и построены графики их зависимостей от пропускной способности. Кроме того, были построены графики аналогичных зависимостей, но с применением аппарата нечеткой логики. Результаты показали, что использование нового механизма позволяет снизить вероятность образования очереди и вероятность отказа, а так же повысить абсолютную пропускную способность.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Е.Б. Мазаков

**ПЕРЕГУДИНА Э.С.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОКАТКИ СТАЛИ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ КОМБИНАТЕ**

**PEREGUDINA E.S.**

St. Petersburg Mining University

## **THE CONSTRUCTION OF A MATHEMATICAL MODEL OF ROLLING STEEL AT A METALLURGICAL PLANT**

Актуальность данной статьи заключается в том, что металлургическая промышленность является одной из ведущих отраслей российской экономики. Ее продукция служит основой развития машиностроения, строительства, а также находит широкое применение во всех отраслях народного хозяйства. Целью является исследование металлургического комбината и построение математической модели, что играет важную роль для изучения объекта исследования и его управления. Объектом исследования является Новолипецкий металлургический комбинат.

Имеются данные о прокатке листовой стали Новолипецкого металлургического комбината. Суммарный износ валков при прокатке зависит от трех факторов:  $x_1$  – продолжительности,  $x_2$  – материала валка,  $x_3$  – номера клетки.

В статье изучается влияние трех факторов на износ валков. Для этого строится математическая модель с помощью ортогонального центрально-композиционного плана второго порядка.

В ортогональный центрально-композиционный план входят: ядро - план полного факторного эксперимента с  $N_0 = 2^n$  точками плана,  $n_0$  – одна центральная точка плана и по две “звездные” точки для каждого фактора.

$$x_i = \pm\alpha, x_j = 0, i=1, \dots, n, j=1, \dots, n, i \neq j.$$

$\alpha$  – плечо “звездных” точек.

Общее количество точек в ортогональном центрально-композиционном плане составляет:

$$N = 2^n + 2n + n_0,$$

где для ортогонального центрально-композиционного плана  $n_0 = 1$ .

Константа преобразования  $a$ :

$$a = \sqrt{\frac{N_0}{N}} = \sqrt{\frac{2^n}{2^n + 2n + n_0}}$$

и плечо звездных точек:

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2}(\sqrt{N - N_0} - N_0)}.$$

По результатам опытов плана формируется полином:

$$Y = b'_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3 + b_4x_1^2 + b_5x_2^2 + b_6x_3^2,$$

где

$$b'_0 = b_0 - b_4 \cdot a + b_5 \cdot a - b_6 \cdot a.$$

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Д.А. Первухин

**САВИНKOVA К.Я.**

Московский Политехнический Университет

**РАЗРАБОТКА КЭ-МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССА ГАЗОВОЙ ФОРМОВКИ ПРИ  
ИЗГОТОВЛЕНИИ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ В  
ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**SAVINKOVA K.Y.**

Moscow Polytechnic University

**DEVELOPMENT OF FINITE ELEMENT MODELS OF THE GAS FORMING  
PROCESS IN THE MANUFACTURE OF STRUCTURES MADE OF TITANIUM  
ALLOYS IN THE PROCESSING INDUSTRY**

Широкое применение титановых сплавов в процессах переработки минерального сырья требует совершенствования технологии изготовления оборудования и запасных частей из этого дорогостоящего материала. Перспективной технологией производ-

ства из титана является газовая формовка в условиях сверхпластичности. Она позволяет снизить стоимость изделий, повысить производительности процесса изготовления, применить новые конструкторско-технологические решения. Сущность процесса состоит в свободном деформировании нагретой и зажатой по периметру заготовки давлением газа в матрицу требуемой формы. Параметры рассчитываются методом конечно-элементного моделирования в программном комплексе SIMULIA Abaqus. В решения входят:

- выбор размерной задачи и типа элемента для моделирования газовой формовки;
- выбор процедуры решения для моделирования процесса;
- расчет алгоритма управления давлением.

В качестве реологической модели используется встроенная в Abaqus/Standart степенная зависимость Нортона-Хоффа, позволяющая описывать процессы кратковременной ползучести в следующем виде:

$$\dot{\epsilon} = B\sigma^n$$

где  $\dot{\epsilon}$  – скорость деформации,  $B$  – постоянная материала,  $\sigma$  – эквивалентное напряжение,  $n$  – степенной коэффициент, обратный коэффициенту скоростной чувствительности.

Для выбора оптимального графика рабочего давления газовой формовки, обеспечивающего постоянную скорость деформации в заготовке, используем встроенный в Abaqus/Standart алгоритм по управлению давлением, который отслеживает скорости деформации в избранной области заготовки и, соответственно, снижает приложенное к ней давление при превышении максимально установленной скорости или же повышает его в том случае, если скорость деформации мала. Программа Abaqus/Standart позволяет рассчитать оптимальные параметры процесса газовой формовки необходимые для его реализации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90152\19.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Я.А. Соболев

**SARSENBAEV A.S.**

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

## **РАЗРАБОТКА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ ШВОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ МАГИСТРАЛИ**

**SARSENBAEV A.S.**

Tomsk University of Control Systems and Electronics

## **DEVELOPMENT OF A ROBOTIC COMPLEX FOR QUALITY CONTROL OF OIL AND GAS PIPELINE WELDS**

В работе представлен этап разработки робототехнического комплекса контроля качества сварных швов нефтегазовой магистрали.

На сегодняшний день одной из основных причин аварий на нефтегазовой магистрали которую можно было предотвратить до её появления является дефект в сварном

шве. Причиной аварий служит большинство факторов и для предотвращения происшествий требуется проведение контроля качества во время его постройки, тем самым предотвращая негативные факторы, влияющих на разрушение конструкции. Рассматривая данную проблему было принято решение о разработке автоматического устройства для проведения контроля качества сварного шва. Для разработки робототехнического комплекса контроля качества сварных соединений требуется решение нескольких задач. Первой задачей, которую предстоит решить это реализовать передвижение робототехнического комплекса по трубе вдоль сварного шва. Решая данную задачу рассматривались различные методы передвижения и способы удержания. Передвижение робота решено было реализовать на колёсной базе, а удержание комплекса осуществляется установкой на корпус неодимовых магнитов. Установка магнитов на корпус робототехнического комплекса обосновывается тем фактом что максимальная затрата энергии при движении любого физического объекта приходится на старт. Если установить магнитные колеса на данный комплекс, то будет затрачиваться максимальное количество энергии, а если установить магниты на корпус тем самым образуя воздушный зазор, максимальная затрата энергии будет приходиться лишь на начало движения комплекса. Расположение магнитов на корпусе строго пропорционально и равномерно, это требуется в связи с тем, что при неравномерном расположении и ослаблении одной из сторон вся конструкция под действием силы тяжести открепится от поверхности трубы. Для того что бы знать какой магнитной силой должны обладать неодимовые магниты необходимо рассчитать силу притяжения магнитов к металлической трубе с воздушным зазором. Математическая формула расчёта магнитной силы с воздушным зазором представлена ниже:

$$y = \frac{Br}{\pi} \left[ \arctg \left( \frac{W * H}{2 * Z * \sqrt{W^2 + H^2 + 4 * Z^2}} \right) - \arctg \left( \frac{W * H}{2 * (Z + L) * \sqrt{W^2 + H^2 + 4 * (Z + L)^2}} \right) \right],$$

где  $y$  - остаточная магнитная индукция на расстоянии  $n$ ;  $L$  - длина магнита;  $W$  - ширина;  $H$  - высота;  $Z$  - воздушный зазор;  $Br$  - остаточная магнитная индукция (постоянная).

Магнитная сила притягивающая магнит рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{B^2 * S}{2 * \mu_0},$$

где  $F$  - сила,  $H$ ;  $B$  - магнитная индукция,  $Br$ ;  $S$  - площадь магнита  $m^2$ ;  $\mu_0$  - магнитная постоянная.

После расчетов были проведены эксперименты в которых были подтверждены расчётные данные. Результаты после проведения экспериментов таковы, при минимальном расстоянии 4,5 мм. максимальный вес удержания конструкции составил 1704,56 г. в связи с чем можно сделать заключение что максимально нагрузочная масса при данных габаритах которую ни в коем случае нельзя превышать.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.А. Солдатов

**САСАРОВ В.А., ФЕДОРОВА М.А., КОРШУНОВ П.В.**  
Рыбинский государственный авиационный технический университет имени  
П.А. Соловьева

## **ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СНИЖЕНИЯ ВЯЗКОСТИ НЕФТИ**

**SASAROV V.A., FEDOROVA M.A., KORSHUNOV P.V**  
P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

## **BUILDING A MODEL FOR AUTOMATING THE PROCESS OF REDUCING OIL VISCOSITY**

Для эффективного снижения вязкости необходимо разорвать химические связи нефти каким-либо способом. Для решения данной задачи была выбрана перспективная технология обработки нефти, заключающаяся в воздействии импульсного тока на нефть.

Для компенсации внешних факторов, влияющих на вязкость, необходимо внедрение в установку по снижению вязкости воздействием импульсного тока системы автоматического регулирования (САР), учитывающей исходные параметры нефти. САР позволит в автоматическом режиме регулировать мощность и частоту импульсов тока в зависимости от всех влияющих факторов.

Для вычислений и моделирования используется пакет прикладных программ MATLAB и специальный инструмент для проведения интерактивной аппроксимации Curve Fitting Tool.

Модель учитывает два основных фактора, воздействующих на вязкость: температуру и энергию импульсов. Построение модели происходит в 3 этапа. На первом этапе, аппроксимируется функция изменения вязкости нефти от температуры. На втором этапе аппроксимируется функция изменения вязкости от энергии импульсов, воздействующих на нефть. Функциональные зависимости строятся на основе табулированных исходных данных. На заключительном этапе строится функция, совмещающая в себе две вышеперечисленные функции, которая представляет собой двумерное фазовое пространство управления. При этом воздействие температуры на вязкость рассматривается как возмущающий фактор, действие которого учитывается с помощью коэффициента влияния  $k_T$ .

Задавая значение требуемой вязкости и текущую температуру получаем точку на поверхности, проекция которой на ось энергии и определяет управляющее воздействие системы.

Управление осуществляется по разомкнутому принципу и степень соответствия фактической вязкости заданной, определяется достоверностью исходных данных. Лучшие результаты могут быть получены при замкнутой САР, но требуется исследование динамики происходящих процессов и выработка специальных мер по обеспечению устойчивости управления нелинейным объектом.

**Научный руководитель:** д.т.н., доцент А.В. Юдин

**СЕМЕНИЮК А.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

**РОЛЬ ПЛАТФОРМЕННЫХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ  
«ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ» В УПРАВЛЕНИИ СПРОСОМ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ**

**Semenyuk A. V.**

St. Petersburg Mining University

**THE ROLE OF PLATFORM SOLUTIONS BASED ON THE  
“INTERNET OF THINGS” IN DEMAND SIDE MANAGEMENT OF ELECTRICITY**

Мировым трендом развития энергетической отрасли является повышение энергоэффективности электрических сетей с помощью создания «умной» сети (smart grid). Одной из базовых составляющих программ повышения энергетической эффективности во всех странах мира является управление спросом на электропотребление (demand side management). Система управления энергопотреблением, основанная на «интернете вещей» (Internet of Things (IoT)), может отслеживать потребление энергии в режиме реального времени и повышать уровень осведомленности об эффективности энергопотребления на любом этапе транспортировки электроэнергии.

Системы с поддержкой «интернета вещей» включают большое число используемых технологий и содержат интеллектуально взаимосвязанные устройства и датчики. Концепция «интернета вещей» позволяет подключаться к прибору в любое время, в любом месте, с любого устройства, в идеале используя любую сеть, технологию и сервис. Это означает, что системы «интернета вещей» должны быть разработаны с учетом децентрализованных характеристик и должны обеспечивать оперативное реагирование. Следовательно, для систем «интернета вещей» необходимы гетерогенные, открытые и соответствующие стандартам архитектуры.

Предложена структура платформы и алгоритм взаимодействия для управления спросом с целью снижения затрат на инфраструктуру и потребления энергии за счет обеспечения оптимальной аналитики данных, полученных из «интернета вещей». В разработанной архитектуре предлагается использовать туманные узлы и облачную систему, чтобы обеспечить управление данными, и решать проблемы, связанные со сложностями и потребностями в ресурсах, для оперативной и автономной обработки данных, хранения и анализа классификации.

Таким образом представленная система, ориентирована на изучение процессов, связанных с оценкой и прогнозом потребления, что позволит, исключить нерациональное потребление и повысить эффективность использования сетевых ресурсов.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Ю.Л. Жуковский

**СМОЛЕНЧУК А.М.**

Санкт-Петербургский Горный университет

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК**

**SMOLENCHUK A.M.**

St. Petersburg Mining University

## **INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE SYSTEM OF MULTIMODAL TRANSPORTATION**

Значение информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) в грузовых перевозках как ключевого фактора является общепризнанным. Однако применение последних наработок ИКТ для мультимодальных грузовых перевозок в России происходит крайне медленно.

Целью данной статьи является изучение потенциальных технологий ИКТ в грузовых перевозках, таких как облачные вычисления и Интернет вещей, большие данные и социальные сети.

Благодаря обзору академической литературы была произведена последующая консолидация и представлены текущие основные усилия в области развития ИКТ в сфере грузовых мультимодальных перевозок на европейском уровне.

В работе рассматриваются инициативы правительства, направленные на поддержку «цифровизации транспорта и логистики», а также сущность мультимодальной системы грузоперевозок. Затем обсуждались разнообразные инициативы ИКТ в рамках программ для поддержки мультимодальных операций в соответствии с европейской классификацией ТАР (2000).

Данный доклад имеет ценность, так как позволяет спровоцировать глубокий пересмотр методов и моделей управления, а также применяемых технологий на транспортных предприятиях для управления транспортно-логистическим комплексом на уровне соответствующим требованиям электронного рынка, переход на который Россия осуществляет в данный момент.

Кроме того, данная работа закладывает основу для дальнейших исследований. Здесь ставится задача анализа и оценки того, с какой скоростью внедряются выявленные в данной работе последние технологические разработки и их влияние на сферу мультимодальных перевозок в России.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Д.А. Первухин

**ТРИФОНОВА М.Е.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ВИРТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ В ЭЛЕКТРОДОГОВЫХ ПЕЧАХ**

**TRIFONOVA M.E.**

St. Petersburg Mining University

**VIRTUAL ANALYZER OF VOLTAGE AND CURRENT ELECTRIC ARC  
SPECTRUM IN ARC FURNACE**

В настоящее время использования электродуговых печей получило широкое распространение. Прямые методы контроля технологических параметров не позволяют получать своевременные и точные данные о протекании процесса, поэтому одним из наиболее приоритетных методов является косвенный метод – спектральный анализ тока и напряжений электрической дуги. Существуют установленные зависимости показателей протекания процесса от гармонической и постоянной составляющих напряжения и тока электрической дуги.

Предлагаемый виртуальный прибор позволяет выделять постоянную составляющую и гармонические составляющие, не прибегая к фильтрации исходного сигнала, снимаемого с шунта или трансформатора тока. Виртуальный прибор представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из устройства сбора данных, персонального компьютера и программы, установленной на компьютер. Преимуществами прибора являются: возможность работы с различными устройствами сбора данных; возможность настройки частоты дискретизации, позволяющие анализировать различные диапазоны исследуемого сигнала; наличие курсорных измерений позволяет детально исследовать сигнал и записать эти данные для последующего анализа и обработки.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.С. Симаков

**УМАРСАИДОВ А.Г**

Дагестанский государственный технический университет

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ САПР В ОБУСТРОЙСТВЕ НЕФТЯНЫХ И  
ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**UMARSAIDOV A.G**

Dagestan State Technical University

**COMPARATIVE ANALYSIS OF CAD IN THE DEVELOPMENT OF OIL AND GAS  
FIELDS**

В работе рассматриваются средства САПР, используемые в нефтегазовой отрасли, а именно в обустройстве месторождений. На данный момент, т.е. на 2020 год, существует множество программ, используемых в автоматизации проектирования. Такое разнообразие продуктов САПР приводит к тщательному выбору программы, ко-



торая будет: удобным в использовании, обладать необходимыми инструментами и низкой стоимостью.

Сравнительный анализ был проведен на основе трех программ среднего уровня: наиболее популярной среди данных трех – AutoCAD от компании Autodesk, продукта от разработчиков компании Нанософт, носящий название nanoCAD и программы Компас от компании Аскон.

Анализ проведен на основе сравнения интерфейса, функциональных возможностей, библиотек, отзывов пользователей, а также разработки 2D и 3D проекта чертежа одновременно в трех программах.

В работе отмечено, что все три программы постоянно улучшаются и дорабатываются. Однако, в связи с импортозамещением, которая декларируется в России с 2014 года, большое внимание должно уделяться программам отечественного производства, т.е. программы Компас и nanoCAD являются желательными при выборе средства САПР. Переход с AutoCAD на указанные выше утилиты дается достаточно легко и без каких-либо больших затруднений.

**Научный руководитель:** к.т.н., старший преподаватель Э.Н. Рамазанова

**ФРОЛОВА А.Ю.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ИНФОРМАЦИОННО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ**

**FROLOVA A.YU.**

St. Petersburg Mining University

**INFORMATION-STATISTICAL ANALYSIS OF THE ACTIVITY OF AN  
INDUSTRIAL ENTERPRISE TO INCREASE ITS EFFICIENCY INDICATORS**

Проведенные исследования по технико-экономическому анализу производства и эксплуатации светопрозрачных конструкций из дерева, алюминия и ПВХ профиля однозначно показывают по основным показателям преимущества использования ПВХ профилей.

Для проведения анализа использовались данные по производству ПВХ изделий в «ЮНАКО Сервис» за период 2011 - 2019 года. Для прогноза использовалась полиномиальная модель 2 степени.

Проведен анализ ценообразования стоимости окон. Было определено процентное соотношение отдельных составляющих окна в стоимости изделия.

В результате проведенного анализа было принято решение провести оптимизацию за счет уменьшения отходов.

Суть предложения заключается в том, чтобы взять выборку дневной нормы изготовления изделий на производстве (50 штук). Таким образом, оптимизация заключается в использовании поточного производства и использование модуля оптимизации в программном продукте «СуперОкна», который минимизирует остатки. На одном хлысте программа размещает части разных изделий, согласно подобранному оптимальному алгоритму. Так для изготовления 70 импостов для всех изделий было использовано

15 новых реек. Для каждого составляющего виден процент отхода: рама – 2,03 %, створка – 3,11%, импост – 1,75%.

При сопоставлении процентов отходов, полученных после нарезки двух видов (ручной и программной) в таблице 11 видно, что для заданной цели «Оптимизация раскроя» необходимо перейти на программный раскрой. Использование программной оптимизации модуля оптимизации программы «СуперОкна» позволяет уменьшить отход профиля рамы на 5,5%

Таким образом, проведенный анализ изготовления стеклопакетов, применяемых в ПВХ изделиях показал, что пути повышения экономической эффективности производства ПВХ изделий - переход от ручного раскроя к автоматизированному с использованием специализированных программных продуктов. Он позволяет добиться коэффициента экономической эффективности  $P_{эф} = 10,53\%$ . Полученный коэффициент зависит от стоимости стекла, других факторов в определенном временном интервале. Стоимость стекла в течение года может меняться. Тем не менее, полученный результат оптимизации – это хороший показатель, если учитывать состояние рынка и ценообразование ПВХ изделий.

Общий экономический эффект при переходе от ручного к поточному производству с использованием программных продуктов по оптимизации раскроя используемых профилей и стекла по результатам объемов 2019 составит около 4,5 млн. рублей.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент О.В. Афанасьева

**ШЕСТАКОВ А.К., САДЫКОВ Р.М.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОБОЙНОЕ УСТРОЙСТВО СИСТЕМЫ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПИТАНИЯ ГЛИНОЗЕМОМ АЛЮМИНИЕВОГО  
ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА**

**SHESTAKOV A.K., SADYKOV R.M.**  
St. Petersburg Mining University

**MULTIFUNCTIONAL CRUST BREAKER OF AUTOMATIC ALUMINA FEED  
SYSTEM OF ALUMINUM REDUCTION CELL**

Образование корки криолит-глиноземного расплава при производстве алюминия препятствует поступлению глинозема в электролизную ванну. Для решения данной проблемы применяются автоматические пробойные устройства (пневмоцилиндры), являющиеся частью системы автоматического питания глиноземом (АПП), использование которых может приводить к скоплению глинозема на поверхности корки в случае отрицательного результата ее пробития (так как контроль пробития корки не ведется).

Текущий уровень автоматизированного контроля производства алюминия не обеспечивает своевременную корректировку технологических параметров процесса электролиза (температура, криолитовое отношение, уровни металла и электролита), имеет значительную инерцию из-за большого количества ручных операций и большой периодичности контроля параметров. Существующие проблемы послужили причиной

разработки лабораторного стенда «Многофункциональное пробойное устройство системы автоматизированного питания глиноземом алюминиевого электролизера».

Целью разработки устройства является повышение эффективности управления процессом производства алюминия в электролизерах за счет разработки и применения технических решений для непрерывного автоматического мониторинга технологических параметров процесса электролиза в агрессивных условиях производства.

Разрабатываемая система АПГ должна выполнять задачи контроля процесса пробития корки, определения уровней электролита и металла, определения температуры расплава, сопротивления электролита и косвенно вычислять криолитовое отношение (КО), а также регулировать подачу сырья в зависимости от КО.

Короткое время погружения пробойника позволяет использовать его не только как устройство для проламывания корки, но и как подвижную платформу для датчиков, тем самым избегая их долговременного пребывания в агрессивной среде, осуществлять периодический автоматический сбор данных параметров технологического процесса. В связи с этим устройство можно рассматривать как многофункциональное.

Для решения проблемы скопления глинозема на поверхности корки в точках питания глиноземом, в случае отрицательного результата пробития корки, а также для снижения затрат на производство сжатого воздуха, предлагается осуществлять работу пробойного устройства на двух давлениях – высоком и низком. Обычный режим работы пробойного устройства осуществляется с низким давлением, и только в случае, если низкого давления недостаточно для пробития корки (информация о неудачной попытке автоматически поступает на вход ПЛК), предпринимается повторная попытка пробития с высоким давлением (переключение осуществляется автоматически трехходовым двухпозиционным распределителем). Обратный ход поршня всегда осуществляется под высоким давлением.

Для отслеживания глубины погружения ударного элемента пробойника требуется применять магнитный пневмоцилиндр (внутри которого имеется магнитное кольцо, которое перемещается вместе со штоком цилиндра), а также датчик положения.

Для того чтобы можно было судить о пробитии корки электролита, касании поверхностей электролита и жидкого металла, необходимо использовать изолированный пробойник системы АПГ. На пробойник следует подавать постоянное напряжение 24В и измерять значение силы тока, которое будет изменяться в процессе опускания накопника пробойника. Для измерения температуры электролита предполагается использовать малоинерционную термопару (хромель-алюмелевую), устанавливать ее внутри ударного элемента пробойника и подключать при помощи бронированного, жаростойкого кабеля.

Внедрение многофункционального пробойного устройства позволит выполнять автоматический контроль пробития корки и технологических параметров, вести питание электролизных ванн без возникновения осадков на подине при максимально близкой к теоретической загрузке глинозема, модернизировать существующие и разработать новые системы управления процессом электролитического получения алюминия.

Внедрение разработанного стенда многофункционального пробойника в образовательный процесс позволит студентам изучать конструкцию пробойного устройства, разбираться в пневмо- и электросхемах, отрабатывать навыки программирования ПЛК, а также изучать алгоритмы управления питанием глиноземом. Стенд может использоваться в качестве тренажерного комплекса для сотрудников профильных предприятий для повышения квалификации.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент П.А. Петров

**ШИБАЕВ И.А.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ МОДУЛЕЙ УПРУГОСТИ  
ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОЙ  
УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СТРУКТУРОСКОПИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОДЕЛИ  
ЦИФРОВОГО КЕРНА**

**SHIBAEV I.A.**

National University of Science and Technology "MISiS"

**DETERMINATION OF CORRELATIONS OF ELASTIC MODULUS OF  
SEDIMENTARY ROCKS USING LASER ULTRASONIC STRUCTUROSCOPY FOR  
CREATION A DIGITAL CORE MODEL**

В области решения задач современной нефтедобывающей промышленности часто приходится строить геомеханические модели, использование которых позволяет повышать эффективность разработки или эксплуатации исследуемых объектов. Одними из входных параметров таких моделей являются статические упругие модули горных пород. В данной работе представлены результаты исследований физико-механических свойств образцов горных пород-коллекторов. Проведены прецизионные измерения скоростей продольных и сдвиговых упругих волн с погрешностью 0,2% на основе лазерно-ультразвуковой структуроскопии. По данным скоростям рассчитаны динамические модули упругости. Для определения статических модулей упругости выполнена серия экспериментов по ГОСТ 21153.2-84 и ГОСТ 28985-91 на одноосное сжатие образцов горных пород и для определения деформационных характеристик, соответственно. Установлена корреляционная зависимость между статическим и динамическим модулем упругости для образцов известняка. Найденная взаимосвязь между статическими и динамическими модулями упругости известняка позволила сделать вывод о том, что статический модуль упругости можно оценивать с помощью неразрушающих методов исследования, что существенно упрощает предварительный этап диагностики образцов при ограниченном количестве проб керна.

Также с помощью лазерно-ультразвуковой структуроскопии можно проводить 2D и 3D визуализацию внутренней структуры, обнаруживая микротрещины и расслоения, микропоры, микровключения и другие дефекты, что в комплексе с полученными упругими модулями позволит создать полноценную цифровую модель керна для дальнейшего моделирования поведения его при воздействиях различными физическими полями.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Е.Б. Черепецкая

**ШИШКИН Д.О.**  
Московский политехнический университет

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСПЫТАНИЯ КРУЧЕНИЕМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО  
ОБРАЗЦА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНВЕРСИОННОГО МЕТОДА**

**SHISHKIN D.O.**  
Moscow Polytechnic University

**MODELLING OF THE TORSION TEST OF CYLINDRICAL SPECIMEN WITH  
THE HELP OF INVERSE METHOD**

В работе предлагается решение задачи о кручении цилиндрического образца с применением программного комплекса QFORM 9.0, основанного на теории течения и реализующего метод конечных элементов для анализа задач обработки материалов давлением (ОМД), и инверсионного метода (прим. автора - inverse method).

Метод испытания материалов кручением известен с 1930 года. Метод кручения нашёл своё применение для исследования технологических свойств материалов в условиях холодной и горячей деформации; применяется для получения кривой упрочнения (течения), являющейся основой для построения реологической модели материала.

В настоящее время известно несколько вариантов реализации метода кручения: метод кручения трубчатого образца, метод кручения сплошного цилиндрического образца, метод кручения условно-трубчатого образца. Применение сплошных цилиндрических образцов, вместо трубчатых, позволяет получить большую деформацию. Однако кручение цилиндрических образцов имеет ряд недостатков: неравномерность распределения деформаций по радиусу и по длине образца, которая, в свою очередь, меняется по времени; возможность распространения деформации на галтель образца, что может оказать влияние на угол его закручивания. Возможна также локализация деформаций при кручении сплошных цилиндрических образцов.

Обработка результатов эксперимента, полученных с применением метода испытания материала кручением, может быть произведена с применением одного из методов: графического метода Надаи, метода Филда и Бекофена, метода Кходдама, инверсионного метода. Наиболее перспективным методом является инверсионный, т.к. он позволяет учесть недостатки присущие методам обработки результатов испытаний перечисленных выше. Инверсионный метод позволяет с высокой степенью точности определять в явном виде модель материала. При этом пренебрегают упрощающими допущениями, принимаемыми при обработке результатов экспериментальных исследований (метод кручения, метод сжатия, метод растяжения), используемых в последующем для определения модели материала.

В работе проведено конечно-элементное моделирование кручения сплошного цилиндрического образца, изготовленного из стали 20Х (ГОСТ 4543-71). Результаты компьютерного имитационного моделирования сравнены с результатами натурального эксперимента. На основе применения инверсионного метода скорректирована модель материала – модель пластического тела с деформационным упрочнением. Полученная модель материала пригодна для применения в условиях холодной деформации стали 20Х при температуре 20°С в диапазоне значений деформации от 0,005 до 2,5.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент П.А. Петров

**ЩИКУНОВ Н.Н.**

Институт сервиса, туризма и дизайна, филиал Северо-Кавказского федерального университета

**СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ 35,10-06 КВ СЕТЯМИ  
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ИХ РАБОТЫ**

**SCHICKUNOW N.N.**

The Institute of Service, Tourism and Design, branch of North-Caucasus Federal University

**METHODS FOR MANAGING 35.10-06 KV DISTRIBUTION NETWORKS TO  
OPTIMIZE THEIR PERFORMANCE**

В работе предлагается основные направления снижения эксплуатационных издержек в распределительных сетях 35, 6-10 кВ. Для решения данной задачи, необходимо создание системы управления распределительными сетями, которая должна основываться на знании текущих режимных параметров и топологии оптимизируемой сети. В связи с возникновением источников малой генерации в таких сетях, наибольшее влияние на эффективность их работы будут оказывать изменение режима работы генерирующей установки по активной/реактивной мощности и топологии распределительных сетей. Расчет режимных параметров в распределительных сетях целесообразно выполнять в пространстве мощностей и энергий по данным счетчиков электроэнергии, используя математические основы теории оценивания состояния. Так же приводится алгоритм использования доступных средств управления в распределительных сетях для уменьшения потерь электроэнергии в сети. Задача управления распределительными сетями может быть решена за счет использования информации от счетчиков электроэнергии и установки дополнительного коммутационного оборудования.

**Научный руководитель:** старший преподаватель А.А. Елисеева

## **Секция 7. ОБОРУДОВАНИЕ, ТРАНСПОРТНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВ МИНЕРАЛЬНО- СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА**

**АБДАЛЛА ВАЭЛЬ**

Санкт-Петербургский горный университет

### **МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ПИ РЕГУЛЯТОР ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ SEPIC ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

**ABDALLAH WAEL**

St. Petersburg Mining University

### **MODIFIED PI CONTROLLER OF CONVERTER SEPIC FOR IMPROVEMENT OF ITS DYNAMIC PERFORMANCE**

Одним из основных элементов, входящих в состав автономного источника питания являются накопители электроэнергии (аккумуляторные батареи, модули суперконденсаторов) и DC/DC преобразователи. При выборе DC/DC преобразователя необходимо учитывать изменение уровня входного напряжения, а также необходимость регулирования и стабилизации выходного напряжения преобразователя. Более того, с интеграцией возобновляемых источников энергии и широким распространением концепции распределенной генерации стало обычным делом вводить разные источники энергии в одну систему. Это обуславливает необходимость решения задач синхронизации этих источников. В связи с этим преобразователь SEPIC будет играть главную роль, особенно поскольку он имеет способность стабилизировать выходное напряжение выше или ниже входного напряжения вместе с другими способностями. Целью данной работы является разработка и оптимизация контроллера для DC/DC преобразователя SEPIC.

Представлены три различные модели преобразователя SEPIC: усредненная модель большого сигнала, модель стационарного состояния и модель слабого сигнала, из которой получена передаточная функция разомкнутого контура преобразователя. Так как полученная передаточная функция имеет 4-ый порядок, реализован метод приближения (сокращения) для уменьшения этой передаточной функции до 2-го и 1-го порядка. Как только данные и свойства преобразователя разработаны и известны, то задача управления состоит в таком выборе вида и параметров регулятора, при которых преобразованного выходного напряжения было бы в состоянии как можно быстро, точно и без возникновения колебаний заставить регулируемую величину входного напряжения следовать за задающим воздействием ( $V_{ref}$ ) и нейтрализовать возможные возмущения.

В работе представлены два основных метода управления преобразователем. Первый метод состоит из регулятора ПИ и основан на методах угадывания, таких как метод Николса-Циглера. Второй метод использует методы контроля внутренней модели (ИМС) для получения более подходящих параметров регулятора ПИ. Так как передаточная функция преобразователя получена из модели слабого сигнала, предлагается улучшение ПИ регулятора посредством добавления динамически рассчитанного сигнала рабочего цикла стационарного состояния на вход блока ШИМ для ускорения реакции контроллера. Таким образом, повысится быстродействие контроллера и сигнал управления транзисторами будет требуемого уровня.

Было смоделировано четыре типа контроллеров: обычный контроллер ПИ, улучшенный контроллер ПИ и 2 контроллера ИМС на основе ПИ, представляющие передаточную функцию 1-го и 2-го порядка.

Моделирование проводилось в среде Matlab / Simulink в нормальных условиях и с симуляцией 2 вида возмущений: возмущение амплитуды линейного изменения (до  $\pm 40\%$  от входного напряжения) и возмущение частоты с изменяющимися частотами, от 10 кГц до 10 ГГц включительно частота переключения со случайной амплитудой до  $\pm 30\%$  от входного напряжения.

Результаты показывают, что улучшенный ПИ-контроллер обеспечивает отклик на 90% быстрее ( $< 2$  мс), чем обычный ПИ-контроллер. Однако он не устойчив к помехам, в отличие от контроллеров ИМС на основе ПИ, которые отражают лучшую реакцию, стабильность и устойчивость, ко всем видам помех. Стоит отметить, что приближение передаточных функций представило ценный способ получения параметров регулятора преобразователя SEPIC.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Д.А. Устинов

**АБДУЛЛОЕВ И.Т.**

Южно-уральский государственный университет (НИУ)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ САМОЗАЗЕМЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ГОРНЫХ МАШИН**

**ABDULLOEV I.T.**

South Ural state University (NRU)

## **DETERMINATION OF SELF-GROUNDING RESISTANCE OF ELECTRIFIED MINING MACHINES**

Обеспечение принимаемый уровня электробезопасности обуславливается надежным функционированием защитного заземления, эффективность которого на открытых горных работах во многом определяется состоянием сети заземления и контролем ее параметров.

Наличие несчастных случаев, вызванных появлением напряжений на металлических нетоковедущих частях, указывает на необходимость совершенствования система контроля состояние заземляющих устройств карьеров.

При отсутствии местных заземлителей и обрыве заземляющей сети электробезопасность будет определяться сопротивлением самозаземления передвижной установки, которое может быть найдено по формуле:

$$R_{сз} = \frac{\rho \cdot a}{2 \cdot D_3}$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$D_3$  – эквивалентный диаметр круга, имеющего площадь, равную площади опорной поверхности передвижной установки на карьере, м;

$a$  – коэффициент, учитывающий плотность контакта с грунтом.

Сопротивление самозаземления будет удовлетворять требованиям единых правил безопасности, если величина его не превысит 4 Ом.



Так как абсолютное большинство горных машин выполняется на гусеничном и шагающем ходу и имеют примерно одинаковое удельное давление на грунт (около 110–200 кПа), то, исходя из данных таблицы, можно построить номограмму для определения величины сопротивления самозаземления горной машины в зависимости от массы этой машины и удельного сопротивления грунта.

Отметим, что эффективность самозаземления электрифицированной горной машины может быть также определена по распределению потенциалов в поле растекания тока замыкания.

Самозаземления горных машин будет удовлетворять требованиям безопасности, если эти машины имеют значительную массу и располагаются на грунте с малым удельным сопротивлением.

В настоящем времени практически отсутствует устройство контроля цепи заземления. Кроме того, нет ни одного устройства, которое бы одновременно контролировало цепь заземления и сопротивление самозаземления горной машины.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.И. Сидоров

**АКУЛЕНКО М.А., ЗАКИРОВ Ф.Ф.**

Альметьевский государственный нефтяной институт

## **ДИАГНОСТИКА КАБЕЛЕЙ МЕТОДОМ РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ**

**AKULENKO M.A., ZAKIROV F.F**

Almetyevsk State Oil Institute

## **DIAGNOSTIC OF CABLES BY PARTIAL DISCHARGE REGISTRATION METHOD**

На сегодняшний день в ПАО «Транснефть-Прикамье» эксплуатируется 2473 кабельные линии 6(10) кВ. Из них 40% находятся в работе более 30 лет, что превышает нормативный срок эксплуатации. Только за последние 3 года количество нарушений на кабельных линиях 6(10) кВ увеличилось на 73%. Эти показатели демонстрируют актуальность проведения мероприятий, направленных на повышение надёжности работы данных кабельных линий.

Существующий и применяемый в течении многих лет метод испытаний кабельных линий повышенным напряжением, в 4 – 6 раз превышающим номинальное напряжение кабельного провода, не отвечает современным требованиям, так как не дает оценки о фактическом состоянии кабельной линии. Также этот метод снижает эксплуатационные характеристики оборудования, и в некоторых случаях, выводит их из строя.

Выход из сложившейся ситуации определил мировой опыт эксплуатации кабельных линий. В работе предлагается обоснование для использования современных методов диагностики кабельных линий. Современные методы неразрушающего контроля позволяют производить оценку остаточного ресурса кабельных линий, не ухудшая их эксплуатационных характеристик и своевременно выводить их в плановый ремонт. Одним из таких методов является диагностика кабельных линий методом регистрации частичных разрядов.

Частичный разряд - это электрический разряд, возникающий в местах дефектов изоляции - в газовых и водяных включениях внутри изоляции, в результате чего обра-

зуются пространство между проводником и экраном. Частичные разряды, постепенно развивая этот дефект, приводят к пробое изоляции.

Живой интерес к данному методу обусловлен тем, что он не подвергает изоляцию испытуемого кабеля старению, т.е. является методом неразрушающего контроля; так же позволяет избежать затрат при выходе из строя кабеля. Если имеется информация, о состоянии кабельной линии, то имеется возможность с помощью частичных разрядов выявлять на ранних стадиях точное место изменения состояния изоляции и эксплуатационных характеристик кабельной линии.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Э.Р. Еникеева

**АЛАДЬИН М.Е.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ**

**ALADIN M.E.**

St. Petersburg Mining University

## **THE MODELING AND ANALYSIS OF NON-SINUSOIDAL MODES PARAMETERS**

Коэффициент мощности – главная характеристика наличия реактивной мощности в системе электроснабжения. В общем случае, данный коэффициент вычисляется как отношение активной мощности нагрузки к ее полной мощности. Однако, в реальных условиях такой расчет не представляется возможным ввиду присутствия в сети нелинейных потребителей и несинусоидальных источников питания, а соответственно, и высших гармонических составляющих тока и напряжения.

В ходе данного исследования в среде разработки Simulink Matlab была создана компьютерная имитационная модель системы электроснабжения, включающая в себя несинусоидальный источник питания, линейную и нелинейную нагрузки. По результатам моделирования получены следующие составляющие коэффициента мощности: полная суммарная мощность ( $S$ ), полная мощность первой гармоники ( $S_1$ ), полная мощность гармонических искажений ( $S_H$ ), мощности искажения по току ( $D_I$ ) и напряжению ( $D_U$ ).

Данные величины получены для следующих режимов: нелинейная нагрузка, подключенная к синусоидальному источнику, нелинейная нагрузка, подключенная к несинусоидальному источнику, линейная нагрузка, подключенная к несинусоидальному источнику, линейная и нелинейная нагрузки, подключенные к синусоидальному источнику, линейная и нелинейная нагрузки, подключенные к несинусоидальному источнику.

По полученным результатам построены гистограммы, отражающие величину каждого коэффициента во всех пяти режимах, а также построены графики зависимости данных коэффициентов от процентного содержания нелинейной нагрузки в суммарной мощности сети для последних двух режимов.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Ю.А. Сычев

**АРХИПОВА К.С.**

Уфимский Государственный Нефтяной Технический Университет

**МОНИТОРИНГ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
СОСУДОВ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ  
КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА**

**ARKHIPOVA K.S.**

Ufa State Petroleum Technological University

**EVALUATION OF THE STRESSED-DEFORMED CONDITION OF THE  
CYLINDRICAL SHELL OF THE SEPARATOR UNDER CORROSION WEAR**

Сосуды опасных производственных объектов (ОПО) эксплуатируются при повышенных рабочих давлениях и температурах, а также при одновременном присутствии жидких и газообразных рабочих сред, которые оказывают агрессивное действие на металл, вызывая коррозионный износ внутренней стороны конструктивных элементов. Именно утонение стенок конструктивных элементов является основной причиной снижения ресурса и прочности от воздействия эксплуатационных нагрузок. Для того, чтобы определить техническое состояние сосуда, основным механизмом повреждения которого является коррозия, необходимо проведение измерений толщин стенок, минимальное значение которых регламентируется действующими нормативными и техническими документами по промышленной безопасности. При прогнозировании остаточного ресурса и проведении прочностного анализа расчет проводится либо по минимальной измеренной толщине стенки конструктивного элемента, либо по минимальной вероятной толщине стенки, полученной при расчете с использованием математических формул теории вероятности и статистики с учетом неконтролируемых участков измеряемой поверхности. Наличие таких неконтролируемых участков не в полной мере дают достоверную картину оценки технического состояния, и при этом не учитывается фактическое напряженно-деформированное состояние всей обечайки в зависимости от конструкции аппарата, наличия и расположения технологических штуцеров, степени коррозионного износа и т.д. В настоящее время в мире широко внедряются цифровые технологии во всех областях промышленности с использованием математических моделей, интерпретируемые как «цифровые двойники». Широчайший спектр современного программного инструментария дает возможность разработки «цифровых двойников» технических устройств ОПО с их индивидуальными конструктивными и эксплуатационными особенностями, а также различным уровнем дефектности. Это дает возможность моделирования и прогнозирования поведения рассматриваемого объекта в будущем с учетом выявленных доминирующих механизмов повреждения и изменения различных технических параметров. В данной работе исследуется взаимосвязь воздействия эксплуатационных нагрузок, влияния расположения технологических штуцеров на напряженно-деформированное состояние цилиндрической обечайки сосудов при его коррозионном износе, а также чугунного аппарата с рубашкой с использованием лицензионного программного комплекса «КОМПАС-3D». По результатам исследований установлено, что на формирование зон максимальных напряжений, большее влияние оказывает конструктивное расположение штуцеров, и большей мере люка, а не зоны минимальных утонений стенки.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.В. Рубцов

**АФАНАСЬЕВ А.С., ЧУДАКОВА Н.В.**  
Санкт-Петербургский Горный университет

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ  
ПРОЦЕССА ЭКСТРЕННОГО ТОРМОЖЕНИЯ АТС КАТЕГОРИИ М<sub>1</sub>**

**AFANASYEV A.S., CHUDAKOVA N.V.**  
St. Petersburg Mining University

**RESULTS OF AN EXPERIMENTAL STUDY OF PARAMETERS OF THE  
EMERGENCY BRAKING PROCESS ATTS CATEGORY M<sub>1</sub>**

Дорожно-транспортные происшествия – это неотъемлемая часть эксплуатации автомобильного транспорта и весомая по значимости причина смертности людей в мирное время. По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) ежегодно в мире погибают более 1,35 млн. человек и 50 млн. получают ранения.

При исследовании ДТП в экспертной практике используются усредненные значения установившегося замедления и времени его нарастания, разработанные и утвержденные ВНИИСЭ МЮ СССР более 40 лет назад и нормативные, согласно ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств». Но для автомобилей, оснащенных системами ABS, EBD и BAS применять такие значения не совсем корректно, так как это может привести к не достоверному результату.

Поэтому, в целях повышения достоверности и объективности выводов экспертного исследования при реконструкции ДТП, необходимо уточнить величины установившегося замедления и времени его нарастания, а также разработать методику реконструкции ДТП по параметрам процесса торможения АТС категории М<sub>1</sub>, оснащенных системами ABS, EBD и BAS.

Для проведения экспериментальных исследований и определения фактических значений установившегося замедления и времени его нарастания для АТС категории М<sub>1</sub> методом априорного ранжирования была произведена выборка наиболее значимых факторов, таких как:  $x_1$  – коэффициент колеса с дорогой;  $x_2$  – загруженность ТС;  $x_3$  – наличие систем ABS, EBD, BAS;  $x_4$  – тип сезонности шины;  $x_5$  – наличие прицепа до 750 кг. Достоверность степени влияния факторов подтверждено коэффициентом коррдации  $W = 0,71$ .

Эксперимент проводился в дорожных условиях, согласно и с помощью контрольно-измерительного прибора «Эффект-02».

В ходе проведенного теоретического и экспериментального исследования, авторами обоснована целесообразность введения в основные расчетные зависимости коэффициентов, корректирующих установившееся замедления АТС  $K_{j_{уз}}$  и время его нарастания  $Kt_{ep}$ , используемые в экспертной практике, с учетом исследуемых факторов.

Таким образом, экспериментальное исследование подтвердило выдвинутую гипотезу о закономерности влияния совокупности факторов на формирование величин установившегося замедления и времени его нарастания для АТС категории М<sub>1</sub>, а предложенные к использованию корректирующие коэффициенты практически значимы, т.к. позволят уточнить параметры процесса торможения АТС категории М<sub>1</sub>, повысить точность и достоверность экспертного исследования реконструкции ДТП.

**Научный руководитель:** к.в.н., профессор А.С. Афанасьев

**БАРЫКИН М.А.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

**ПОЛУЧЕНИЕ ДЕФОРМИРОВАННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ  
АЛЮМИНИЕВО-КАЛЬЦИЕВОГО СПЛАВА**

**BARYKIN M.A.**

National University of Science and Technology "MISiS"

**PRODUCTION OF DEFORMED SEMI-FINISHED PRODUCTS FROM  
ALUMINUM-CALCIUM ALLOY**

Объектами исследования являются слитки из сплава Al-Ca-Zn-Mg, выплавленные в электрической печи сопротивления, отлитые в графитовую изложницу, отожженные в электрической муфельной печи и прокатанные при температуре 400°C на лабораторном прокатном стане.

Цель работы – изучение фазового состава, структуры и свойств сплава Al-Ca-Zn-Mg в литом, термически обработанном и деформированном состоянии.

В данной работе получали образцы сплава Al-Ca-Zn-Mg в литом, термически обработанном и деформированном состоянии, исследовали микроструктуру, измеряли твердость, проводили термическую обработку (отжиг), подвергали горячей и холодной прокатке, изучали микроструктуру и измеряли твердость проката.

В результате исследования были экспериментально получены горячекатаные и холоднокатаные листы из сплава Al-Ca-Zn-Mg, исследованы их структура и свойства.

В итоге был установлен оптимальный химический состав и технологический режим для проведения пластической деформации данного сплава.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Е.А. Наумова

**БЕЛЬСКИХ А.М**

Уральский государственный университет

**РАЗРАБОТКА ВЕКТОРНО-ВИХРЕВОГО ТЕПЛООБМЕННИКА ВОЗДУШНОГО  
ОХЛАЖДЕНИЯ**

**BELSKIKH A. M**

Ural State Mining University

**DEVELOPMENT OF A VECTOR-VORTEX AIR -COOLING HEAT EXCHANGER**

Теплообменники в нефтяной и газовой промышленности служат для уменьшения температур при транспортировке и снижения вязкости поднятого из глубины продукта. Теплообменник для нефтехимической промышленности участвует в процессах крекинга – разгонки нефти по фракциям, синтеза – получения полимеров из элементарных молекул газа. Используют все виды теплообменной аппаратуры. Предлагаемая конструкция ТВО, состоящая из оребренных труб решает вопрос о повышении эффективности процесса охлаждения газа, что сказывается на колоссальном уменьшении металлоемкости и материалоемкости, минимум на 8% и

снижения объема охлаждения газа, из-за чего электроэнергия не 12 кВт\*ч, а 11,5 кВт\*ч. ТВО позволят повысить коэффициент теплоотдачи более чем на 20%.

Создание эффективного теплообменника воздушного охлаждения газа за счет использования устойчивого турбулентного вихревого движения охлаждающего воздуха в форме «Вихревой дорожки Кармана», создаваемого посредством лепестковых охлаждающих элементов, выполненных в форме спирали Архимеда типа "Спиралевидных турбулизаторов", закрепленных на теплообменных трубах. Используемые в настоящее время оребренные трубы в теплообменниках воздушного охлаждения (ТВО) отличаются недостаточным коэффициентом теплоотдачи  $\alpha=30-90$  (Вт/м<sup>2</sup>\*К). По этой причине общая площадь теплообменных поверхностей только в нефтегазовой и химической отраслях превышает 4 млн м<sup>2</sup>, при этом на охлаждения газов и жидкостей ежегодно расходуется свыше 12 млрд кВт\*ч электроэнергии. Применение в конструкции оребренных труб предлагаемого "Спиралевидного турбулизатора" позволяет повысить коэффициент до 110 Вт/м<sup>2</sup>К, т.е. не менее чем 20% и приводит к экономии более чем 2 млрд кВт\*ч электроэнергии ежегодно в системах воздушного охлаждения.

Оригинальность заключается в применении лепестков по существующей терминологии в теории теплообмена так называемый "Спиралевидный турбулизатор" в виде пространственной формы спирали Архимеда во взаимно-противоположных направлениях: 1. Предлагаются принципиально новые конструктивные элементы с использованием новой конструкции «Вихревой дорожки Кармана» 2. Новая конструкция агрегата с формированием спиралевидного, зигзагообразного характера движения воздуха с интенсивной турбулентностью за счет наружного оребрения трубного пучка, размещенные по окружности на равном расстоянии друг от друга. 3. Эта структура "спиралевидного турбулизатора" увеличит коэффициент теплообмена воздуха с поверхностью.

Теплообменники воздушного охлаждения газа предлагаемой конструкции будут применяться на газокompрессорных станциях магистральных трубопроводах (к примеру "Сила Сибири", "Северный поток"). Кроме того будут активно применяться в отдельных отраслях промышленности, таких как: нефтегазодобывающая, химическая, горно-обогатительная.

**Научный руководитель:** д.т.н., доцент Н.В. Макаров

**ВАЙНЕР Д.Б.**  
Рыбинский государственный авиационный технический университет имени  
П.А. Соловьева

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА  
ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА  
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ**

**VAJNER D.B.**  
Rybinsk State Aviation Technical University named after P.A. Solovyov

**ENHANCING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE RAW MATERIAL COMPLEX  
BY APPLYING INTELLECTUAL MONITORING OF THE DISTRIBUTION  
NETWORK**

В работе предлагается структура мониторинга электрических параметров распределительной сети с передачей информации по локальной вычислительной сети с целью формирования управляющих воздействий на силовые корректирующие устройства для поддержания высоких показателей качества электрической энергии у потребителей сырьевого комплекса.

Одним из основных факторов, обеспечивающих как показатели качества электроэнергии, так и уровни напряжения в узлах подключения потребителей, являются потоки реактивной мощности. Для обеспечения баланса реактивной мощности вблизи основных ее потребителей устанавливают дополнительные источники, генерирующие реактивную мощность. В режиме минимальных нагрузок в системе возникает избыток реактивной мощности и баланс нарушается, в результате напряжения в узлах сети и у потребителей повышается. Следовательно, возникает необходимость оптимизации режима реактивной мощности в системе электроснабжения промышленного цеха (сырьевого комплекса), выбора типа и мощности компенсирующих устройств и места их установки.

Для снижения потоков реактивной мощности в элементах сети служат различные компенсирующие устройства (КУ), подключаемые в узлах электрической сети предприятия. Регулируя режим работы КУ в соответствии с характером изменения реактивной мощности нагрузок в узлах сети, можно поддерживать напряжение в этих узлах в заданных пределах и снижать потери активной мощности и, соответственно, потери электрической энергии в элементах сети.

Наиболее эффективным вариантом КУ при сбросах и набросах реактивной мощности является включение быстродействующих статических компенсаторов реактивной мощности (СКРМ).

Как правило, для управления СКРМ, включенного в узел сети, используется автономная система управления, которая может и не учитывать состояние уровней напряжения в более удаленных узлах распределенной сети. Для более корректного влияния на сеть с целью поддержания требуемого напряжения или коэффициента мощности СКРМ должен быть подключен в конкретный расчетный узел сети, а управление им должно осуществляться управляющим сигналом, оценивающим состояние всей контролируемой сети, питающей сырьевой комплекс.

Предлагается включить в системы управления СКРМ и других корректирующих устройств структурный мониторинг по состоянию параметров сети, в результате кото-

рого формируется оптимальные управляющие воздействия на блоки управления корректирующих устройств.

Информация о состоянии параметров сети поступает от датчиков тока и напряжения, размещенных в узлах распределительной сети и через локальную вычислительную сеть передается в блок мониторинга и контроллер обработки данных. Текущие параметры состояния сети сравниваются с заданными оператором значениями, в результате, контроллер формирует управляющие сигналы на соответствующие исполнительные корректирующие устройства. Дополнительно в контроллер вводится модуль с формирователем образа режимов работы потребителей и аварийных ситуаций на основе нейронной сети и известных топологических методов анализа электрических цепей.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.В. Манин

**ВАЛКО Д.А., ФЕДОРОВА М.А., САСАРОВ В.А.**

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П.А. Соловьева

### **СПОСОБ РАБОТЫ ДВС НА ВОДОТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ**

**VALKO D.A., FEDOROVA M.A., SASAROV V.A.**

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

### **ICE OPERATION METHOD BASED ON WATER-FUEL EMULSION**

Современный мир уже невозможно представить без автотранспорта, количество которого постоянно увеличивается. Автомобильный транспорт является основным потребителем мировой нефти и одним из основных источников загрязнения окружающей среды. В этих условиях актуальной становится проблема охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. Для решения этой проблемы необходимо реализовать меры по эффективному использованию топливно-энергетического потенциала. Они должны быть направлены на снижение объемов использования нефти, как основного вида топлива, что позволит сэкономить ресурс и снизить вредные выбросы.

Один из путей решения – использование водотопливной эмульсии в качестве топлива в двигателях внутреннего сгорания (ДВС), что способствует улучшению экономических и экологических показателей двигателя.

В результате теоретических и экспериментальных исследований было выявлено, что вода в качестве добавки к топливу позволяет: увеличить детонационную стойкость; уменьшить удельный расход топлива; повысить срок службы двигателя; снизить концентрацию загрязняющих веществ в выхлопных газах двигателя, без оснащения его дорогостоящей системой газораспределения.

Учитывая вышесказанное, актуальным является исследование возможности работы четырехтактного ДВС на водотопливной эмульсии. Для этого был организован способ работы с применением вихревого кавитатора.

Испытательный стенд представляет собой автомобиль ВАЗ-2111 с четырехтактным бензиновым ДВС с доработанной топливной системой. В топливную систему были встроены вихревой кавитатор, насос эмульсии, бак с эмульсией, а также дополнительные трубопроводы, краны и манометры.



Во время проведения экспериментальных исследований в бензин добавляется вода и подается в бак с эмульсией. Первоначально запускается замкнутый контур получения водотопливной эмульсии (ВТЭ), который включает в себя вихревой кавитатор, бак с эмульсией, насос эмульсии и трубопроводы. Из бака с эмульсией с помощью насоса ВТЭ подается по трубопроводу в вихревой кавитатор, а затем обратно в бак. Цикл повторяется несколько раз для получения качественной ВТЭ. Затем открывается кран, размыкая контур получения ВТЭ. И ВТЭ подается в ДВС и осуществляется запуск двигателя, при этом вихревой кавитатор продолжает работать и производить ВТЭ.

**Научный руководитель:** к.т.н., ст.преп. И.Н. Новиков

**ВАСИЛЬКОВ О.С.**

Санкт-Петербургский горный университет

### **РАЗРАБОТКА МЕТОДА КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

**VASILKOV O.S.**

St. Petersburg Mining University

### **DEVELOPMENT OF A METHOD FOR SHORT FORECASTING ELECTRICAL LOADS**

Регулирование графиков электрической нагрузки позволит обеспечить высокое значение коэффициента использования установленной мощности электростанций и добиться уменьшения потерь в электрических сетях.

Однако, при решении задач по регулированию графика электрических нагрузок, невозможно обойти стороной вопрос их прогнозирования. Данный процесс обеспечивает основную исходную информацию для принятия решений при управлении энергосистемами, в том числе для управления потребителями регуляторами и для формирования состава и алгоритма функционирования накопителей электроэнергии.

В данной работе представлены результаты исследования методов прогнозирования электрических нагрузок.

Для изучения были выбраны три способа прогнозирования из разных категорий: авторегрессия, обобщенный метод экспоненциального сглаживания и искусственные нейронные сети. Они были реализованы в программной среде Matlab. В рамках исследования была поставлена задача оценки влияния характера нагрузки на погрешность прогнозирования, для решения которой моделировались графики нагрузки с различными коэффициентами формы. Данный показатель характеризует неравномерность графика нагрузки: при  $K_{\phi} = 1$  нагрузка практически не меняется во времени.

Были получены зависимости погрешности каждого из выбранных способов прогнозирования от коэффициента формы графика нагрузки. Также были рассчитаны почасовые погрешности прогнозирования для каждого способа и вычислена средняя абсолютная погрешность, которая является главным показателем корректности прогноза. Проанализировав данные зависимости стоит отметить, что классические методы прогнозирования в некоторые часы давали более точный прогноз чем нейронная сеть. Та-

ким образом, можно предположить, что наиболее точных результатов можно достичь за счет комбинации разных методов. Применение классических методов, в которых производится выделение и прогноз так называемой базовой составляющей в изменениях нагрузки, и нейронных сетей для прогнозирования случайной составляющей.

В итоге, при прогнозировании графика нагрузки с применением разработанного метода были получены значения погрешности, доказывающие эффективность его использования.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Я.Э. Шклярский

**ВАФИНА Д.Э., БИКМУХАМЕТОВА К.М**

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

### **РАЗРАБОТКА НОВОЙ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ПРОЦЕССА ОБЖИГА ИЗВЕСТНЯКА**

**VAFINA D.E., BIKMUKHAMETOVA K.M.**

Nosov Magnitogorsk State Technical University

### **DEVELOPMENT OF A NEW THERMAL SCHEME FOR THE LIMESTONE FIRING PROCESS**

В работе рассмотрены варианты повышения энергетической эффективности процесса обжига известняка. Рассмотрены тепловые схемы реализации данного процесса и произведена оценка коэффициента использования теплоты топлива.

В настоящее время эффективное использование энергетических и минеральных ресурсов является ключевым направлением повышения конкурентоспособности предприятий. Особенно остро данный аспект затрагивает теплотехнологии обработки природных минеральных ресурсов, применяемых в сфере строительства, в металлургии, в химической промышленности, сельском хозяйстве. Известь один из наиболее распространенных материалов применяемых в этих сферах. Основной составляющей негашёной извести является оксид кальция, который образуется при обжиге известняка. Обжиг известняка – это процесс нагревания известняковой массы, в ходе которого карбонат кальция разлагается на оксид кальция и углекислый газ:



Температура, требуемая для осуществления обжига известняка, составляет 860-950°C и следует учитывать, что выделяющийся при реакции углекислый газ, имеет температуру в этом диапазоне. Для исходной схемы обжига известняка коэффициент использования теплоты топлива составляет 48,5%, а для схемы с частичной регенерацией теплоты отходящих газов и теплоты готового продукта – 54,7% при этом расход топлива снизился с 160 м<sup>3</sup>/т до 116 м<sup>3</sup>/т. Проведенный анализ возможного предела энергетического совершенствования тепловой схемы при условии максимальной регенерации теплоты вторичных энергетически ресурсов на входящие материальные потоки (т.е, учтён дополнительный нагрев воздуха и топлива отходящими газами), показал, что за счет регенерации может достигнуть  $\eta_{\text{кит}} = 73,3\%$  а расход топлива может составить 87 м<sup>3</sup>/т. Останется теплота в отходящих газах, которую принципиально не на что регенерировать. В работе предлагается схема с использованием циркулирующего CO<sub>2</sub>,

который предварительно нагревается во внешнем теплообменнике с помощью продуктов сгорания природного газа. Расчет показал, расход топлива составляет  $43,6 \text{ м}^3/\text{т}$ .

Анализ энергетической эффективности теплотехнологии обжига известняка по трем схемам показал, что для исходной схемы без регенерации энергетическая эффективность составляет 15,7%, для схемы с частичной регенерацией теплоты отходящих газов и теплоты готового продукта – 19,9%; для схемы с максимальной регенерацией – 24,2%, для новой тепловой схемы без регенерации с циркулирующим  $\text{CO}_2$  – 35,5%.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Е.Г. Нешпоренко

**ВЫДРОВА А.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ТИРИСТОРНЫХ  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ ВОЗБУЖДЕНИЯ  
СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ**

**VYDROVA A.A.**

St. Petersburg Mining University

**METHODS FOR DESIGN OF SYNCHRONOUS GENERATORS  
EXCITATION SYSTEM**

Учет всех тепловых потерь в системах возбуждения синхронных генераторов на этапе проектирования чрезвычайно важен, так как в настоящее время перед производством стоит задача снижения себестоимости изделий в первую очередь за счет исключения ошибок проектирования. Целью работы является исключение ошибок проектирования при расчете тепловых режимов тиристорных преобразователей систем возбуждения синхронных генераторов с принудительным воздушным охлаждением, путем создания и программной реализации методики расчета основных параметров таких систем. Выбор системы с принудительным воздушным охлаждением обусловлен тем, что на основе методики расчета таких систем можно разработать методики расчета систем возбуждения с естественным воздушным и принудительным водяным охлаждением.

Система возбуждения синхронного генератора состоит из трансформатора возбуждения и щита возбуждения. Для достижения поставленной цели требуется в первую очередь решить задачу максимально точного подбора аналога щита возбуждения. Аналог – это готовый щит возбуждения с подобранными друг к другу элементами системы (тиристорами, охладителями, предохранителями и др.), который дорабатывается на дальнейших этапах проектирования. Для повышения скорости подготовки технико-коммерческих предложений и корректности стоимости изделий было принято решение, автоматизировано увеличить число аналогов щитов возбуждения с учетом новой линейки тиристоров путем систематизации разрозненных методик и оформлением единой с уточнением обоснованного запаса по мощности (температуре). Ранее запас по мощности принимался на основе эмпирического опыта проектировщиков.

В ходе работы на языке MATLAB была создана программа автоматического подбора аналога системы возбуждения по заданным параметрам генератора с графическим

пользовательским интерфейсом, которая в настоящее время применяется при проектировании систем возбуждения гидро- и турбогенераторов.

Программа была апробирована на основе наработанной базы по параметрам установленных систем возбуждения (Гомельская ТЭЦ-2, ТЭЦ-12 Мосэнерго, ТЭЦ-22 Мосэнерго) и на основе данных тепловых испытаний щита возбуждения Волжской ГЭС. Относительная погрешность расчета в сравнении с экспериментальными данными не превысила 5%, на основании чего был сделан вывод о корректности разработанной методики и адекватности программы автоматического подбора тиристорных секций.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Я.Э. Шклярский; к.т.н., ассистент А.И. Барданов; ведущий инженер ПАО «Силовые машины» Д.В. Кукушкин.

**ГАПЕЕВ А.А**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОСТРУКТУРОЙ  
СПЛАВОВ ПРИ ЗАТВЕРДЕВАНИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЛАЗЕРНОГО И  
УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

**GAPEEV A.A.**

National University of Science and Technology "MISiS"

**RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF MICROSTRUCTURE CONTROL OF  
ALLOYS AT CONSOLIDATION WITH LASER AND ULTRASONIC INFLUENCE**

Изучение влияния действия различных физических полей на процесс затвердевания для увеличения прочностных свойств металлов и сплавов является актуальной задачей.

Проведены тестовые плавки с внешним воздействием на образцы стали с последующим исследованием их микроструктуры. В эксперименте для ультразвукового воздействия на область расплава к поверхности образца жестко прикреплялся пьезодатчик, на который с блока питания подавался сигнал с амплитудой от 200 до 350 В. Использовались две рабочие частоты 60 и 100 кГц.

В ходе проведения эксперимента установлено, что размер зерна без внешнего воздействия составил 80 мкм. После ультразвукового и лазерного воздействия в результате кристаллизации, уменьшался примерно в 1,6 раза. При увеличении мощности ультразвуковых колебаний в 1,5 раза средний размер зерна уменьшался примерно в 2 раза и составлял 40 мкм.

Проведенные эксперименты показали возможность влияния внешних воздействий на микроструктуру металлов с целью улучшения их физико-механических свойств.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Е.Б. Черепецкая

**ГИЛИН А.В.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА  
ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ**

**GILIN A.V.**  
St. Petersburg Mining University

**METHODS FOR IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF CEMENT  
CLINKER PRODUCTION BY INTRODUCING THE USE OF SECONDARY  
ENERGY RESOURCES**

В работе рассматриваются возможности повышения энергоэффективности цементного производства сухим способом.

Основными направлениями повышения энергоэффективности рассмотренными в работе являются:

- Использование клинкерной пыли в качестве сырья, частично замещающего свежую сырьевую муку в процессе обжига клинкера;
- Использование отходящих печных газов после теплообменника и декарбонизатора сырьевой муки в качестве сушильного агента для процесса сушки сырья.

Содержание пыли клинкера в газовом тракте отходящего воздуха после вентиляторов вторичного дутья холодильника колеблется в пределах  $100 - 150 \text{ г/м}^3$ , а в отходящих газах печи обжига около  $50 - 70 \text{ г/м}^3$ .

По проведенным подсчетам, внедрение этого метода позволит сэкономить на подготовке 10,5 килограмм сырья в секунду, что в энергетическом выражении на единицу конечного продукта составит около 710 кДж/кг клинкера.

Из первого метода вытекает возможность для развития другого направления повышения энергоэффективности – использования отходящих печных газов в качестве сушильного агента для сушки сырья в производственном процессе.

Расчеты показали, что при использовании всего объема отходящих печных газов от одной печи обжига клинкера в количестве  $250000 \text{ м}^3/\text{ч}$  и снижении их потенциала до нормативных показателей выброса, удастся избежать затрат энергии и топлива на подготовку специализированного сушильного агента в размере 303 кДж/кг клинкера.

Потенциал экономии энергии на предприятии при совместном применении описанных методов складывается как сумма потенциала экономии энергии на помол сырья, а также экономии на производстве сушильного агента для сушки топлива.

Суммарное подсчитанное влияние совместно принятых решений по энергосбережению в энергетическом выражении на единицу конечного продукта составляет 1013 кДж/кг клинкера, что в топливном эквиваленте составит 0,035 кг.ут./кг клинкера.

Реализацию предложенных инженерных решений можно рассматривать, как шаг в направлении решения программы энергосбережения в энергоемких отраслях промышленности.

**Научный руководитель:** к.т.н., профессор В.А. Лебедев

**ГЛУХАНИЧ Д.Ю.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**АВТОНОМНОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ УДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ  
СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК НЕФТИ**

**GLUKHANICH D.YU.**  
St. Petersburg Mining University

**AUTONOMOUS POWER SUPPLY TO REMOTE CONSUMERS  
OF OIL LEAK DETECTION SYSTEMS**

Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов, имеющие место на объектах нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, при транспорте этих продуктов наносят ощутимый вред экосистемам, приводят к негативным экономическим и социальным последствиям.

В настоящее время общая протяженность магистральных нефтепроводов на территории России составляет более 55 тыс. км, а промысловых свыше 400 тыс. км, и эти цифры продолжают расти, так как наблюдается рост добычи нефти и нефтегазотранспортная система продолжает интенсивно развиваться. Поэтому обеспечение безопасной и надежной эксплуатации нефтепроводов, в том числе и в арктическом регионе, представляет собой первостепенную задачу, для решения которой используются различные системы обнаружения утечек (СОУ) нефти, в том числе, основанные на методах постоянного контроля.

Одной из проблем СОУ нефти является то, что зачастую нефтепроводы находятся в удаленных и труднодоступных местах, а рекомендуемая частота установки пунктов сбора данных — 1 пункт на 10-20 км трубопровода, поэтому возникают затруднения или вовсе становится невозможным обеспечить электрической энергией шкафы СОУ, датчики давления, гидрофоны, расходомеры и другое оборудование, необходимое для стабильной работы систем.

В работе предложено решение проблемы гарантированного автономного электроснабжения систем обнаружения утечек нефти в трубопроводах путем разработки электрогенерирующего комплекса на базе термоэлектрогенераторных элементов, отличающихся автономностью, взрыво- и пожаробезопасностью, энергонезависимостью, высоким сроком службы и отсутствием необходимости в частом обслуживании. В работе применены методы теории электрических цепей, систем электроснабжения электротехнических комплексов, математическое и имитационное моделирование, теория планирования эксперимента. Обоснован состав и параметрическая достаточность автономного комплекса на базе термоэлектрогенераторных элементов для электроснабжения систем обнаружения утечек нефти в трубопроводах.

Комплекс автономного электроснабжения на базе термоэлектрогенераторных элементов решает не только проблему энергоэффективного электроснабжения систем обнаружения утечек, но и, в результате появления возможности более частой установки данных систем, а также их установки в труднодоступных местах, позволяет уменьшить время поиска места аварий на нефтепроводах, что снижает как негативное воздействие на окружающую среду, так и финансовые затраты предприятий на ликвидацию аварий.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.А. Бельский

**ГРИГОРЬЕВ Е.В.**  
Санкт-Петербургский Горный университет

## **КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УПРОЧНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ**

**GRIGOREV E.V.**  
St. Petersburg Mining University

## **QUALITY CONTROL OF HARDENING TECHNOLOGIES USING ACOUSTIC EMISSION METHOD**

На сегодняшний день в связи с предъявлением высоких требований к эффективности использования и надежности технических устройств, с целью повышения ресурса работы деталей машин и механизмов, существует необходимость к разработке принципиально новых материалов и сплавов с повышенными эксплуатационными свойствами, а также улучшение как существующих материалов, так и конечных изделий с помощью так называемых упрочняющих технологий.

На практике применяется большое количество разнообразных упрочняющих технологий, способных воздействовать на весь объем изделия, на отдельные его части или создавать покрытия или слои на рабочей поверхности. Из-за разнообразия технологий, их применение не всегда обосновано, что делает актуальным необходимость проверять на целесообразность их применения и качество получаемых образцов. Критерием оценки качества технологий должна являться степень упрочнения, что не всегда принимается во внимание.

Существующие методы оценки качества упрочняющих технологий можно классифицировать с точки зрения вида контролируемого сигнала и связи его с процессами, определяющими прочность материала. Перспективными здесь являются методы излучения, так как испускают волны, которые связаны с процессом повреждения материала. Это электромагнитная и акустическая эмиссии (АЭ). В данной работе предлагается информационно-кинетический подход, который опирается на многоуровневую модель, связывающую параметры АЭ и определяющих прочность процессов. Прочность образца определяется интенсивностью разрушения структурных элементов на этапе однородного разрушения, параметры модели позволяют связать диагностические параметры с ресурсом изделия. Данный подход показал высокую информативность для оценки состояния сварных соединений и изготовленных с их применением сосудов давления, глубоководных аппаратов, сложно нагруженных металлоконструкций, изделий из композиционных материалов и на других промышленных объектах и был применён для оценки эффективности технологий, упрочняющих сварные соединения.

Образцы сварных соединений подвергались статическому растяжению до разрыва на универсальной испытательной машине Zwick/Roell Z100. Испытания проводились до полного разрушения материала, в процессе которого регистрировалась акустическая эмиссия. Обработка результатов регистрации на этапе упругого деформирования и показали, что наиболее прочными образцы получались после термообработки, далее ультразвуковая обработка шва, и наличие фаски. Полученные результаты согласуются с результатами циклических разрушающих испытаний, описанных в работах других авторов, и могут быть применены на реальном объекте.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор В.В. Носов

**ГУСЕВА И.П.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## **ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЗОК В ПОДВЕСНОМ УСТРОЙСТВЕ СКИПА ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ**

**GUSEVA I.P.**

National University of Science and Technology «MISiS»

## **DIGITAL SIMULATION OF LOADS IN THE SKIP'S SUSPENSION AT THE MINE HOIST**

Вопросами рудничных подъёмных установок занимались многие учёные, так как современные подъёмные установки представляют собой сложное энергомеханическое стационарное оборудование, которое является основным транспортным звеном, связующим подземные горные выработки с поверхностью. Подъёмные установки со шкивами трения начали внедряться на горнодобывающих предприятиях с 19 века. С тех пор проведено большое количество исследовательских и опытно-конструкторских работ по повышению надёжности, безопасности и эффективности рудничного подъёма.

Проблемы существующих подъёмных установок связаны с относительно малым ресурсом и с невысокими грузоподъёмностями канатов. Решить это можно внедрением резинотросовых канатов в качестве головных, взамен традиционных стальных канатов с круглым сечением. Однако использование тягового органа нового типа предопределяет изменение конструкции многих элементов подъёмной установки, в том числе и подвесных устройств скипов.

Целью данной работы является моделирование нагрузок в элементах подвесного устройства при использовании резинотросовых канатов с целью дальнейшего обоснования параметров подвесных устройств. Похожими исследованиями для оценки нагрузок в узлах подъёмных установок занимались такие авторы, как Блохин С.Е., Колосов Д.Л., Двинаина Л.Б., Степанов А.Г., и др. Проведённые авторами исследования направлены на увеличение срока эксплуатации, повышение технических характеристик и на снижение аварийности подъёмных установок.

В качестве расчетной схемы был принят элемент подвесного устройства, состоящий из кронштейна, закрепленного на скипе, в проушины которого вставлена ось коуша, в который запасован резинотросовый канат. Во время эксплуатации кронштейн испытывает деформации под действием усилий, возникающих под действием силы тяжести от концевого груза и силы тяги от подъёмной машины. Для реализации моделирования в программе SolidWorks и для получения результатов, наиболее точно описывающих напряженно-деформированное состояние элементов кронштейна, система закреплялась на жёсткой неподвижной оси. К самому кронштейну прикладывались выше перечисленные усилия.

Для моделирования кронштейна были приняты следующие исходные данные: диаметр оси – 20...100 мм, материал модели – легированная сталь, модуль упругости - 143000 Н/мм<sup>2</sup>. Анализ показал, что наибольшая нагрузка приходится на нижнюю область тяги. Наибольшее перемещение составило 0,724 мм. Самые высокие напряжения, возникшие при моделировании не превышают 323,8 Н/м<sup>2</sup>.

Таким образом, проведён анализ полученных данных по напряженно-деформированному состоянию кронштейна подвесного устройства и выявлены наиболее нагруженные зоны. Использование программы SolidWorks в проведении данных



исследований, связанных с напряженно-деформированным состоянием, позволяет отобразить эпюры напряжений деформированной детали.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент В.В. Зотов

**ДЕЕВ А.С.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ ТАЙМЫРСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА**

**DEEV A.S.**

St. Petersburg Mining University

## **OPTIMIZATION OF POWER SYSTEM OPERATION MODES ON THE EXAMPLE OF THE TAIMYR COAL BASIN**

В последние годы все больше внимания уделяется не просто наращиванию генерирующих мощностей электрической и тепловой энергии, но и вопросам оптимизации режимов потребления и генерации энергии. Одним из способов повышения эффективности работы энергосистемы является внедрение аккумуляторов энергии. В данной работе рассматривается влияние аккумулирования энергии в закрытой энергосистеме на эффективность генерации.

Внедрение аккумуляторов энергии в энергосистему позволяет сгладить суточные графики генерации: в часы минимального потребления аккумуляторы заряжаются, в пиковые часы аккумуляторы выдают энергию в сеть.

Выравнивание суточных графиков нагрузки позволяет работать электростанциям в более узком диапазоне регулирования мощностей. Как известно, КПД основного оборудования ТЭЦ зависит от загруженности этого оборудования. Максимальная эффективность наблюдается при загрузке оборудования близкой к номинальной.

Исследование производится на гипотетической энергосистеме Таймырского угольного бассейна. Основными элементами данной энергосистемы являются: ТЭЦ, в состав основного оборудования которой входят котлы БКЗ-160 в кол-ве 3 шт. и турбины ПТ-30/35 (3 шт.); Поселок населением 100 тыс. человек; Промышленный потребитель – предприятия по добыче угля (добыча составляет 30 млн. т/год).

В ходе исследования режимов работы оборудования ТЭЦ был получен средний КПД генерации, который составляет 61,8% при стандартном графике нагрузок. В качестве альтернативы стандартному графику нагрузок был рассмотрен «идеальный» график, при котором оборудования все время работает в определенном режиме, которому соответствует одинаковое значение нагрузки в течение суток, а пиковые нагрузки покрываются аккумуляторами тепловой и электрической энергии. В результате расчета эффективности работы оборудования ТЭЦ в «идеальном» режиме было получено значение КПД ТЭЦ равное 62,1 %, что позволит сократить потребление топлива на 2450 тонн условного топлива в год в данной энергосистеме.

Таким образом, в работе был рассмотрен один из эффектов от внедрения аккумуляторов в энергосистеме, а конкретно повышение эффективности генерации.

**Научный руководитель:** к.т.н., профессор В. А. Лебедев

**ДЯЧЕНОК Г.В.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**УПРАВЛЕНИЕ СПРОСОМ КАК МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ ГИБКОСТИ  
ЭНЕРГОСИСТЕМЫ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ РОССИИ**

**DYACHENOK G.V.**  
St. Petersburg Mining University

**DEMAND RESPONSE AS A MECHANISM FOR ENHANCING THE FLEXIBILITY  
OF THE ENERGY SYSTEM IN THE INDUSTRIAL ENTERPRISE OF RUSSIA**

За последнее десятилетие методика управления спросом стала полноценным инструментом для осуществления равновесия спроса и предложения в энергосистемах.

Управление спросом – это средство, повышающее гибкость энергосистемы за счет применения различных технологий.

С каждым годом территориальный охват механизма управления спросом (Demand Response) растет и все больше воспринимается как инструмент оптимизации энергоснабжения.

Проанализировав европейские страны на внедрение управления спросом (DR), было сделано заключение:

- DR функционирует на коммерческой основе: Финляндия, Франция, Великобритания, Ирландия, Бельгия, Монако и Швейцария;
- DR функционирует частично: Норвегия, Швеция, Германия, Австрия, Нидерланды и Дания;
- начальная стадия внедрения DR: Польша и Словения;
- рынок закрыт для участия DR: Эстония, Италия, Испания и Португалия.

На сегодняшний день в разных странах механизм управления спросом развит неравномерно, но нацеленность одна – это повышение актуальности DR в энергосистемах.

В данной работе рассмотрены сдерживающие и движущие факторы, влияющие на внедрение метода управления спросом в механизм энергобаланса промышленного предприятия России.

В качестве объекта исследования была выбрана Кольская горно-металлургическая компания, которая представляет собой единое горно-металлургическое производство по добыче сульфидных медно-никелевых руд и цветных металлов. На основе проведенного анализа по использованию метода управления спросом в одном из технологических циклов предприятия был выделен эффект, разделенный на 3 сферы:

- экономическая;
- социальная;
- технологическая.

Одним из главных эффектов использования стали снижение стоимости электроэнергии для конечного потребителя, а также повышение гибкости и управляемости энергосистемы.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Ю.Л. Жуковский

**ИВЕРШИНА В.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

**РАЗРАБОТКА ЗВУКОМОДУЛИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ  
МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ESP 32**

**IVERSHINA V.A.**

St. Petersburg Mining University

**DEVELOPMENT OF A SOUND MODULATING DEVICE BASED ON THE ESP 32  
MICROCONTROLLER**

В работе приводится разработка звукомодулирующего устройства на основе микроконтроллера ESP 32, в памяти которого хранятся 8 массивов оцифрованного звука в звуковом формате wav (8 битный знаковый), обеспечивающий полное восстановление звукового сигнала без потерь на сжатие, с частотой дискретизации 48 кГц, которая согласно теореме Котельникова превышает максимальную различимую частоту человеком в 2 раза. Общий объем памяти, занимаемый массивами, составляет 1221430 байт (93% памяти устройства). Последовательность цифровых отсчетов подается на 8-разрядный канала цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), подключенного к выводу 25 микроконтроллера. Вывод устанавливает этот канал на произвольные напряжения, который преобразует числовые значения в уровни напряжения, объединяя дискретную последовательность этих уровней в непрерывный электрический сигнал. Поточковая передача цифровых аудиоданных происходит с помощью последовательного синхронного протокола связи I2S. Массивы цифровых сигналов вызываются с помощью кнопок, подключенных к входным цифровым контактам микроконтроллера, за счет считывания высокого и низкого уровня сигнала. Воспроизведение сигнала происходит с помощью низкоомного электродинамика, который преобразует электрический сигнал в звуковой благодаря перемещению катушки с током в магнитном поле постоянного магнита с последующим преобразованием полученных механических колебаний в колебания окружающего воздуха при помощи диффузора. Звуковой сигнал предварительно поступает на усилительный каскад на биполярном транзисторе рnp-типа по схеме с общим эмиттером, в котором все параметры резисторов и постоянного источника напряжения рассчитаны таким образом, чтобы обеспечить наибольший коэффициент усиления. С помощью фильтров низкой и высокой частоты происходит обрезание шумов, которые хорошо различимы на частотах 50 Гц и 13 кГц. Далее аналоговый сигнал подвергается варьированиям: увеличение/уменьшение громкости за счёт работы потенциометра, регулирующего амплитуду напряжения при неизменной величине силы тока; эхо – вывод нескольких звуковых массивов данных друг за другом с задержкой; задержка – приостановка работы протокола I2S от 1 до 3 секунд, реализуется программно; циклический повтор – вызов одного и того же массива без задержки друг за другом после полного его проигрывания.

**Научный руководитель:** к.т.н., ассистент А.А. Белицкий

**КАЗАКОВ П.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА  
МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ЗУБНЫХ ИМПЛАНТОВ НА ОСНОВЕ  
ЗОЛОТЫХ СПЛАВОВ**

**KAZAKOV P.A.**

St. Petersburg Mining University

**ASSESSMENT OF PROCESSABILITY OF PRODUCTION  
OF CERMET DENTAL IMPLANTS BASED ON GOLD ALLOYS**

Золото – дорогой благородный металл и стоимость металлокерамических изделий на его основе будет выше, чем у большинства аналогов. Однако же и качество данных изделий с точки зрения биосовместимости, долговечности и эстетики будет значительно выше.

Очевидным различием между золотыми сплавами для цельнолитых зубных протезов и сплавами для металлокерамики является отсутствие меди. Медь выведена из состава золотого металлокерамического сплава из-за того, что она снижает температуру его плавления. Кроме того, медь склонна вступать в реакцию с керамикой, что приводит к появлению зеленоватой окраски керамического покрытия. Это является второй особенностью металлокерамических сплавов: компоненты сплава не должны вступать в те реакции с керамикой, которые приведут к ухудшению эстетического качества зубного протеза.

В сплавы с высоким содержанием золота добавляют платину и палладий, поскольку оба этих металла имеют высокую температуру плавления. Технологические характеристики Au-Pd сплавов и сплавов с высоким содержанием золота являются приблизительно одинаковыми с точки зрения литейных свойств, точности прилегания и устойчивости к коррозии.

Однако существуют такие комбинации сплав-керамика, которые нельзя применять из-за отсутствия между ними термической согласованности. Преимуществом золотых сплавов является то, что они используются уже давно и, клиническими наблюдениями, доказана их высочайшая эффективность. Связь между керамикой и металлом считается очень прочной и надежной.

Главными недостатками сплавов с высоким содержанием золота являются: относительно низкая температура плавления, из-за которой они склонны к высокотемпературным деформациям; низкий модуль упругости. Толщина металлических каркасов, отлитых из сплавов с высоким содержанием золота, должна составлять не менее 0,5 мм, иначе каркасы будут непригодными для использования.

В ситуациях, требующих ограничения препарирования, могут возникать проблемы, связанные с эстетикой, поскольку часто из-за необходимости замаскировать цвет металла, контуры керамического покрытия могут оказаться слишком выпуклыми. С этой точки зрения использование палладиево-серебряных сплавов является более привлекательным. Керамическое покрытие поверх металлического каркаса придаёт зубу дополнительную твёрдость и естественный внешний вид, при этом требуя весьма небольших финансовых затрат.

**Научный руководитель:** к.п.н., доцент Л.Г.Борисова

**КАРЕЕВ М.И.**

Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований материально-технического обеспечения ВС РФ)

**ПРИМЕНЕНИЕ РОТАЦИОННОЙ СВАРКИ ТРЕНИЕМ В ПРОЦЕССЕ  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ**

**KAREEV M.I.**

Scientific Research Institute (military system studies logistical support of the armed forces of the Russian Federation)

**APPLICATION OF ROTARY FRICTION WELDING IN THE PROCESS OF  
MAKING A SHELL-TUBULAR HEAT EXCHANGE DEVICES**

Теплообменные аппараты нашли широкое применение в таких областях техники, как авиационная, ракетная и космическая, а также в таких отраслях промышленности, как нефтеперерабатывающая, нефтехимическая, газовая и другие.

Важный элемент кожухотрубчатого теплообменного аппарата – трубный пучок, ресурс и эксплуатационные показатели которого в значительной степени определяются надежностью узла «труба–трубная решетка».

Довольно распространенными причинами отказов теплообменных аппаратов являются коррозионно-эрозионные повреждения и нарушение герметичности соединений труб с трубными решетками, которые могут усугубляться дефектами изготовления, монтажа и эксплуатации, а также деформациями и остаточными напряжениями от сварки. В связи с этим необходимо развитие альтернативных способов закрепления труб в трубных решетках, которые позволят снизить негативное воздействие вышеназванных факторов.

Наиболее перспективным альтернативным способом является ротационная сварка трением, которую можно использовать не только при изготовлении теплообменного оборудования, но и для его ремонта. Актуальность данного способа сварки проявляется при изготовлении оборудования из легированных сталей, склонных к закалке, так как сварку трением характеризует более концентрированное и меньшее тепловложение в свариваемое изделие. Сварка трением выполняется без объемного плавления в зоне сварки за счет тепла, выделяемого при трении, что дает возможность в процессе производства не только отказаться от применения термических операций, а также получить сварное соединение более высокого качества.

**Научный руководитель:** СНС, к.э.н., майор Д.Ю. Усов

**КАРНАЕВ М.С.**

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ТЭЦ, ПУТЁМ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРОВИНТОВЫХ МАШИН**

**KARNAEV M.S.**

Ivanovo State Energy University named after V.I. Lenin

## **INCREASING THE ECONOMICITY OF THE CHPP BY USING THE VEHICLE MACHINES**

В настоящее время в России происходит снижение потребления пара из производственных отборов турбин ТЭЦ, что связано со стремлением потребителей такого пара перейти на собственные источники пара, а также со снижением общего объёма выпускаемой продукции.

В этом случае для турбоустановок ТЭЦ типа ПТ, имеющих производственный и один теплофикационный отборы пара, например, турбина марки ПТ-60-130/13, для загрузки производственного отбора пара, имеющего давление  $p_{\text{П}} = 1,3$  МПа, устанавливают РОУ, а в схеме теплофикационной установки, вместо пикового водогрейного котла, устанавливают второй сетевой подогреватель, на который и поступает пар после РОУ. Такая схема позволяет с одной стороны уменьшить общий расход топлива по ТЭЦ, так как прекращается работа пикового водогрейного котла, но с другой стороны применение РОУ приводит к потерям, что связано с необходимостью дросселировать пар от давления  $p_{\text{П}} = 1,3$  МПа до давления необходимого на второй (верхний) сетевой подогреватель  $p_{\text{ВСП}} = 0,3 \div 0,35$  МПа.

Чтобы устранить недостаток применения РОУ, можно предложить несколько решений. Например, создать специальный цилиндр турбины, установленный на её общий вал, который будет работать на перепаде давлений от 1,3 МПа до давления  $p_{\text{ВСП}} = 0,35$  МПа, или применить поршневую паровую машину со своим генератором, которая работает на таком же перепаде давлений и связывает промышленный отбор с верхним сетевым подогревателем. Недостаток предложенных схем заключается в их громоздкости и большой металлоемкости.

Более эффективным мероприятием является применение вместо РОУ паровинтовой машины (ПВМ), которая позволит утилизировать перепад давлений от 1,3 МПа до давления  $p_{\text{ВСП}} = 0,35$  МПа для выработки электроэнергии. ПВМ проста в эксплуатации, имеет небольшие размеры, отличается высоким ресурсом работы, эксплуатационной надежностью и безопасностью, неприхотливостью к качеству пара.

Нами был просчитан вариант применения ПВМ для ТЭЦ, с турбиной типа ПТ и разработан проект установки верхнего сетевого подогревателя вместо ПВК. Следует отметить, что ПВМ не нарушает режим работы основного производства ТЭЦ, поэтому она может использоваться и как резерв для промышленного отбора в случае остановки турбины.

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Г.Г. Орлов**

**КЛОЧКОВ Д.А.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ  
РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЦАПФ РОТОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ  
ПРИВОДА ПРОКАТНОГО СТАНА МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНОГО  
ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ**

**KLOCHKOV D.A.**  
St. Petersburg Mining University

**TECHNOLOGICAL ASSURANCE OF THE QUALITY AND WEAR RESISTANCE  
OF THE WORKING SURFACES OF THE AXLES OF THE ROTOR OF THE  
ELECTRIC MOTOR OF THE DRIVE OF THE ROLLING MILL BY THE METHOD  
OF SURFACE PLASTIC DEFORMATION**

В данной работе выполнен анализ проблемы возникновения задигов на цапфах ротора при эксплуатации электродвигателя прокатного стана. Было предложено решение данной проблемы методом поверхностно пластического деформирования, а именно вибрационным накатыванием, тем самым создав поверхность с регулярным микрорельефом (РМР), который позволит удерживать смазку и повысит противозадирную стойкость рабочих поверхностей цапф ротора и опор скольжения при запуске электродвигателя. В работе представлены результаты исследований по повышению износостойкости и противозадирной стойкости при применении данного метода обработки.

Задиры на цапфах ротора является существенной проблемой, которая нарушает правильную работу электродвигателя. Одной из причин таких дефектов может быть перегревание подшипника до образования масляного клина, вследствие сухого трения. Многолетние исследования многих отечественных ученых подтвердили положительное влияние обработки поверхностей вибрационным накатыванием с образованием РМР. Одним из факторов, влияющий на процессы трения и изнашивания, является смазочная способность поверхностей. Наличие регулярного микрорельефа способствует удержанию смазочного материала и облегчению его распространения по поверхности, особенно в период приработки. Исходя из промышленного опыта износ и период приработки существенно ниже при использовании РМР. Повышение износостойкости в период приработки объясняется упрочнением поверхностного слоя, а одновременное уменьшение продолжительности приработки — доминирующим влиянием улучшенного микрорельефа и регуляризации формы и размера канавок.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Е.Г. Злотников

**КНЯЗЬКИНА В.И.**  
Санкт-Петербургский горный университет

## **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСМИССИЙ ГОРНЫХ МАШИН ПРИ ИХ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ**

**KNYAZKINA V.I.**  
St. Petersburg Mining University

### **NEW TECHNOLOGIES FOR DIAGNOSING TRANSMISSIONS OF MINING MACHINES DURING THEIR MAINTENANCE**

Поступательное развитие и минерально-сырьевой отрасли, а вместе с ней и комплексов горных машин, являющихся ее основной движущей силой ведет к повышению их единичной мощности, совершенствованию конструкции, систем их диагностики и технического обслуживания в процессе эксплуатации для сведения к минимуму рисков отказов этих машин и недопущению потерь вызванных остановами такого оборудования.

В результате обзора стратегий технического обслуживания и ремонта горных машин было установлено, что наиболее прогрессивной является стратегия технического обслуживания по фактическому состоянию. Основным отличием системы ФСО от системы ППП является применение непрерывного мониторинга технического состояния методами неразрушающего контроля и новыми технологиями диагностики трансмиссий горных машин при их техническом обслуживании. Как показал анализ опыта эксплуатации основной причиной отказа карьерных экскаваторов является повышенный износ ресурсопределяющих трибосопряжений трансмиссий.

В процессе эксплуатации горных машин для обеспечения нормальной работы экскаваторов, в тяжелых условиях их эксплуатации смазка должна гарантировать разделение контактирующих поверхностей, предотвращать задиры и заедание, снижать интенсивность износа. Выбор соответствующего типа смазки для карьерного экскаватора и отдельных его механизмов имеет решающее значение для рабочего состояния машины, но не менее важным является также выбор системы смазки. Инновационным решением в этом вопросе является обеспечение доставки лубриканта в трибосопряжение по каналам системы смазки, по его состоянию, определяемому величиной акустического сигнала трения, контролируемого в диапазоне ультразвуковых частот. Для чего целесообразно применение бортовых системам диагностики, позволяющие фиксировать сигналы акустического диапазона для оценки состояния систем карьерной техники при ее работе.

В результате проведенных исследований, подтверждена возможность оценки состояния рабочих поверхностей горных машин, в целом без разборки редуктора. Инновационным решением в этом вопросе является обеспечение доставки лубриканта к трибосопряжению по каналам системы смазки, при получении акустического сигнала ультразвукового диапазона в паре трения

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор С.Л. Иванов



**ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЗАМКНУТОГО ТЕПЛОТВОДА РЕЖУЩЕГО  
ИНСТРУМЕНТА**

**KOKORIN I.N.**  
Tyumen Industrial University

**INVESTIGATION OF THE CLOSED HEAT SINK SYSTEM FOR CUTTING TOOLS**

Механическая обработка - это фундаментальный и существенный процесс, который играет значительную роль в развитии промышленности. Исследованиями установлено, что при обработке резанием важным фактором вызывающим хрупкое разрушение инструмента, являются возникающие в процессе резания температурные напряжения.

Система внутреннего теплоотвода является решением этих проблем. Так же применяется охлаждение в виде технологии MQL (Minimal Quantity of Lubricant) или минимального количества смазки (МКС). Данная схема охлаждения представлена на рисунке 1.

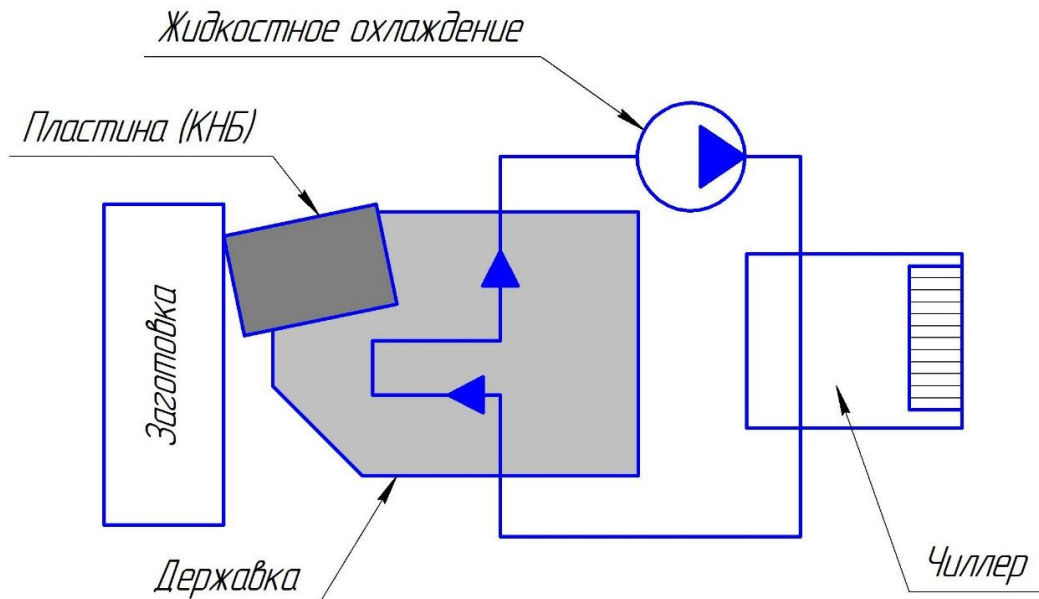


Рисунок 1 – Схема отвода тепла

Проведенные исследования показали, что применение внутренней системы охлаждения приводит к снижению шероховатости обработанной поверхности. Так же в ходе исследования установлены наиболее благоприятные режимы обработки.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Р.Ю. Некрасов

**КОНЧУС Д.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

**КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ  
МАРКИРОВКЕ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕГО И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО  
ОБОРУДОВАНИЯ**

**KONCHUS D.A.**

St. Petersburg Mining University

**STAINLESS STEEL CORROSION RESISTANCE FOR LASER MARKING OF OIL  
AND REFINING EQUIPMENT**

Современные способы лазерной маркировки металлических изделий оказывают непосредственное воздействие на материал, создавая изменения в структуре поверхности. Повышенная коррозионная стойкость может быть обусловлена входящим в состав легирующим элементом, в частности хромом. Однако, коррозионностойкие стали, при определенных условиях, все же подвержены некоторым видам коррозии, таким как межкристаллитная и точечная коррозия. Термическое воздействие концентрированной энергии изменяет фазовый состав стали и может спровоцировать межкристаллитную коррозию (МКК).

Предметом исследования являются коррозионностойкие и жаростойкие стали аустенитного класса типа X18H10. В работе проводились исследования на стойкость маркированной поверхности образцов к МКК, а также на стойкость к воздействию различных растворов щелочей, кислот, солей.

В результате исследования оказалось, что растворы уксусной кислоты, гидроксида натрия не влияют на маркировку, а азотная кислота уменьшает яркость и контрастность маркировки. Растворы таких кислот как серная, соляная начинают растворять сам металл. Коррозионные процессы наблюдаются только в растворе поваренной соли. Химический состав стали также влияет на коррозионную стойкость лазерной маркировки, как и воздействие химического реактива, в состав которого могут входить кислоты, щелочи и соли. После кипячения в водопроводной воде лазерная обработка спровоцировала коррозию на самой маркировке. Лазерная маркировка не провоцирует склонность стали к МКК.

Данное исследование проводилось с целью объективной оценки склонности к коррозии образцов из коррозионностойкой стали с нанесенными лазерным маркером QR-кодами.

Для внедрения в нефтегазовую промышленность каких-либо изделий с лазерной маркировкой необходимо тщательно проанализировать условия работы и состав среды для данного конкретного изделия, подобрать оптимальный режим нанесения лазерной маркировки. Результаты работы показали, что некоторые эксплуатационные режимы работы изделий, промаркированных лазером, имеют нежелательные последствия. К таким режимам относятся кипячение в водопроводной воде, агрессивные среды с ионами хлора.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Е.И. Пряхин, к.т.н., доцент  
А.В. Сивенков

**КОРШУНОВ П.В.**

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П.А. Соловьева

**РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ШУМА ГАЗОТУРБИННЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ДЛЯ  
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ**

**KORSHUNOV P.V.**

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

**SOLUTION OF PROBLEMS OF NOISE OF GAS-TURBINE POWER PLANTS FOR  
MINING INDUSTRY**

В последние годы все больший размах приобретает газотурбинная энергетика. Быстрый ввод в эксплуатацию, малая потребность в воде, высокая степень автоматизации, экономичность отличают газотурбинные электростанции. Но вместе с тем, шум газотурбинных двигателей, входящих в состав энергетических станций, является одной из наиболее острых проблем в области охраны труда.

В рамках решения данной задачи создание эффективных систем шумоглушения аэродинамического шума на всасывании и выхлопе газотурбинной установки (ГТУ) приобретает особое значение.

Шум выхлопного канала напрямую зависит от работы турбины. Высокая степень турбулизации и неоднородности, значительная скорость, а иногда и закрутка потока за турбиной являются причинами появления шума выходного канала. В настоящее время целесообразно внедрять эффективные системы шумоглушения на стадии проектирования и изготовления опытных образцов ГТУ.

Одним из наиболее эффективным путем снижения шума является снижение скорости потока в элементах газовоздушного тракта. Оно заключается в необходимости использования аэродинамически совершенных форм элементов тракта, обеспечивающих плавные изменения геометрии стенок. Необходимо избегать применения угловых поворотов и острых кромок внутренних элементов, вызывающих резкое возрастание местной скорости потока. Хорошей мерой снижения потерь в ГТУ является применение косоугольного среза диффузора. В этом случае поток после диффузора в верхней части заполняет большую часть проходной площади выходного сечения ГТУ. Также экспериментально установлено, что интенсивности отдельных составляющих в спектре акустического излучения турбины зависят от взаимного расположения сопел внутреннего и наружного контуров двигателя, от соотношения чисел сопловых и рабочих лопаток, от закрутки лопаток СА, от степени равномерности распределения лопаток РК по шагу, от величины осевого зазора на ступени и числа оборотов ротора.

При проектировании турбин ГТУ не учтено значительное влияние на следовую неравномерность, являющуюся основным источником шума в решетке, таких параметров, как угол установки профиля, ширина решетки, максимальная кривизна профиля и величина осевого зазора. Без учета этих параметров можно не только не получить эффект снижения аэродинамического шума, а наоборот – усилить его за счет расположения лопаток последующих венцов в зонах наибольших следовых неравномерностей, что вызовет увеличение аэродинамического шума.

**Научный руководитель: к.т.н., доцент С.Е. Белова**

УЧЁТ ВЛИЯНИЯ АГРЕССИВНЫХ КОРРОЗИОННЫХ СРЕД НА  
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ  
ОБОЛОЧЕК ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

KUZNETSOVA V.O.  
Tula State University

CONSIDERATION OF THE INFLUENCE OF AGGRESSIVE CORROSIVE MEDIA  
ON THE STRESS-STRAIN STATE OF CYLINDRICAL TITANIUM ALLOY  
SHELLS

Титановые сплавы широко применяют в строительстве для изготовления сооружений и конструкций в нефтегазовой, авиационной и ракетной отраслях. Связывают это с тем, что титановые сплавы обладают широким набором полезных свойств, таких как: высокая стойкость к разрушению, малый удельный вес, высокая механо- и жаропрочность, пластичность при низких температурах и пр. Сплавы титана, изначально не обладая восприимчивостью к виду напряженного состояния, в процессе воздействия коррозионных сред получают свойства разносопротивляемости, изменяющиеся в процессе времени. Это приводит к повышению хрупкости и раннему разрушению.

Объектом исследования является круговая цилиндрическая оболочка из титанового сплава ТС5, нагруженная внутренним давлением 5 МПа и имеющая жёсткую заделку по периметру. Длина оболочки 3 м, радиус 0,5 м. Местоположение любой точки на срединной поверхности цилиндрической оболочки определяется гауссовыми координатами  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , с учётом:  $u$  – осевых перемещений,  $v$  – касательных перемещений,  $w$  – радиальных перемещений при действии поперечной нагрузки  $q$ , как показано на рисунке 1.

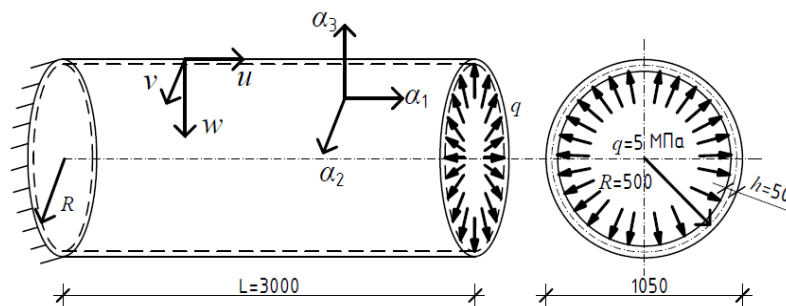


Рисунок 1 - Расчётная схема оболочки

В течение некоторого периода, соответствующего большим градиентам концентраций агрессивных сред, наблюдается интенсивное изменение характера напряженно-деформированного состояния, достигающее для напряжений 20% в сжатых и 24% в растянутых зонах. Колебания в напряжениях, полученных в работах Овчинникова И.Г. и Кирилловой Л.А., достигают нескольких иных величин и составляют 15% и 34%, соответственно. Так модель влияния газонасыщения, построенная в данной работе, основана на подходах построения определяющих соотношений разносопротивляющихся материалов, предложенных в работах Матченко Н.М и Трещева А.А. Указанный подход имеет достаточно гибкий механизм учета разносопротивляемости и демонстрируют

высокую точность согласования получаемых теоретических предсказаний с экспериментальными данными по деформированию широкого круга материалов при сложных видах напряженного состояния.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.А. Трещев

**ЛАВРИК А.Ю.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В АВТОНОМНЫХ ГИБРИДНЫХ КОМПЛЕКСАХ С  
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ**

**LAVRIK A.YU.**

St. Petersburg Mining University

**USE OF NEURAL NETWORK FORECASTING OF ELECTRICITY  
CONSUMPTION IN STAND-ALONE HYBRID SYSTEMS WITH RENEWABLE  
ENERGY SOURCES**

В настоящее время особое внимание уделяется устойчивому развитию территорий, относящихся к децентрализованной зоне электроснабжения. Потребители электрической энергии питаются, как правило, от дизельных электростанций (ДЭС). Зависимость электроснабжения от своевременности подвоза дизеля, высокая стоимость топлива в пункте отгрузки и большие транспортные расходы приводят к существенному удорожанию себестоимости отпускаемой электроэнергии.

Тем не менее, развитие технологий ВИЭ, а также принятый курс на декарбонизацию и техническое перевооружение автономных электростанций обуславливает распространение в России гибридных электростанций, совмещающих дизель-генераторные установки (ДГУ) и ВИЭ. В связи с этим, актуальным вопросом является оптимизация режимов работы автономных гибридных электростанций с ДЭС и ВИЭ с целью улучшения технико-экономических и экологических показателей работы.

В данной исследовательской работе предлагаются алгоритмические решения, реализуемые при условии создания интеллектуальной системы прогнозирования мощности нагрузки, основанной на искусственной нейросети, а также наличии прогнозных данных о метеорологической обстановке. В качестве такого решения предлагается использование технологии управления спросом на электроэнергию с целью смещения части электрической нагрузки во времени таким образом, чтобы снизить потребление дизельного топлива и уменьшить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Вторым предлагаемым вариантом применения прогнозных данных заключается в создании интеллектуальной системы, методами нечёткой логики определяющей целесообразность подключения к распределительной сети аккумуляторов при прогнозируемом включении ДГУ на малый промежуток времени или прогнозируемой работе ДГУ на малую нагрузку. Таким образом достигается снижение расхода дизельного топлива и продление срока службы ДГУ, и, в конечном итоге, снижение себестоимости вырабатываемой электроэнергии. Кроме того, в статье сформулированы основные подходы к созданию методики расчёта основных параметров предлагаемых технических решений.

Работоспособность нейросетевого алгоритма прогнозирования, а также предлагаемых алгоритмов оптимизации режимов работы системы была проверена с помощью математического и имитационного моделирования в среде MATLAB. Возможный технико-экономический эффект оценивался на примере графиков электрических нагрузок реальных потребителей электроэнергии.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Ю.Л. Жуковский

**LE VAN TUNG**

Санкт-Петербургский горный университет

**УПРАВЛЕНИЕ АКТИВНОМ ВЫПРЯМИТЕЛЕМ С ПОВЫШЕНИЕМ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ПРЯМОГО УПРАВЛЕНИЯ МОМЕНТОМ  
АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

**LE VAN TUNG**

St. Petersburg Mining University

**ACTIVE RECTIFIER CONTROL WITH EFFICIENCY IMPROVE METHOD  
DIRECT TORQUE CONTROL OF INDUCTION MOTOR DRIVES**

Исследование преобразователей частоты с использованием полностью управляемых выпрямителей или активных выпрямителей имеет много преимуществ по сравнению с неуправляемыми выпрямителями (диодными мостами). Выпрямитель с широтно-импульсной модуляцией методом управления напряжением для обеспечения синусоидального входного тока, коэффициент мощности =1, стабильность напряжения постоянного тока на выходе, обмен энергией между нагрузкой и сеткой двунаправленный. Сначала рассчитайте напряжение, а затем приступайте к управлению током, обеспечивая ток вдоль координатной оси  $i_q=0$ , соответствующий коэффициенту мощности=1.

Метод прямого управления моментом двигателя улучшается путем выбора новой таблицы переключения, заменяя базовую таблицу переключения на 12 секторов напряжения. Следовательно, регулятор момента поддерживает электромагнитный момент и уменьшает ошибки во время работы при изменении момента нагрузки. Объедините источник - цепь активного выпрямителя - инвертор - двигатель - нагрузку, чтобы сформировать целостную систему электропривода с улучшенной рабочей эффективностью.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.Е. Козярук

**ЛИХАЧЕВА К.А.**

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

**ПОЛУЧЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ НА БЛОКАХ 800 МВт,  
СЖИГАЮЩИМИ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ**

**LIKHACHEVA K.A.**

Ivanovo State Energy University named after V.I. Lenin

**GETTING ADDITIONAL POWER ON 800 MW UNITS, BURNING NATURAL GAS**

В последние годы наблюдается резкое увеличение потребления природного газа в энергетике многих стран. В России добыча природного газа в 2018г. составила 733млрд.м<sup>3</sup>, а к 2050г. она должна повыситься на 40%. Для достижения стабильного и экономически эффективного удовлетворения возрастающего спроса на природный газ необходимо предусматривать сокращение потерь при его транспортировке и осуществлять ресурсо- и энергоснабжение.

В России значительными потребителями природного газа являются тепловые электрические станции (ТЭС), на которые он поступает от газораспределительных станций (ГРС) с давлением 0,7÷1,3МПа. Перед котельными агрегатами ТЭС снижается до  $p=0,13\div0,2$ МПа, за счёт дросселирования газа в газорегуляторном пункте (ГРП). С точки зрения полезной утилизации избыточного давления газа, поступающего в ГРП, и получения мощности ТЭС в ГРП целесообразно установить турбодетандерные агрегаты, в которых происходит расширение газа до  $p=0,13\div0,2$ МПа. Однако при расширении газа в турбодетандере его температура значительно снижается и при подаче такого газа в котельный агрегат потребуется дополнительно тратить топливо на его нагрев. Чтобы устранить этот недостаток, можно нагреть газ в теплообменнике, установив его на входе или выходе газа из турбодетандера.

Нами были рассмотрены схемы нагрева природного газа на выходе из турбодетандера в теплообменнике паром из отборов турбины и водой, включенном на байпасе подогревателей низкого давления (ПНД). Такая схема оказалась более эффективной. Вода для нагрева газа циркулирует по контуру: деаэрактор, подогреватель для газа, ПНД и снова деаэрактор. Установка теплообменника на байпасе ПНД потребует небольшого увеличения расхода воды, проходящей через ПНД, примерно на 5,5%. За счёт отбора пара в ПНД для нагрева воды предлагаемого контура, будет уменьшаться расход пара в конденсатор турбины, что увеличит выработку энергии на регенеративных отборах и сократит потери тепла в окружающую среду с циркуляционной водой из конденсатора. Так же сократится величина выходных потерь из последней ступени турбины. В расчете на блок 800МВт с турбиной К-800-240 был определён эффект от установки турбодетандера, который составил 8,8МВт дополнительной мощности, что позволяет снизить удельный расход топлива на выработку кВт·ч электроэнергии.

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Г.Г. Орлов**

**МАКСИМОВ Д.Д.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ДВС**

**MAKSIMOV D.D.**  
St. Petersburg Mining University

**TECHNOLOGICAL SUPPORT OF GEOMETRICAL  
PARAMETERS OF PISTON RINGS**

Тенденции современного дизелестроения к форсированию работ двигателей по оборотам, мощности, эффективному давлению обуславливают напряженную работу всей цилиндропоршневой группы, особенно поршневых колец, обеспечивающих герметизацию камеры сгорания, отвод тепла и перераспределение масла по зеркалу цилиндра двигателя.

В работе рассматриваются требования, обуславливающие оптимальную работу поршневых колец и цилиндропоршневой группы в целом, рассмотрены преимущества применения метода копирной обработки профиля верхних компрессионных колец взамен термофиксации замка. Подробно описаны существующие методики расчета формы поршневых колец в свободном состоянии, проведен их анализ и составлен общий алгоритм расчета формы поршневых колец и копиров. Проведен сравнительный анализ эпюр распределения радиального давления поршневых колец, полученных методами термофиксации и копирной обработки.

Формообразование поршневых колец копирным способом требует выполнения уточненных расчетов формы кольца в свободном состоянии и профиля копира с учетом особенностей кинематики применяемых узлов, а также технологического процесса обработки колец.

Для получения необходимой формы кольца в свободном состоянии методом обработки заготовок по копиру на токарных станках с вертикальным шпинделем, спроектировано специальное устройство, которое позволит точно позиционировать поршневые кольца на рабочем столе в автоматизированном режиме. Устройство представляет собой гидроцилиндр, шток которого соединен со штангой. На конце штанги находится оправка, имеющая форму, схожую с формой внутреннего диаметра кольца равномерно радиального давления. При поступлении на рабочий стол заготовки штанга под действием гидроцилиндра начинает движение вниз, ориентируя заготовку в радиальном направлении, необходимом для обеспечения точности копирного точения, оправкой и в вертикальном направлении прижимом.

Предлагаемое устройство позволит повысить точность позиционирования заготовки на рабочем столе за счет сложного профиля оправки, предотвратить возможные погрешности при загрузке заготовок в магазин, автоматизировать технологический процесс токарной и фрезерной обработки поршневых колец.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент В.А. Красный



**МАЛИНКИН П.В.**

Тверской государственной технической университет

**ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ДЕТАЛЕЙ ГОРНЫХ МАШИН  
CVD-МЕТОДОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИИ РИСКА**

**MALINKIN P.V.**

Tver State Technical University

**ASSESSMENT SAFETY DURING THE METALLIZATION OF PARTS OF MINING  
MACHINES OF CVD-METHOD WITH OF APPLYING THE RISK THEORY**

Применение CVD-метода металлоорганических соединений является одним из перспективных направлений повышения ресурса деталей и сборочных единиц горных машин, эксплуатирующихся в условиях абразивного и коррозионно-механического изнашивания.

Благодаря особому механизму реализации CVD-метода как химического газо-фазного осаждения металлоорганических соединений на поверхности подложки могут быть получены покрытия с оптимальным сочетанием значений прочности сцепления, микротвердости и шероховатости. Однако некоторые стадии реализации технологических процессов с применением CVD-метода характеризуются наличием факторов техногенного риска, что требует всестороннего анализа и оценки уровня их безопасности на основе теории риска.

Обеспечение требований безопасности металлизации в работе достигнуто за счет автоматизации процесса, герметизации оборудования, оснащения установки для нанесения металлических покрытий системами блокировки и сигнализации. Разработанное аппаратное оформление CVD-метода планируется внедрять на предприятиях, специализирующихся на упрочнении деталей машин.

**Научный руководитель:** д.т.н., доцент Л.В. Козырева

**МАЛЬКОВА Я.М.**

Санкт-Петербургский горный университет

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВУХДВИГАТЕЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ  
ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ**

**MALKOVA YA.M.**

St. Petersburg Mining University

**TWIN-MOTOR ELECTRIC DRIVE BALL MILL CONTROL SYSTEM**

В работе представлена модифицированная система управления процессом измельчения. Модификация заключается в добавлении контура регулирования скоростью ба-рабана мельницы, что позволит увеличить производительность процесса измельчения руды. Для реализации данного контура разрабатывается двухдвигательный электропривод механизма вращения. В результате исследований также предложена модификация двигательной системы управления посредством включения дополнитель-

ных корректирующих алгоритмов моментов и потоков двигателей. Благодаря использованию достигается выравнивание моментов и амплитудных значений потребляемых токов двигателей, а также минимальное энергопотребление. Для реализации разработанных алгоритмов используется модульный много-уровневый преобразователь в составе электропривода шаровой мельницы. Осуществлено имитационное моделирование модульного многоуровневого инвертора с разными видами модуляционной системы управления: с синусоидальной ШИМ со сдвинутыми несущими сигналами по амплитуде и с синусоидальной ШИМ со сдвинутыми несущими сигналами по фазе.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Б.Ю. Васильев

**МИХАЙЛОВ А.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

**РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПОВЕРХНОСТНОГО  
ЛЕГИРОВАНИЯ В СРЕДЕ ЛЕГКОПЛАВКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ  
РАСПЛАВОВ**

**MIKHAILOV A.V.**

St. Petersburg Mining University

**DEVELOPMENT OF THE EXPERIMENTAL DEVICE FOR SURFACE ALLOYING  
FROM THE FUSIBLE METAL MELTS**

Узлы и детали технических устройств в различных отраслях промышленности, в частности в химической и нефтехимической, должны обладать особыми физико-химическими и механическими свойствами, что зачастую обеспечивается использованием дорогостоящих сталей и сплавов. Способ поверхностного легирования из среды легкоплавких металлических расплавов позволяет в широком диапазоне влиять на свойства поверхностных слоев стальных изделий и обеспечивать их работоспособность в условиях повышенных механических нагрузок, влияния агрессивных сред и высоких температур.

Целью работы являлось осуществление технологического перехода к «открытому методу», как альтернатива использования дорогостоящего вакуумного оборудования с возможностью создания инертной газовой атмосферы, обеспечивающей защиту обрабатываемых изделий от окисления и испарения компонентов транспортного расплава.

Разработанная установка состоит из печи типа СШОЛ-10/11, в камеру которой помещается защитный экран и резервуар с транспортным расплавом. В верхней части располагается крышка с устройством вертикальной загрузки обрабатываемых изделий. Устройство вертикальной загрузки предполагает использование штока с водоохлаждением, позволяющим повысить безопасность эксплуатации и исключает окисление его поверхности в условиях повышенных температур.

Процесс нанесения покрытия осуществляется следующим образом. На дно камеры печи, в защитный экран помещается емкость с транспортным расплавом, после чего осуществляется нагрев до заданных температур. Образец, закрепленный на конце штока, погружается в металлический расплав, где осуществляется изотермическая выдержка в течение времени необходимого для насыщения поверхности изделия

легирующими элементами. По окончании времени выдержки нагрев выключается, шток выдвигается, извлекая образец из раствора и камеры печи. В большинстве случаев изделия не нуждаются в дополнительной механической обработке.

По результатам выполнения данной работы были проведены испытания и апробация разработанного экспериментального устройства, с целью определения его работоспособности и возможности осуществления данной вышеописанной технологии «открытым методом». Устройство защищено патентом № 2711701 от 03.04.2019г.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Е.И. Пряхин, к.т.н., доцент А.В. Сивенков

**МИШИН В.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «КОЛЬЦО МАСЛОСЪЕМНОЕ» ДВИГАТЕЛЯ  
КАРЬЕРНОГО АВТОСАМОСВАЛА**

**MISHIN V.V.**

St. Petersburg Mining University

**IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF THE PRODUCTION  
OF THE PART «OIL REMOVAL» OF THE CARRYL DUMP ENGINE**

Рассмотрены конструктивные особенности поршневых колец и их роль в работе цилиндропоршневой группы двигателей внутреннего сгорания, а именно их значимость в таких аспектах, как: ресурс, надежность работы ДВС, расход топлива и моторного масла. Выполнен анализ различных типовых конструкций маслосъёмных поршневых колец и особенностей их работы, изучены основные требования к маслосъёмным кольцам, проведено сравнение наиболее подходящих материалов и рассмотрены типовые технологические процессы их изготовления.

В работе основное внимание уделено маслосъёмным кольцам коробчатого сечения, упругость которых обеспечивается с помощью внутреннего пружинного экспандера – расширителя. Такие кольца имеют, как правило, узкие хромированные рабочие кромки, обеспечивающие их износостойкость. Однако сложная форма колец как по наружной, так и внутренней поверхностям, а также необходимость специальной подготовки рабочих кромок под хромирование, требуют разработки сложных технологических операций, которые нередко выполняются на универсальном или специальном оборудовании.

В разработанном технологическом процессе предусмотрено выполнение обработки сложных поверхностей кольца при помощи станков с ЧПУ и с применением специальной технологической оснастки и инструмента.

Предложены схемы формирования рабочих поверхностей маслосъёмных поршневых колец коробчатого сечения; устройства для сборки колец в пакеты, доводки рабочей поверхности, осуществляемая притиркой или хонингованием.

Выполнен расчет режимов резания, спроектированы фасонные инструменты для обработки наружного и внутреннего профиля кольца. Операция прорезки дренажных пазов предусмотрена после хромирования во избежание нарушения целостности по-

крытия. Предусмотрена изоляция дна канавки кольца при хромировании, позволяющая избежать значительного износа фрезы для прорезания дренажных пазов. Выполнение операции окончательного растачивания колец для обеспечения равномерности радиальной толщины предусмотрено после хромирования и прорезания дренажных пазов, что позволит избежать слесарных операций.

Большинство операций предлагается выполнять при сборке нескольких колец в пакеты на станках с ЧПУ, что позволит увеличить производительность обработки и точность геометрических параметров.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент В.А. Красный

**МОТЯКОВ Н.Ю.**

Санкт-Петербургский горный университет

**СНИЖЕНИЕ РИСКА ОТКАЗОВ ЭКСКАВАТОРОВ ТИПА ЭКГ ПРИ  
УСРЕДНЕНИИ ШИХТЫ В ШТАБЕЛЯХ РУДНОГО ДВОРА  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**MOTIAKOV N.YU.**

St. Petersburg Mining University

**REDUCING THE RISK OF FAILURES OF ELECTRIC QUARRY EXCAVATORS  
IN AVERAGING OF STOCKS MATERIALS IN STACKS ON ORE YARDS OF  
METALLURGICAL ENTERPRISE**

Для складирования и усреднения шихтовых материалов рудных дворов широко применяют карьерные экскаваторы. Отказ в их работе в значительной мере сказывается на функционировании рудного двора и подготовке шихтовых материалов. Интенсивность выработки ресурса экскаватором в этих условиях зависит от трех групп внешних факторов: системы технического обслуживания, природно-климатического фактора и уровня управления эргатической системой экскаватора машинистом.

Оценить вклад машиниста в интенсивность дегазационных процессов при работе экскаватора можно, используя в качестве инструмента тренажер оператора экскаватора карьерного гусеничного ЭКГ-18Р, состоящий из модуля инструктора и модуля машиниста. Модуль представляет собой динамическую платформу (имеет три степени свободы) и имитирует кабину и условия работы экскаватора, включая возможность оперативного управления им и реакцию машины от любого действия машиниста. По конструкции модуль имитирует кабину экскаватора, в котором установлено кресло-пульт оператора с органами управления экскаватором. Имитатор кабины экскаватора оснащен имитаторами контрольно-измерительных приборов, приборов наблюдения и сигнализации соответствующие их размещению в отделении управления кабины реального экскаватор.

Тренажер выполняет три функции – измерительную, (в ходе выполнения учебных заданий происходит непосредственный замер выходных величин), обучающую (работа с тренажером повышает навык управления реальным экскаватором), имитационная (тренажер создан для того, чтоб сымитировать для оператора нестандартную ситуацию для оценки его квалификационных навыков без риска ущерба для техники).

Проведя спектральный анализ достаточно большого количества таких испытаний, можно сравнить их между собой и делать вывод о влиянии квалификации и опыта машиниста на безаварийную работу экскаватора.

Результаты численных экспериментов по оценке энергосиловых характеристик приводов экскаватора, проводимых на модуле-тренажере, сравнивают с соответствующими характеристиками идеального цикла, что дает возможность оценить работу машиниста как качественно, так и дать соответствующую количественную оценку.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор С.Л. Иванов

**МУРТАЗИНА Л.Ш.**

Казанский федеральный университет

## **РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА СЖАТИЯ И ПЕРЕДАЧИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

**MURTAZINA L. SH.**

Kazan Federal University

## **IMPLEMENTATION OF THE COMPRESSION ALGORITHM AND TRANSMISSION OF SEISMIC DATA**

В данной работе рассмотрена организация передачи сейсмических данных по радиоканалу в режиме реального времени в беспроводном комплексе сбора сейсмических данных на основе многоуровневой радиосети. Архитектура данного комплекса представлена в. Первый уровень комплекса представляет собой сеть на основе радиоканала субгигагерцового диапазона с GFSK модуляцией. На данном уровне создаются домены, включающие до 32 полевых модулей сопряжения с сейсмоприёмниками. Модули передают данные по радиоканалу на координатор.

Полевой модуль представляет собой радиотелекоммуникационное устройство с автономным питанием от встроенного аккумулятора. В составе данного устройства имеется блок измерения, в котором осуществляются фильтрация, усиление и аналого-цифровое преобразование сейсмосигнала, поступающего с сейсмоприемника, а также приемопередатчик субгигагерцового диапазона.

Комплекс относится к классу телеметрических систем реального времени и позволяет получать данные со всех измерительных каналов (сейсмоприёмников) в течение 2 с в одном центре приёма, в связи с этим актуальна задача уменьшения объема передаваемых по радиоканалу данных с целью оптимизации нагрузки на радиосеть и понижения энергопотребления. Данную задачу решает микроконтроллер ARM Cortex-M4, получающий данные из блока измерений и осуществляющий их сжатие алгоритмом, оптимизированным под данную архитектуру. Сжатые сейсмоданные передаются в виде радиопакета. Алгоритм сжатия и формат радиопакета представлены в данной работе.

**Научный руководитель:** к.ф.-м.н., доцент Е.Ю. Рябченко, ассистент Е.В. Данилов

## ВЛИЯНИЕ КАЛЬЦИЯ И КРЕМНИЯ НА ХАРАКТЕР КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СПЛАВА AL-8%ZN-3%MG

MUSIN A.F.

National University of Science and Technology «MISiS»

### THE EFFECT OF SILICIUM AND CALCIUM ON CHARACTER OF CRYSTALLIZATION THE ALLOY AL-8% ZN-3% MG

Объектом исследования были модельные сплавы, содержащие 8%Zn и 3%Mg (масс.%), с добавлением кальция и кремния. Сплавы получали в виде слитков размером 15x30x180 мм способом заливки в графитовую форму. Кривые охлаждения строили с помощью программы Thermo-calc и прибора АКТАКОМ АТТ-2006 с ХА термопарой. Микроструктуру сплавов изучали с помощью светового микроскопа OLYMPUS GX-41

Кристаллизация экспериментальных сплавов заканчивается образованием фазы Т при температуре 482°C, которая не зависит от уровня легирования Ca и Si, что видно на кривых охлаждения (рисунок 3). Учитывая снижение температуры ликвидус от увеличения объема легирования, можно судить об уменьшении интервала кристаллизации, что сопровождается улучшением литейных свойств. Также выявлено что для фазы  $Mg_2Si$  температура образования не зависит от степени легирования дополнительными элементами.

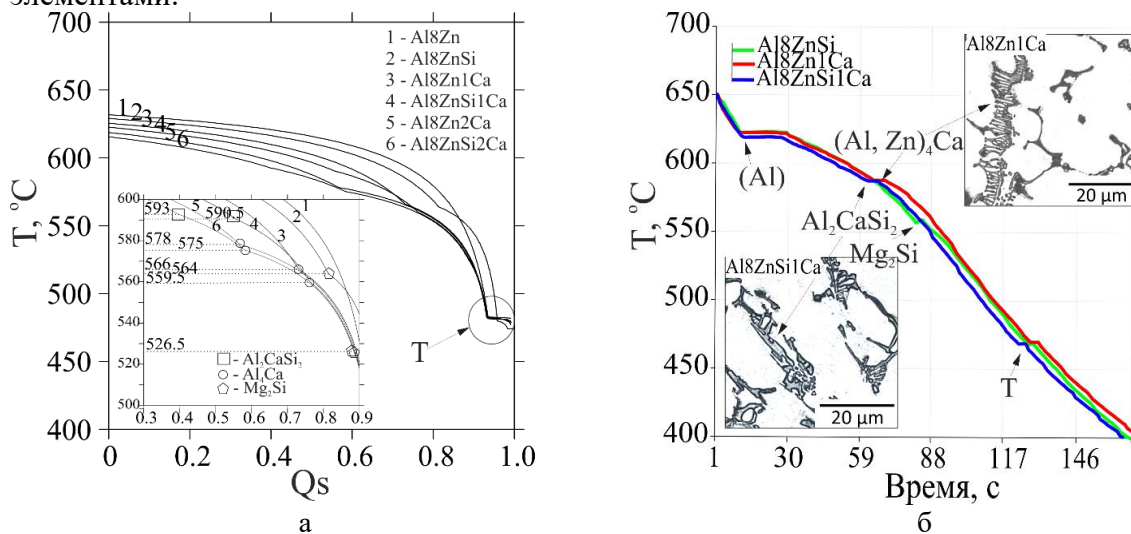


Рисунок 1 – Характер неравновесной кристаллизации экспериментальных сплавов: а – расчетная зависимость доли твердых фаз ( $Q_s$ ) от температуры; б – экспериментальные кривые охлаждения

В экспериментальных данных определили растворимость цинка в фазе  $Al_4Ca$  с образованием фазы  $(Al,Zn)_4Ca$ . Эвтектические включения последней характеризуются скелетообразной морфологией, что показано на рисунке 1 на примере сплава  $Al_8Zn_3Mg_1Ca$  после охлаждения со скоростью не более 0.5 К/с. В сплаве  $Al_8Zn_3Mg_1Si_1Ca$  появилась фаза с грубой морфологией, которая, является фазой  $Al_2CaSi_2$

Научный руководитель: д.т.н., профессор Н.А. Белов

**НОЗИРЗОДА Ш.С.**  
Томский политехнический университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ СПИД НА ТОЧНОСТЬ И  
КАЧЕСТВО ДЕТАЛЕЙ ПРИ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ**

**NOZIRZODA SH.S.**  
Tomsk Polytechnic University

**INVESTIGATION OF THE ACCURACY AND QUALITY OF PROCESSING IN  
WATERJET CUTTING**

В данной работе рассматривается обеспечение заданной точности и качества обработки деталей разных форм путем научно-обоснованного выбора зоны обработки, режимов резки и введение коррекций систем управления технологической системой гидроабразивного резания.

В основе технологии гидроабразивной резки лежит принцип эрозионного воздействия смеси высокоскоростной водяной струи и твёрдых абразивных частиц на обрабатываемый материал. При данной виде обработки, режущий инструмент не требует заточки. На изделие уменьшаются ударная нагрузка и влияние обратной силы на режущий инструмент, так как между заготовкой и режущим инструментом отсутствует непосредственный контакт. Низкое тангенциальное усилие позволяет в ряде случаев обойтись без зажима детали. На гидроабразивном станке есть возможность выполнения различных операции (например, сверления и резки) одним и тем же инструментом. Это позволяет сконцентрировать несколько операции в одной.

Процесс гидроабразивной обработки – это многофакторный технологический процесс. На точность и качество получаемого изделия при гидроабразивной резке влияют много факторов: жесткость технологической системы (системы перемещения режущей головки), жесткость портальной системы, жесткость платформы (решетки); режимы резки: давление и скорость подачи рабочей среды; состояния режущего инструмента: качество абразива и воды.

Поэтому необходимо оптимизировать параметры, влияющие на качество и точность обработки. В работе было рассмотрено влияния жесткости системы позиционирования инструмента установки гидроабразивной резки на точность и качество поверхностей получаемого изделия. Жесткости системы на прямую влияет на точность и качество получаемого изделия. При проведении ряд экспериментов было выявлено, что возникающие погрешности при гидроабразивной резке имеют систематический характер. Характер погрешностей соответствует характеру деформаций устройства перемещения. Поэтому одним из способов повышения точности и качества изделия при гидроабразивной резке является обеспечение одинаковой пространственной жесткости системы позиционирования, а другим – изменение режимов резания в зависимости от изменения жёсткости системы позиционирования.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент С.Е. Буханченко

**НИКУЛИНА Л.С.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## **УСКОРЕНИЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ГОРНЫХ МАШИН**

**NIKULINA L.S.**

National University of Science and Technology «MISiS»

## **ACCELERATION OF DESIGN PREPARATION OF MINING MACHINERY PRODUCTION**

Важнейшим этапом жизненного цикла горных машин является конструкторская подготовка их производства (КПП), основная задача которой состоит в совершенствовании существующих и проектировании новых машин с высокими параметрами качества в заданные сроки и с наименьшими затратами времени и труда. При этом достаточно ответственной и трудоемкой работой по конструированию узлов и соединений является анализ размерных связей, определяющих требуемую точность деталей и относительного положения их исполнительных поверхностей. Таким образом, на этапе КПП определяются параметры точности деталей и формируются основные технические требования на изготовление и сборку узлов.

Анализ размерных связей выполняют при помощи теории размерных цепей, ее основных закономерностей с применением различных методов расчета. Использование теории размерных цепей позволяет находить наиболее экономичные решения задач, связанных с достижением требуемой точности замыкающего звена. Однако размерный анализ является достаточно трудоемким процессом. С целью сокращения трудоемкости таких расчетов была разработана программа для ЭВМ «Расчет размерных цепей». Программное обеспечение создано в среде программирования Delphi.

Разработанная программа обеспечивает выполнение следующих функций:

- расчет размерной цепи в номиналах и в допусках по методам полной, неполной и групповой взаимозаменяемости, регулировки и пригонки;
- по каждому методу расчета проводится проверка назначенных допусков и предельных отклонений, а так же автоматический расчет для конкретного звена;
- возможность экспортировать полученные результаты расчета в файл MS Excel, для последующего анализа, сохранения или печати полученных значений.

Важным преимуществом является исключение случайных погрешностей в выполнении расчетов, а сокращение времени позволяет рассчитать размерную цепь несколькими методами, сравнить и выбрать наиболее подходящий.

Использование программы в учебном процессе показало, что время выполнения расчетов сокращается до ~10 минут, включая поэтапный ввод данных. Благодаря интуитивно-понятному интерфейсу, проверке значений на каждом этапе и подсказкам, исключается вероятность ошибки или опечатки.

Программа может использоваться в учебном процессе студентами при выполнении курсовых и дипломных работ, а также применяться на машиностроительных производствах и проектных организациях.

В настоящий момент подана заявка на регистрацию разработанной программы расчета в ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности».

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Мнацаканян В.У.



**ПЕРЕТЯТКО М.А.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА ПРЯМОТОЧНЫХ  
УТИЛИЗАЦИОННЫХ КОТЛОВ НА ОРГАНИЧЕСКОМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕ**

**PERETYATKO M.A.**  
Saint-Petersburg Mining University

**INCREASING THE EFFICIENCY OF HEAT TRANSFER IN DIRECT-FLOW  
RECOVERY BOILER WITH ORGANIC FLUID**

В последние годы все больше и больше внимания уделяется вопросу повышения энергоэффективности и внедрения энергосберегающих технологий в ТЭК РФ. Одним из способов повышения энергоэффективности является утилизация теплоты низкопотенциальных источников. Одним из наиболее эффективных способов использования данной теплоты является использование его для выработки электроэнергии в установке органического цикла Ренкина.

Органический цикл Ренкина работает по тому же принципу, что и классический цикл Ренкина. Отличие заключается в рабочем теле, в качестве которого для классического цикла Ренкина выступает вода, а для ОЦР – органический теплоноситель. Низкая температура кипения органического теплоносителя позволяет вырабатывать пары теплоносителя при относительно низких параметрах источника теплоты.

Одной из проблем данного устройства является большое паросодержание на концевых участках испарителя. Что заметно сказывается на эффективности теплообмена на данных участках испарителя. Для решения данной проблемы необходимо произвести изучение теплообмена в испарителе с целью определения картины кипения и изучения характера изменения коэффициента теплоотдачи по длине трубы во время процесса кипения.

Для исследования был выбран n-образный участок испарителя с диаметром 32 мм, числом поворотов равным 7, длиной каждого прямого участка 0,5 м и радиусом изгиба 52 мм. Подвод тепловой энергии к теплоносителю осуществляется от внешнего источника имеющего температуру 450 К через стенки трубы. Расчет производился в программном обеспечении Ansys версии 19R3 с помощью модуля Fluent.

В ходе исследования полученной картины кипения было установлено, что большая часть трубы заполнена паром. Коэффициент теплоотдачи в таком случае имеет пониженное значение. Таким образом теплообмен на данном участке не является эффективным. Необходимо определить на каком участке происходит резкое падение коэффициента теплоотдачи. Для этого была построена зависимость изменения коэффициента теплоотдачи по длине трубы испарителя.

В результате было определено, что тепловую мощность испарительной поверхности прямоточного котлоагрегата, работающего при заданных условиях необходимо ограничивать определенным значением. При увеличении тепловой мощности испарительной поверхности теплообмен происходит менее интенсивно.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор П.В. Яковлев

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ УПРОЧНЯЮЩАЯ ОБРАБОТКА, КАК СПОСОБ  
ПОВЫШЕНИЯ УДАРНО-АБРАЗИВНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ  
БЫСТРОИЗНАШИВАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГОРНОРУДНОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ

PLASCHINSKIY V. A.  
St. Petersburg Mining University

SURFACE HARDENING AS A MEAN TO INCREASE THE IMPACT AND  
ABRASIVE WEAR RESISTANCE OF MINING EQUIPMENT ELEMENTS

Работа посвящена экспериментальной оценке предварительной упрочняющей обработке, как способа увеличения износостойкости быстроизнашивающихся элементов горнорудного оборудования. В предыдущих работах авторов на примере сравнительно мягкой и малоабразивной апатито-нефелиновой руды было показано, что в условиях ударно-абразивного воздействия породы, поверхностное упрочнение быстроизнашиваемого элемента способно существенно (до 1,6 раза) повысить его износостойкость. В настоящей работе указанный вывод подтверждается экспериментами по воздействию на основной материал быстроизнашиваемых элементов горного оборудования – сталь 110Г13Л другой, более твердой и абразивной породы – магнитного железняка.

Под цилиндрическим образцом ( $D = 8$  мм) стали с исходной твердостью  $\sim 200$  НВ, закрепленном в бойке установки, на фиксированном расстоянии устанавливалась емкость с водо-абразивной массой измельченного магнитного железняка. Включался электродвигатель и в течение времени  $t$  осуществлялись удары торцом образца по абразивной массе с фиксацией изменения его массы  $\Delta m$ . Через экспериментальные точки зависимости  $\Delta m - t$  проводилась экстраполяционная прямая, тангенс угла наклона которой принимался за скорость изнашивания  $V_i$  материала. Подобные опыты проводились на аналогичных образцах стали, торцевая часть которых предварительно наклепывалась до приобретения поверхностью необходимой твердости (рисунок).

Из сравнения вида зависимостей рисунка видно, что скорости ударно-абразивного изнашивания наклепанных образцов ( $V_{1,2,3} = 0,0153, 0,0125, 0,0115$  мг/(мм<sup>2</sup>мин)) меньше, чем в случае не наклепанного образца ( $V_0 = 0,0163$  мг/(мм<sup>2</sup>мин)). При этом с увеличением интенсивности поверхностного упрочнения износостойкость образца повышается (до 1,4 раз).

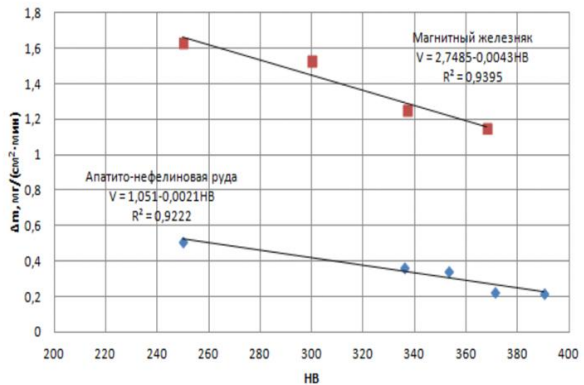


Рисунок – Временная зависимость убыли массы образцов из стали 110Г13Л при их изнашивании по магнитному железняку: образцов исходной твердости (1), наклепанных до 300 НВ (2), 337 НВ (3) и 368 НВ (4)

Таким образом, предварительная упрочняющая обработка конструктивных элементов способна существенно повысить их стойкость к ударно-абразивному воздействию горных пород.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор В.И. Болобов

**ПОПОВА Ю.М.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ RAIL-VEYOR**

**POPOVA YU.M.**

St. Petersburg Mining University

## **FEATURES OF APPLICATION OF RAIL-VEYOR TRANSPORTATION SYSTEM**

Работа посвящена рассмотрению задачи, направленной на обоснование применения новой транспортной системы конвейерных поездов, разработанных канадской компанией «Rail-Veyor». В публикации рассматривается конструкция, технические характеристики и особенности применения конвейерных поездов.

Система конвейерных поездов представляет собой отдельные участки грузонесущего полотна, которые движутся по рельсам с помощью промежуточных приводов, установленных стационарно на трассе. В отличие от ленточных конвейеров у конвейерных поездов отсутствует перекачивание грузонесущего полотна по роликам, за счёт чего реализуются высокие скорости движения, и увеличивается срок службы грузонесущего полотна. В пунктах разгрузки и загрузки поезда движутся с небольшой скоростью. Загрузка горной массы может осуществляться непрерывно. Поэтому устройства для загрузки конвейерных поездов не отличаются от устройств для загрузки конвейеров.

Ещё в 1967 году на одном из меднорудных горных предприятий, расположенных в штате Мичиган, были проведены промышленные испытания конвейерных поездов, разработанных существовавшей в то время компанией «Дешевейер». Однако конвейерные поезда компании «Дешевейер» так и не получили распространения. В них использовался нестационарный собственный привод, что усложняло конструкцию поезда, тем самым повышая его стоимость и соответственно затраты на эксплуатационные расходы.

Отличительной чертой новой системы конвейерных поездов, разработанных канадской компанией «RAIL-VEYOR», является использование стационарных приводов, расположенных по трассе. Передача тягового усилия составу производится за счёт фрикционного воздействия резиновых автомобильных шин на боковые пластины вагонов.

Трасса для системы конвейерных поездов Rail-Veyor может быть изгибающейся и в плане, и в профиле. Угол наклона трассы в вертикальной плоскости составляет 20%, а радиус закругления составляет минимум 30 метров. Данная система достаточно компактна, что позволяет использовать её в подземных условиях.

Система Rail-Veyor способна перевозить грузы любой абразивности, как сыпучие, так и штучные, имеет очень низкий коэффициент сопротивления движению и до-

пускает возможность применения разветвленной сети с развилками и пересечениями, что очень удобно, например, при транспортировке разных фракций горной породы.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент И.С. Труфанова

**РАСТВОРОВА Ю.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ВКЛАД ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СВЯЗАННЫХ СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**RASTVOROVA I.U.V.**

St. Petersburg Mining University

### **CONSUMERS CONTRIBUTION TO THE ELECTRIC POWER QUALITY INDICATORS IN RELATED SYSTEMS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES**

Особенности несинусоидальных процессов в электрических сетях промышленных предприятий не изучены полностью. В то же время нелинейные элементы находят все более широкое применение в промышленности. Так как Российские и международные стандарты качества электроэнергии регламентируют основные показатели качества электроэнергии, то становится актуальной оценка влияния нелинейной нагрузки одного предприятия на качество электроэнергии в сети электроснабжения (СЭС) и иных предприятий, подключенных к той же СЭС.

Несмотря на наличие ряда методов, позволяющих зафиксировать нелинейную нагрузку, вносящую определяющий вклад в искажения сети, ни один из методов не дает точную информацию в процентном соотношении. Кроме того, ни один из методов официально не утвержден стандартами, регулирующими показатели качества электроэнергии.

Данное исследование посвящено разработке метода, позволяющего определить количественный вклад источников искажений в показатели качества электроэнергии системы электроснабжения предприятий в точке общего подключения (ТОП).

В рамках математического моделирования была составлена схема замещения предприятий, питающихся от общей сети. На основании полученных зависимостей была подтверждена возможность оценки вклада источников искажений в общие искажения напряжения в ТОП по векторам токов высших гармоник потребителей.

Также, были выведены формулы для определения токов высших гармоник предприятия, которые обеспечат минимальные искажения напряжения в ТОП при неизменных параметрах остальной системы и вне зависимости от взаимного расположения векторов токов, то есть математически обоснованы меры компенсации высших гармоник.

Для оценки погрешности метода, возникающей в результате влияния высших гармоник одного предприятия на потребление несинусоидального тока другим предприятием, была проанализирована более детальная схема двух промышленных предприятий с общей СЭС, предусматривающая такое воздействие. Были определены численные показатели погрешности для «жестких» и «мягких» СЭС.

На основе проведенных исследований сформулирован метод, определяющий вклад высших гармоник тока потребителей в искажение напряжения в ТОП. Суть метода заключается в расчете проекций токов потребителей на суммарный вектор тока.

Основным преимуществом метода является то, что для его реализации необходимо измерять только действующие значения токов высших гармоник в ТОП.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Я.Э. Шклярский; к.т.н., доцент А.Я. Шклярский

**РЫБАКОВ А.С.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОДДЕРЖАНИЮ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АВТОБУСОВ В РАБОТОСПОСОБНОМ СОСТОЯНИИ**

**RYBAKOV A.S.**

St. Petersburg Mining University

## **RESEARCH AND DEVELOPMENT OF MEASURES TO KEEP THE PNEUMATIC SYSTEM OF BUSES IN WORKING CONDITION**

Автомобильный транспорт является самым массовым и самым опасным видом транспорта. Ежегодно на территории Российской Федерации происходит более 150 тысяч дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в которых гибнет свыше 16 тысяч человек, получают ранения более 190 тысяч человек. Подавляющее большинство ДТП происходят либо при торможении автотранспортных средств (АТС), либо сопровождается торможением. Количество ДТП и тяжесть их последствий во многом зависят от технического состояния и эффективности работы тормозной системы АТС.

Анализ отказов, возникающих при эксплуатации подвижного состава Автобусного парка №6 СПб ГУП «Пассажиравтотранс» позволил выявить наиболее часто возникающие. К ним относятся отказы: 37% – пневматическая система, 13% – электрооборудование, 13% – система охлаждения, 11% – ДВС и другие. Неисправность пневматической системы напрямую связана с тормозной системой, в результате отказа которой возникает повышенный риск образования ДТП. Таким образом, проявление каждого отказа влечёт потенциальный риск для здоровья пассажиров. При диагностировании и последующем устранении отказов автобус простаивает, что ведёт к убыткам для предприятия.

За год число отказов пневматической системы автобусов составило 1788 шт., а наиболее часто возникающие: неисправность компрессора, трубок, шлангов и фитингов, замерзание пневматических трубок.

В результате экспертного опроса и априорного ранжирования были определены факторы, которые имеют наибольшую значимость, к ним относятся: неисправность компрессора, утечка воздуха из системы и не растормаживание колёс. Они совпадают с результатами расчётов, и подтверждают необходимость в рассмотрении мероприятий, направленных на поддержание работоспособности пневматической системы автобусов.

Для наиболее эффективного поддержания пневматической системы автобусов в работоспособном состоянии разработана модель модернизации и в последующем создания централизованного участка по техническому обслуживанию и ремонту пневматической системы автобусов. В результате внедрения которой, срок окупаемости составит около года, снизятся затраты на простой автобусов и необходимость содержания

около 70 подменных автобусов, ведь каждый из которых стоит для государственного бюджета города Санкт-Петербурга около 12 миллионов рублей.

Таким образом, в данной работе произведён анализ отказов, рассмотрена актуальность внедрения централизованного участка по техническому обслуживанию и ремонту пневматической системы автобусов и срок ее окупаемости.

**Научный руководитель:** к.в.н., профессор А.С. Афанасьев

**РЫКОВ А.С.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕПЛООБМЕНА  
ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ И МЕТОДЫ ИХ  
РЕШЕНИЯ**

**RYKOV A.S.**

St. Petersburg Mining University

**PROBLEMS OF POLLUTION OF HEAT EXCHANGE SURFACES OF LAMINATE  
HEAT EXCHANGE DEVICES AND METHODS OF THEIR SOLUTION**

В промышленности давно известно, что отложения на теплообменных поверхностях теплообменных аппаратов увеличивает термическое сопротивление теплопередающей стенки и, следовательно, снижает коэффициент теплопередачи аппарата. Так как коэффициент теплопроводности образующихся отложений имеет весьма низкое значение, то даже незначительный слой создает большое термическое сопротивление. Для примера, слой котельной накипи толщиной 1 мм по термическому сопротивлению приблизительно эквивалентен 40 мм стальной стенки.

В ходе научно-исследовательской работы были изучены причины загрязнения теплообменных поверхностей: низкое качество теплоносителя (в рассматриваемом случае – сетевой воды), недостаточная эффективность устройств водоочистки, а также нарушение гидравлического режима на объекте тепло- и водоснабжения. Для дальнейшего анализа возможных проблем загрязнения и поиска путей их решения был произведён сбор экспериментальных данных с нескольких центральных тепловых пунктов предприятия ГУП «ТЭК СПб». Были получены параметры (давление и температура) греющей воды, а также нагреваемой, предназначенной для систем отопления и вентиляции абонентов.

Далее были рассмотрены известные методы очистки поверхностей теплопередачи теплообменных аппаратов, необходимых для поддержания задаваемого температурного режима работы систем теплоснабжения потребителей, подходящих как для чистки оборудования во время работы, так и требующих полной его разборки. К данным методам относятся: механический и химический (применяются на данном предприятии), термический, метод нанесения серии гидравлических ударов.

Опираясь на собранную информацию и изучив тепловые схемы конкретных объектов теплоснабжения, было выяснено, что в периоды повышенных нагрузок пластинчатые теплообменные аппараты не позволяют функционировать системе отопления и вентиляции должным образом ввиду загрязнения поверхностей теплообмена, возникающего вследствие следующих причин: повышенное содержание солей в хими-

ческом составе воды, недостаточная эффективность устройств для очистки воды от крупнодисперсных частиц, низкая скорость протока воды через теплообменные аппараты вследствие несовершенства тепловой схемы центрального теплового пункта. В дальнейшем необходимо более подробное изучение характера загрязнений, внедрение новых способов очистки теплообменных аппаратов на предприятии ГУП «ТЭК СПб», а также анализ возможностей повышения энергоэффективности тепловой схемы объекта теплоснабжения.

**Научный руководитель:** к.т.н., профессор В.А. Лебедев

**САДЫКОВ Р.Э.**

Казанский национальный исследовательский технологический университет

**ЭЛЕКТРОМАГНИТОПОЛЕВОЙ АКТИВАТОР ВОЗДУШНО-ТОПЛИВНОЙ ГОРЮЧЕЙ СМЕСИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

**SADIKOV R.E.**

Kazan National Research Technological University

**ELECTROMAGNETIC FIELD ACTIVATOR OF AIR-FUEL COMBUSTION MIXTURE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES**

Работа посвящена решению вопроса улучшения экологичности и радикального энергосбережения двигателей внутреннего сгорания, которые, как известно, являются одними из основных мировых потребителей топлива и атмосферы планеты, и, одновременно, основными экологическими загрязнителями окружающей среды. При этом объектом исследования является предпламенный процесс формирования высокоэффективной воздушно-топливной горючей смеси перед непосредственной подачей ее в камеру сгорания двигателя с целью повышения эффективности и полноты сгорания и, как следствие, повышения мощности двигателя, снижения расхода топлива и токсичности отработавших газов, что обуславливает актуальность и практическую значимость работы. Между тем, как свидетельствует анализ научной литературы и патентов, важность предпламенного процесса формирования воздушно-топливной горючей смеси зачастую недооценивается, хотя именно этот начальный этап играет первостепенную роль в стабильности и устойчивости циклов горения в камере сгорания двигателя.

Существует много методов предпламенного воздействия на воздушно-топливную горючую смесь: применение рецептур различных присадок, создание топливных эмульсий и безреагентные методы (термический, аэродинамическая гомогенизация, ультразвуковая гомогенизация, кавитация, диспергация). Однако эффективность их низка, реализация сложна, а зачастую негативно отражаются на характеристиках двигателя и даже пожароопасны.

В работе предложена электромагнитополевая технология формирования высокоэффективной воздушно-топливной горючей смеси двигателей внутреннего сгорания перед непосредственной подачей ее в камеру сгорания. При этом все взаимосвязанные стадии процесса формирования высокоэффективной воздушно-топливной горючей смеси: активация молекул кислорода воздуха и топлива, гомогенизация горючей смеси (разрушение сгустков молекул топлива и качественное перемешивание их с воздухом) реализуются комплексно исключительно электромагнитополевыми воздействиями на

ее компоненты и завершаются в очень короткие промежутки времени в ограниченном пространстве, до поступления в камеру сгорания.

Для реализации этой технологии предлагается электрополевой активатор воздуха, содержащий в качестве исполнительного элемента изолированные друг от друга коронирующие электроды положительной и отрицательной полярностей, подключенные к источнику высоковольтного напряжения, выполненному на электротехнических компонентах штатных систем зажигания двигателей внутреннего сгорания и магнитополевой активатор топлива, содержащий в качестве исполнительного элемента блок полярнопеременных пар высокоэнергетических неодимовых магнитов, объединить в общий тракт формирования воздушно-топливной горючей смеси. При этом, через данный тракт проходит весь воздух и все топливо, подаваемые в камеру сгорания, а магнитополевой активатор топлива дополнительно выполняет функцию гомогенизации воздушно-топливной горючей смеси.

В настоящее время предложенная электромагнитополевая технология формирования высокоэффективной воздушно-топливной горючей смеси воплощена в реальную высокотехнологичную конструкцию электромагнитополевого активатора с минимальным собственным энергопотреблением, не требующую при установке радикальных изменений в конструкции двигателей внутреннего сгорания. Проведены его испытания в реальных условиях, в результате которых установлено, что при использовании предложенной электромагнитополевой технологии формирования высокоэффективной воздушно-топливной горючей смеси мощность двигателя увеличилась на 3,9 %, удельный расход топлива уменьшился на 6,2 %, содержание углекислого газа в выхлопных газах снизилось на 12,8 %, содержание углеводородов снизилось на 13,2 %, улучшился запуск двигателя в условиях низких температур. Проведенные патентно-информационные исследования подтверждают его новизну. Данная электромагнитополевая технология активации воздушно-топливной горючей смеси имеет широкую область применения и может быть с успехом применена в двигателях внутреннего сгорания автотранспортных средств, различного технологического оборудования, а также в других теплоэнергетических агрегатах.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент В.И. Капаев

**САФИН Р.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ВАЛ»  
ДВИГАТЕЛЯ САМОСВАЛА**

**SAFIN RAMIL**

St. Petersburg Mining University

**IMPROVING THE MANUFACTURING TECHNOLOGY OF THE SHAFT DUMP  
TRUCK ENGINE**

В статье рассматривается конструктивно-технологическое решение проблемы разрушения и выпадения упорных полуколец осевого подшипника коленчатого вала высокофорсированных двигателей производства ПАО «КАМАЗ».



При эксплуатации двигателей производства ПАО «КАМАЗ» было выявлено, что с течением времени происходит износ упорных полуколец осевых подшипников коленчатого вала с падением их обломков в поддон картера. После поломки осевого подшипника коленчатый вал начинает смещаться вдоль продольной оси, что ведет к заклиниванию и разрушению деталей цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма. После проведения анализа возникновения причин разрушения и выпадения упорных полуколец на предприятии были выявлены следующие недостатки действующего технологического процесса:

- не выдержан размер ширины пятой коренной опоры коленчатого вала;
- не выдержано требование на полное биение торцов пятой коренной опоры коленчатого вала.

В качестве дополнительных проблем при обеспечении необходимого качества рассматриваемого узла можно отметить отслоение нанесенного на поверхность слоя бронзы по месту сцепления со стальной основой на торцевой поверхности детали и появление трещин в бронзовом слое.

Для устранения указанных проблем были предложены следующие конструктивно-технологические решения:

- произвести ужесточение требований к шероховатости поверхности шейки коленчатого вала до  $Ra \leq 0,2$  мкм для повышения работоспособности упорных полуколец;
- произвести модернизацию конструкции упорных полуколец для обеспечения надлежащей смазки узла и улучшения теплоотвода.

Для реализации предложенных решений была разработана конструкция специального приспособления для токарного станка, что позволило произвести полирование шейки коленчатого вала и обеспечить необходимую шероховатость ее поверхности, а также выполнить в упорных полукольцах дополнительные эквидистантные радиальные маслоподводящие канавки в количестве двадцати штук, для чего был разработан и изготовлен специальный кондуктор.

Предложенные решения совершенствования конструкции и технологии изготовления коленчатого вала показали свою эффективность в стендовых испытаниях, но для полного решения проблемы требуются дополнительные исследования и испытания на стендовых установках.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.Д. Халимоненко

**САФРОНЧУК К.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЗУБЧАТО-ПОРШНЕВОГО МАСЛЯНОГО  
НАСОСА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМАЗОЧНО-  
ЗАПРАВОЧНЫХ РАБОТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО  
ОБСЛУЖИВАНИЯ ГОРНЫХ МАШИН**

**SAFRONCHUK K.A.**

St. Petersburg Mining University

**JUSTIFICATION FOR THE USE OF TOOTHED PISTON OIL PUMP TO IMPROVE  
REFUELLING EFFICIENCY MAINTENANCE WORK ON MINING MACHINES**

Гарантированный нормальный режим функционирования технологических производственных процессов горного производства невозможен без насосов специального назначения, предназначенных для работы с ГСМ (горюче-смазочные вещества).

Гидравлические насосы, при помощи которых выполняются смазочно-заправочные работы, служат для перекачки под давлением различных технологических жидкостей, например, консистентной смазки технологического оборудования производственных линий и агрегатов. В ходе эксплуатации подобного насосного оборудования возникают проблемы, связанные с малыми создаваемыми давлениями и небольшой производительностью. Увеличение данных параметров (давление и производительность) приводит к интенсивному изнашиванию привода червячно-кривошипного узла с образованием свободного хода, повышает динамику износа и снижает его долговечность, что приводит к выходу из работы насоса, а также может вызвать остановку объектов подготовки и сбора смазочных веществ, что в свою очередь приведет к отказам горной техники.

В связи с этим предложено использовать детерминированное возвратно-поступательное движение поршня насоса посредством зубчато-эксцентрикового редуктора со сложным движением приводного и ведомого зубчатых колес для подачи лубриканта поршневым насосом высокого давления в систему смазки при проведении смазочно-заправочных операций ее технического обслуживания на карьере и снижения трудоемкости этих работ.

Для преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное линейное движение поршня в предлагаемом устройстве используются только два зубчатых колеса, что позволяет упростить конструкцию поршневого устройства, обеспечить его компактность при возможности передачи значительных усилий на поршень, и, кроме того, повысить долговечность и надежность работы устройства.

Такой механизм является более компактным, а также КПД передачи, по предварительным оценкам, составит не менее 90%. Помимо всего прочего данный механизм позволит решить проблемы с утечками и существенно сократит время обслуживания, а также позволит добиться экономии реагентов путем обеспечения точности закачки смазочных- веществ и увеличит срок службы насосов путем надежности.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор С.Л. Иванов

**СЕМЕРИКОВ М.Д.**  
Тюменский индустриальный университет

## **ПРИМЕНЕНИЕ СТАТКОМ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**SEMERIKOV M.D.**  
Tyumen Industrial University

### **STATCOM APPLICATION IN THE MINING INDUSTRY**

Горнообогатительные и горнодобывающие предприятия, обычно располагаются далеко от генерирующих электростанций. Питание электроэнергией производится при помощи длинных линий электропередач, которые протягиваются до нескольких сотен километров, что не является положительным моментом. Качество электроэнергии очень важно, так как оно влияет на питание мощных подъемных машин, мельниц полусамозмельчения и других тяжелых нагрузок горных предприятий. При запусках двигателей, провал напряжения может привести к нарушению всех нагрузок завода. Прямым образом провал напряжения влияет на производительность, так как значительно уменьшает крутящий момент двигателя. И ни смотря на то, что даже если горнодобывающие предприятия запитываются от мощных электростанций, им необходимы резервные генераторы для поддержания нужного уровня тока короткого замыкания, что влияет на повышение эксплуатационных расходов.

С целью повышения качества электроэнергии на горнодобывающих предприятиях было предложено использовать СТАТКОМ. В ходе теоретического анализа выявлено, что применение СТАТКОМ дает возможность компенсировать реактивную мощность в режиме реального времени, увеличивается эффективность снижения фликера. Стабилизируется напряжение, что повышает производительность. Таким образом, предлагаемое использование СТАТКОМ позволяет:

- повысить крутящий момент двигателя и увеличить полезную нагрузку;
- повышение мощности производственной у крупных горнодобывающих нагрузок;
- уменьшается количество генераторов при более эффективной емкости короткого замыкания;
- экономия энергии;
- экономия топлива и снижение эксплуатационных затрат.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Е.П. Власова

**СОКОЛОВ Р.А.**

Тюменский индустриальный университет

**РЕЗУЛЬТАТЫ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ СТАЛИ ПОСЛЕ  
РАЗЛИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ**

**SOKOLOV R.A.**

Tyumen Industrial University

**RESULTS OF X-RAY DIFFRACTOMETRY OF STEEL AFTER VARIOUS  
SURFACE TREATMENTS**

Одним из основных факторов, определяющего работоспособность опасных производственных объектов является наличие критических дефектов. При работе с агрессивными средами дефекты строения и структуры возникают из-за процесса коррозионного разрушения материала. Процесс коррозии сложен и многосоставен, так как простое с виду коррозионное разрушение может включать в себя различные механизмы протекания данного процесса, поэтому их необходимо изучать.

Существует большое разнообразие методов, позволяющих определять вид коррозии, степень ее опасности, скорость протекания данного процесса, влияние внешних и внутренних факторов. В современной методологии исследования коррозии известны как разрушающие, так и неразрушающие методы, позволяющие определить ее основные параметры. Однако, несмотря на наличие данных методов все еще остается вопрос о том, какие из факторов участвующих в процесс коррозии в большей степени оказывают влияние на него. Одними из подобных факторов многие авторы выделяют внутренние напряжения и размеры зерен, влияющие к тому же и на образование дефектов кристаллической решётки. Одним из наиболее быстрых способов определения внутренних напряжений и размеров зерен является рентгеновская дифрактометрия.

Однако основным минусом дифрактометрии является то, что глубина проникновения рентгеновского излучения в устройствах, работающих на данном принципе составляет порядка 100 нм, что сопоставимо с глубиной деформации при подготовке образца для проведения исследования и может привести к возникновению ошибки. В настоящей работе была поставлена цель проанализировать какое влияние оказывает обработка поверхности материала на определяемые при помощи рентгеновской дифрактометрии величины внутренних напряжений, размеров зерен, а также попытаться определить величину погрешности измерений при повтором дифрактометрическом сканировании.

Полученные в работе результаты могут быть использованы при описании процессов коррозионного разрушения стали, что позволило бы облегчить поиск весомых физических параметров, свойств, которые послужили бы основой для разработка неразрушающего метода контроля процесса коррозионного разрушения металла.

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор В.Ф. Новиков

**СТАРШАЯ В.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

**АВТОНОМНЫЙ КОМПЛЕКС ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОГРЕВА  
НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН С ПИТАНИЕМ ОТ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
УСТАНОВКИ**

**STARSHAYA V.V.**

St. Petersburg Mining University

**AUTONOMOUS COMPLEX OF ELECTROTHERMAL HEATING OF OIL WELLS  
SUPPLY FROM PHOTOELECTRIC INSTALLATION**

При добыче нефти серьезной проблемой, вызывающей осложнения в работе скважин, является образование парафиновых отложений (ПО) на стенках насосно-компрессорных труб (НКТ). Формирование ПО приводит к снижению пропускного диаметра НКТ, увеличению гидравлического сопротивления, снижению эффективности работы насосных установок и уменьшению дебита нефтяной скважины.

Одним из эффективных способов борьбы с ПО в НКТ являются тепловые методы воздействия на ствол скважины, основанные на способности ПО не образовывать твердой фазы или плавиться при температурах, превышающих температуру кристаллизации.

Решением задачи эффективного теплового воздействия на ствол скважины может стать использование стационарной станции электропрогрева скважины (СЭПС). Прогрев осуществляется с помощью греющего кабеля, размещаемого непосредственно во внутреннем пространстве НКТ в нефтяной скважине, что позволяет осуществлять прогрев любых типов скважин на необходимую глубину.

Целью работы является создание автономного комплекса электропрогрева скважины с питанием от фотоэлектрической установки, для борьбы с парафиновыми отложениями на стенках насосно-компрессорных труб в скважине, на примере нефтяного месторождения «Великое», расположенного в Астраханской области.

По результатам математического и компьютерного моделирования в среде Matlab Simulink были определены энергетические характеристики, конструктивные особенности и состав фотоэлектрической установки с целью равномерного распределения количества солнечного излучения в течении года. Тепловые расчеты выполнены с учетом методики

«ВНИИнефть» для определения температуры насыщения нефти парафином; методики расчета коэффициента теплопередачи в скважине; методики Купцова С.М. для получения распределения температуры нефти на участке ствола скважины.

Таким образом в ходе проведенного исследования показана возможность применение автономных энергокомплексов на базе ФЭУ для электроснабжения станций электропрогрева нефтяных скважин с использованием греющего кабеля. Установлено, что концентрация парафинов в добываемой нефти значительно влияет на требуемую установленную мощность энергоисточников.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Я.Э. Шклярский; к.т.н., доцент А.А. Бельский

**СУХАНОВ А.Е.**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОГРУЗОЧНЫХ ШНЕКОВ ПРОХОДЧЕСКО-ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА «УРАЛ-20Р»**

**SUKHANOVA.E.**

Perm National Research Polytechnic University

### **IMPROVEMENT OF LOADING DRUMS HEADING-AND-WINNING MACHINE «URAL-20R»**

Проходческо-очистные комбайны «Урал» являются основным видом добычных машин на калийных рудниках Российской Федерации и стран СНГ. Данные комбайны оснащены комбинированными породоразрушающими органами бурового типа и погрузочным оборудованием – сдвоенными шнеками и скребковыми конвейерами-перегрузателями.

Процессы резания и перемещения руды сопровождаются её переизмельчением. Наличие пылевидных классов руды крупностью менее 0,25 мм («-0,25 мм») затрудняет работу обогатительных фабрик, обуславливает необходимость выполнения дополнительных операций по обесшламливанию при флотационном обогащении. Сотрудниками кафедры «Горная электромеханика» ПНИПУ установлено, что естественное содержание пылевидных классов в ненарушенном калийном массиве составляет 4...5 %; с конвейера-перегрузателя комбайна подается руда с содержанием 10...12 % труднообогатимых классов, на фабрику же попадает руда, содержащая до 18 % классов крупностью «-0,25 мм».

Установлено, что существенное количество руды измельчается при погрузке из призабойного пространства шнеками комбайнов «Урал». Следовательно, задача обоснования рациональных параметров и совершенствования погрузочных шнеков комбайнов «Урал» является актуальной.

Для расчета производительности шнеков построена математическая модель, включающая в себя основные параметры работы погрузочного оборудования. Разработана схема заполнения поперечного сечения шнека комбайна. По результатам анализа графической схемы определен рациональный коэффициент заполнения шнека в зависимости от диаметра ступицы шнека, уравнение которого представлено ниже:

$$K_{з,рац.} = -31,5d^5 + 56,1d^4 - 36,1d^3 + 9,57d^2 - 0,46d + 0,5,$$

где  $K_{з,рац.}$  – рациональный коэффициент заполнения шнека;  $d$  – диаметр ступицы шнека.

Производительность погрузочного оборудования современных модификации наиболее производительных комбайнов «Урал-20Р» составляет 8 т/мин. Диаметр ступицы шнека составляет  $d = 0,4$  м. Авторами построены зависимости изменения производительности и коэффициента заполнения шнека от диаметра его ступицы. Определено, что рациональная величина диаметра ступицы шнека, обеспечивающая наименьшее переизмельчение руды при погрузке, находится в диапазоне значений 0,23...0,37 м.

Таким образом, расчетным путем доказано, что уменьшение диаметра ступицы погрузочных шнеков от 0,4 м до 0,37 м позволит обеспечить минимальное измельчение руды при работе проходческо-очистного комбайна «Урал-20Р» с номинальной производительностью.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Д.И. Шишлянников

**ТАХТУЕВ Я.А.**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

**РАСЧЕТ НАРАБОТКИ ТАЛЕВЫХ КАНАТОВ ПО ДАННЫМ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ БУРОВЫХ УСТАНОВОК**

**ТАНТУЕВ Я.А.**

Perm National Research Polytechnic University

**CALCULATION OF DRILLING LINE TREATMENT ACCORDING TO THE DATA  
OF MEASURING COMPLEXES OF DRILLING UNITS**

В работе рассмотрено устройство спуско-подъемных комплексов буровых установок. Дано определение наработки талевых канатов и представлен классический метод ее расчета.

В настоящее время большинство буровых установок оснащено системами контроля и мониторинга буровых установок. Предлагается использовать данные о натяжении талевых канатов при выполнении спуско-подъемных операций для автоматического расчета наработки талевых канатов.

Приведено описание современных измерительных комплексов и датчиков, обеспечивающих контроль параметров буровой установки при выполнении спуско-подъемных операций. Представлена схема талевой системы с указанием мест установки датчиков.

Приведен анализ результатов контроля натяжения талевого каната и положения талевого блока при выполнении спуско-подъемных операций. Разработан алгоритм автоматического расчета наработки талевых канатов по регистрируемым данным. Выполнено сравнение полученных результатов автоматического расчета с наработкой талевых канатов рассчитанной по паспортным данным буровой установки.

Выполняемые в настоящее время расчеты наработки талевых канатов по паспортным данным не учитывают фактических нагрузений канатов, не исключают допущения ошибок в расчетах, требуют ведения специальных журналов. Предложенный расчет наработки талевых канатов по данным измерительных комплексов буровых установок обеспечивает более точное определение наработки канатов, исключает влияние человеческого фактора при расчетах, позволяет автоматически создавать базу данных о работе талевых канатов. Результаты автоматического расчета наработки служат основой для прогнозирования ресурса талевых канатов, планирования их перепусков и замены канатов.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент С.В. Воробель

**УШКОВА Т.О.**

Санкт-Петербургский горный университет

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ И УПРАВЛЯЮЩЕЙ  
СИСТЕМЫ ПРОЦЕССОМ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ НЕФТИ С ЦЕЛЬЮ  
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПАРАФИНИЗАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ**

**USHKOVA T.O.**

St. Petersburg Mining University

**DEVELOPMENT MEASURING AND CONTROLING SYSTEM OF  
OIL TRANSPORTATION TO PREVENT PARAFFIN DEPOSITS IN PIPELINES**

Для современной нефтяной промышленности характерна тенденция повышения вязкости добываемой нефти и увеличение доли нефтепроводов, пролегающих в суровых условиях, это приводит к риску возникновения парафиновых отложений и необходимости оснащения системами понижения вязкости и предотвращения образования парафиновых отложений всего оборудования, контактирующего с нефтью.

В настоящий момент не существует средств выявления парафинообразования на ранней стадии и как следствие системы по борьбе с парафиновыми отложениями работают либо с большими коэффициентами запаса, делающими их неоправданно энергоёмкими, либо с большим риском образования парафинового слоя, который снижает эффективность работы оборудования и часто приводит к аварийным разливам нефти. Не смотря на широкое разнообразие методов по борьбе с парафиновыми образованиями, не существует средств выбора оптимального с точки зрения надёжности и экономичности метода борьбы для конкретных климатических условий и определённых сортов нефти в строящихся и модернизируемых нефтепроводах.

Автором научного проекта предлагается создание информационной системы, хранящей и корректирующей граничные условия парафинообразования. Применение данной информационной системы для выработки управляющих нефтепроводом воздействий, с целью не только борьбы но и предупреждения парафинообразования и достижения максимального экономического эффекта. А также создание программы, которая по заданным параметрам строящегося и модернизируемого нефтепровода (характеристикам нефти, климатическим и географическим условиям) сможет выводить оптимальные с точки зрения надёжности и экономичности системы для борьбы с парафинообразованием и рассчитывать её параметры.

На данном этапе исследований автором была выявлена минимальная датчиковая нагрузка нефтепровода, необходимая для сбора данных разрабатываемой информационной системы. Для возможности измерения, ранее неопределяемых параметров, была разработана измерительная система выявляющая парафинообразование на ранних стадиях и измеряющая вязкость. Был разработан алгоритм выработки системой управляющих воздействий, обеспечивающий возможность функционирования системы автоматического управления в период сбора необходимых данных. Были разработаны протоколы для хранения и корректировки информационной системы граничных условий парафинизации, обеспечивающие минимизацию необходимого пространства в памяти системы и нагрузки на процессор.

Разрабатываемые измерительная, управляющая и информационная системы не имеет аналогов, ввиду невозможности сбора необходимых данных существующими измерительными системами. Применение разработанной технологии сделает транспор-



тировку нефти более рентабельной и энергоэффективной, а также снизит риск образования аварийных разливов и продлит срок эксплуатации трубопроводов.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.В. Коптева

**ФЕВРАЛЕВА В.С.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ НИКЕЛЯ НА ДЛИТЕЛЬНОСТЬ АУСТЕНИТНО-ПЕРЛИТНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ**

**FEVRALEVA V.S.**

St. Petersburg Mining University

## **STUDYING THE EFFECT OF NICKEL CONTENT ON THE DURATION OF THE TRANSFORMATIONS**

Основным конструкционным материалом для изготовления крупных изделий ответственного назначения являются стали Cr-Ni-Mo-V композиции, обладающие уникальным сочетанием сквозной прокаливаемости, равномерно высокими механическими свойствами по всему сечению деталей, высокой прочностью при высокой пластичности и вязкости.

Промежуточное превращение аустенита сопровождается образованием игольчатого рельефа, подобного мартенситному. Исследования рельефа указывают на медленный рост кристаллов  $\alpha$ -фазы при промежуточном превращении. Малая скорость роста кристалла  $\alpha$ -фазы бейнита позволяет предполагать, что она определяется диффузионным отводом углерода от растущего кристалла в окружающий аустенит.

Неотъемлемым элементом промежуточного превращения аустенита диффузионное перераспределение углерода. Малая скорость роста кристаллов  $\alpha$ -фазы и диффузионное перераспределение углерода в ходе превращения позволяют предполагать, что скорость роста определяется скоростью отвода углерода от растущего кристалла на его фронте как процесса, приводящего к релаксации внутренних напряжений. Понижение концентрации углерода перед фронтом растущего кристалла  $\alpha$ -фазы и релаксация напряжений обеспечивают возможность мартенситного  $\gamma \rightarrow \alpha$  перехода при превращении аустенита в промежуточной области.

Увеличение концентрации никеля повышает устойчивость аустенита и смещает верхнюю границу превращения к более низким температурам. Повышается склонность  $\gamma$ -фазы к переохлаждению и увеличивается её устойчивость; снижается верхняя граница превращения и все линии диаграммы смещаются вправо.

Структура стали в общем виде в результате промежуточного превращения может состоять из мартенситной  $\alpha$ -фазы, остаточного аустенита, карбидных частиц.

Увеличение содержания никеля в составе стали способствует увеличению длительности инкубационного периода до начала аустенитно-перлитного превращения. Время до начала реализации перлитного превращения стали состава №1 с 1,57% Ni составляет 1 час, стали состава №2 с 2,80% Ni – 2,1 часа, стали состава №3 с 3,68% Ni – 27,8 часа.

**Научный руководитель:** к. п. н., доцент Л. Г. Борисова

**ХВИЮЗОВА Д.А.**  
Санкт-Петербургский Горный университет

**РАЗРАБОТКА ФИЛЬТРА-УСИЛИТЕЛЯ УСТРОЙСТВА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ  
ОБРАБОТКИ СИГНАЛА ШУМОПЕЛЕНГОВАНИЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО  
КОМПЛЕКСА (ГАК)**

**HVIYUZOVA D.A.**  
St. Petersburg Mining University

**DEVELOPMENT OF A FILTER AMPLIFIER OF A DEVICE FOR PRELIMINARY  
PROCESSING OF A SIGNAL FOR PASSIVE LISTENING MODE OF A  
HYDROACOUSTIC COMPLEX**

Разработка фильтра-усилителя необходима для дальнейшего использования сигналов, поступающих на антенну подводных лодок и надводных кораблей, которые сопровождаются шумами (как самих кораблей, так и окружающей среды).

Главными параметрами разрабатываемого фильтра являются: коэффициент передачи усилителя- 40 дБ; полоса пропускания усилителя по уровню -3 дБ от 0,5 до 10 кГц; затухание на частотах ниже 500 Гц и выше 10 кГц не менее 12 дБ/окт.

В состав входят: согласующее устройство (в нашем случае это трансформатор); входные усилители; фильтры высоких и низких частот; нагрузка. Для фильтрации сигнала будем использовать активные RC-фильтры, которые реализуются на основе операционных усилителей и пассивных RC-фильтров.

Поскольку в требованиях указано, что затухание на частотах ниже 500 Гц и выше 10 кГц должно быть не менее 12 дБ/окт, то могут быть применены фильтровые звенья второго порядка и выше. Для реализации был выбран фильтр второго порядка Баттерворта, который описывает АЧХ с максимально плоской частью в полосе пропускания и относительно небольшой скоростью спада. Для моделирования взяли вариант представления схемы в виде звеньев Саллена-Кея.

Разработанный усилитель состоит из двух усилительных каскадов и двух фильтровых звеньев Саллена-Кея. Два идентичных усилительных каскада, с коэффициентами усиления по 10, дают общий коэффициент передачи равный 100. Каждый усилительный каскад построен по схеме с инвертирующим включением ОУ и имеет ООС по току. Далее стоит ФНЧ с частотой среза 10 кГц и наклоном АЧХ в области затухания 12 дБ/окт. Затем ФВЧ с частотой среза 0,5 кГц и с аналогичным наклоном АЧХ. В первом усилительном каскаде, как правило, устанавливают ОУ с низким уровнем собственных электрических шумов, потому что он вносит основной вклад в общий уровень собственных электрических шумов всей схемы. В связи с этим собственными шумами ОУ последующих каскадов можно пренебречь. При разработке усилительного канала в АПО сигналов ГАК всегда учитывается эквивалентная емкость антенны, сигнал с которой поступает на вход фильтра-усилителя.

Полученная амплитудно-частотная характеристика соответствует вышеописанным требованиям, что и являлось главной задачей при разработке данного типа устройства. Отсюда следует вывод, что разработанный фильтр-усилитель может использоваться в ГАК.

**Научный руководитель: к.т.н., ассистент А.А. Белицкий**

**ХОХЛОВА Е.Д.**  
Санкт-Петербургский Горный университет

**ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ КРИОГЕННЫХ ГАЗИФИКАТОРОВ  
МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ**

**KNOKHLOVA E. D.**  
St. Petersburg Mining University

**DIAGNOSTICS OF THE STATE OF CRYOGENIC GASIFIERS BY THE  
ACOUSTIC EMISSION METHOD**

Криогенные газификаторы представляют огромный практический интерес, так как служат для транспортировки природного газа - наиболее экологически чистого и экономически эффективного энергоресурса. Обеспечение безопасной транспортировки природного газа обуславливается необходимостью контроля состояния данных сосудов давления, их качественной диагностики и достоверной оценки ресурса. Криогенные газификаторы состоят из наружного и внутреннего сосудов. Основному контролю подвержен внутренний сосуд, вакуумно-изолированный внешним. Так как конструкция обеспечивает полную герметичность, установка датчика на внутренний сосуд без разрушения внешнего невозможна, что делает его сложно контролируемым объектом. Предпочтительность использования метода акустической эмиссии (АЭ) объясняется возможностью регистрации сигнала посредством установки АЭ преобразователей к патрубкам, исходящих из внутреннего сосуда и служащих акустическими волноводами. Поскольку патрубки располагаются в разных точках сосуда и имеют различную протяжённость, возникает проблема расшифровки данных, полученных в условиях существенного влияния дестабилизирующих факторов, когда традиционные критерии опасности АЭ, основанные на регистрации числа импульсов или амплитуды сигналов АЭ, не являются достоверными диагностическими параметрами. В связи с этим актуальной является задача разработки методики АЭ диагностирования, позволяющей исключить зависимость от дестабилизирующих факторов и обеспечить оценку остаточного ресурса.

В качестве решения предлагается информационно-кинетический подход к акустико-эмиссионному диагностированию, согласно которому АЭ контроль должен осуществляться в условиях метрологической и прочностной однородности, а ресурс длительно нагруженных материалов определяется моментом накопления критической концентрации микротрещин упругого протекающего процесса микротрещинообразования. Положенная в основу подхода многоуровневая микромеханическая модель временных зависимостей параметров АЭ подразумевает анализ как процесса разрушения, так и условия регистрации сигналов и связанных с ними дестабилизирующих факторов. При переходе между каналами регистрации вариативным является конкретный параметр модели - акустико-эмиссионный коэффициент (АЭК), зависящий от функции распределения амплитуд, содержащий в себе информацию об аддитивных помехах. Кратковременная стабилизация в пределах одного канала за период нагружения и регистрации позволяет при соответствующей математической обработке результатов регистрации освободиться от влияния АЭК. Таким образом, из временной зависимости числа импульсов, вытекают АЭ показатели прочности, свободные от АЭК и потому устойчивые к влиянию помех, что создает благоприятные условия для диагностики, снимает неопределенность модели и обеспечивает её эффективное использование.

Таким образом, применение информационно-кинетического подхода АЭ позволяет сократить влияние факторов различного масштабного уровня на регистрацию сигналов материала, что стабилизирует и оптимизирует контроль криогенных газификаторов.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор В.В. Носов.

**ЧЕРКАСОВ С.О.**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

**ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПРОВОДНИКОВОГО АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА AL-7%РЗМ, ПОЛУЧЕННОГО ЛИТЬЕМ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ**

**CHERKASOV S.O.**

National University of Science and Technology "MISiS"

**INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF AN AL-7% REM CONDUCTIVE ALUMINUM ALLOY CASTED IN AN ELECTROMAGNETIC CRYSTALLIZER**

В работе проведен сравнительный анализ проволоки, полученных различными способами из термостойкого проводникового сплава Al-7%РЗМ, а именно: литьем в электромагнитном кристаллизаторе (ЭМК) и с использованием гранульной технологии (RS/PM). Изучено влияние температуры отжига (до 600 °С включительно) на структуру прутков сплава Al-7%РЗМ, полученных по технологии ЭМК. Проанализированы механические свойства и удельное электрическое сопротивление термостойкой алюминиевой проволоки. Показано, что проволока, полученная из прутка, отлитого в электромагнитном кристаллизаторе по физико-механическим свойствам не уступает проволоке, полученной по гранульной технологии.

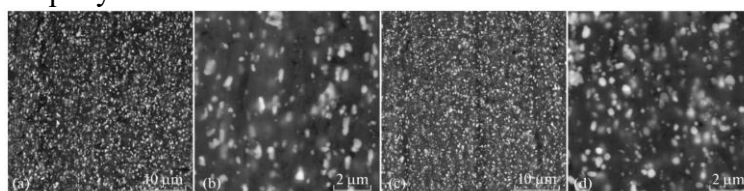


Рисунок 1 - Микроструктура 1-мм проволоки, изготовленной из 9.5-мм прутка сплава 01470, СЭМ: а, б) проволока не подвергнутая термообработке; с, d) проволока отожженная при 400°С, 3 часа

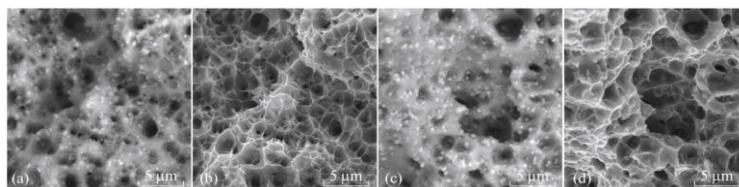


Рисунок 2 — Структура излома 1-мм проволоки, изготовленной из 9.5-мм прутка сплава 01470, СЭМ: а, б) проволока не подвергнутая термообработке; с, d) проволока отожженная при 400°С, 3 часа

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор Н.А. Белов

**ШАРАФУТДИНОВА Г.Р.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**РАЗРАБОТКА ФЛЮСА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОВЕРХНОСТИ ЛЕГКОПЛАВКОГО  
РАСПЛАВА**

**SHARAFUTDINOVA G.R.**  
St. Petersburg Mining University

**DEVELOPMENT OF FLUX FOR THE PROTECTION OF FUSIBLE MELT**

Диффузионные металлические покрытия обладают высокими защитными свойствами, поэтому широко используются в промышленности и переработке сырья для защиты сплавов от коррозионного воздействия различных сред.

Технология диффузионного насыщения происходит при постоянной температуре в среде легкоплавкого металла, содержащей в своем объеме один или несколько диффундирующих элементов, на базе которых формируются диффузионные покрытия. При использовании открытых электропечей типа СНОЛ, расплав и покрываемое изделие необходимо защищать от окисления в атмосфере печи, устранить испарение транспортного расплава.

При проведении опытов изделия из стали 20 выдерживали в среде свинца, содержащего в своем объеме диффузионный элемент никель при температуре 800-950°C в течение 4 часов. При использовании буры и флюса  $\text{CaO-Li}_2\text{CO}_3\text{-B}_2\text{O}_3$  получилось качественное покрытие более 20мкм. При использовании защитной смеси  $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$  покрытие получилось несплошное.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент А.В. Сивенков

**ЮРЧЕНКО М.А.**  
Тюменский индустриальный университет

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ «КУМА» АО «ТРАНСНЕФТЬ -  
СИБИРЬ»**

**YURCHENKO M.A.**  
Industrial University of Tyumen

**IMPROVEMENT OF METROLOGICAL ASSURANCE FOR «KYMA» OIL  
PUMPING STATION OF «TRANSNEFT- SIBERIA»**

Данная статья посвящена вопросам совершенствования метрологического обеспечения нефтеперекачивающей станции «Кума» АО «Транснефть - Сибирь». Проведен анализ процедуры поверки средств измерений на станции, выявлена ключевая проблема и представлено предложение по совершенствованию метрологического обеспечения для этого подразделения компании. Определена и обоснована необходимость создания обменного фонда средств измерений. Рассмотрено определение понятия «обменный

фонд средств измерений», процедура его создания и срок окупаемости этого нововведения. Приведен вывод о роли обменного фонда в обеспечении точности измерений.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент М.С. Остапенко

**ЯНКО Я.Ю.**

Норильский государственный индустриальный институт

## **РАЗРАБОТКА МНОГОСТУПЕНЧАТОГО НАСОСНОГО РЕДУКТОРНО-МУЛЬТИПЛИКАТОРНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА**

**YANKO YA.YU.**

Norilsk State Industrial Institute

### **DEVELOPMENT OF MULTI-STAGE PUMP REDUCTION-MULTIPLICATOR HYDRAULIC DRIVE**

В ряду широко используемых гидроприводов находится простой насосный привод, имеющий достаточный высокий к.п.д (0,6...0,8), малые габариты, простое управление. Существенным недостатком этого привода является значительная установочная мощность насосов, которая не полностью используется на значительном интервале рабочего цикла. Для компенсации этого недостатка предусматривают кратковременную работу приводных двигателей насосов с перегрузкой, устанавливают насосы с несколькими ступенями давления и подачи, используют маховичный привод насосов и др. Известно также, что эту задачу может решить включение в состав насосного привода гидравлических редуктора и мультипликатора, которые функционируют соответственно при холостом и рабочем ходе. Известны два варианта такого привода: двухскоростного и трёхскоростного. В первом варианте используется редуктор при холостом ходе (редукторная ступень) и мультипликатор при рабочем ходе (мультипликаторная ступень). Во втором варианте на начальной части рабочего хода дополнительно используется промежуточная насосная ступень.

В данной работе предлагается использовать разработку с блочным многоступенчатым редуктором-мультипликатором в составе одного входного цилиндра и нескольких (два и более) выходных цилиндров с распределителями для их отключения от силового цилиндра. В итоге обеспечивается ступенчатое изменение соотношения площадей плунжеров выходных цилиндров, подающих жидкость в силовой цилиндр с площадью плунжера входного цилиндра, т.е. обеспечивается изменение ступеней скорости, как редукторных, так и мультипликаторных. Общее число ступеней ( $n$ ) определяется как  $n=2m-1$ , где  $m$  - число выходных цилиндров. С использованием насосной ступени  $n=2m$ , где  $m$  - число выходных цилиндров. С использованием насосной ступени  $n=2m$  (например, при  $m=2$ ,  $n=4$ ; при  $m=3$ ,  $n=8$ ). Таким образом работа насоса простого привода приближается к работе идеального насоса, что обеспечивает значительное снижение его мощности.

Разработана схема простого многоступенчатого насосного привода.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент, зав. кафедрой С.С.Пилипенко

**Секция 8. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ,  
ПРИРОДООХРАННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ПРИНЦИПЫ  
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**АЛЬКОВ И.С.**

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева

**СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ЛИКВИДАЦИИ  
УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

**ALKOV I.S.**

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

**WAYS TO SOLVE ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF COAL MINE  
ELIMINATION**

Основными факторами негативного воздействия на окружающую среду ликвидируемых шахт являются прекращение добычи, в результате чего образуется геологическая структура, не соответствующая природному ландшафту, затопление отработанных шахт, сопровождающееся глубоким негативным воздействием на подземные и поверхностные воды, загрязнение твердыми и жидкими отходами, к которым относятся отвалы, открытые угольные склады, отстойники, занимающие обширную территорию, которые являются интенсивными источниками загрязнения вод, атмосферного воздуха, нарушенные земли, которые не могут быть использованы в его нынешнем виде и подлежат рекультивации.

В работе рассматриваются факторы, основные виды негативного воздействия ликвидированных шахт на окружающую среду, последствия и технические решения для их предотвращения:

1. Выход шахтных вод от затопленных шахт в смежные действующие шахты, загрязнение водозаборных сооружений и вод, которые могут быть использованы для питьевого водоснабжения, выход загрязненных шахтных вод в поверхностные водоемы и рельеф, образование углублений, провалов, оползни, разрушение зданий и сооружений, вытеснение шахтных газов из затопленных горных выработок на поверхность и накопление газов в подвалах зданий, низинах – создание водостойких перемычек, поддержание уровня затопления на заданной высоте за счет откачки шахтных вод, строительство дренажей на действующих шахтах; сбор и очистка шахтных вод, отвалов, откачка шахтных вод в глубокие горизонты; укрепление фундаментов зданий, заполнение провалов; строительство дренажных систем; контроль выброса шахтных газов, газовая изоляция подвалов зданий вентиляция подвалов

2. Разрушение промышленных площадок, магистралей, ЛЭП, зданий и сооружений – демонтаж неиспользуемых зданий и сооружений, очистка промышленных площадок;

3. Техногенные формы ландшафта, выброс пыли и газообразных вредных веществ, особенно при пожаре или самовозгорании, образование грязных стоков – тушение горящих отвалов пород и очагов самовозгорания, проведение профилактических мероприятий, рекультивация территории; сбор и очистка сточных вод;

4. непригодность земли для хозяйственного использования – восстановление земель для их последующего использования

Экологические последствия ликвидации шахт должны быть рассчитаны заранее на стадии проектирования и основываться на данных экологического мониторинга.

**Научный руководитель:** к.э.н., доцент Т.А. Тюленева

**АШУРОВ М.А.**

Тюменский индустриальный университет

## **УТИЛИЗАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ШЛАКА КАК ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ**

**ASHUROV M.A.**

Tyumen Industrial University

### **DISPOSAL OF METALLURGICAL SLAG AS AN TECHNOGENIC RAW MATERIAL**

Ресурсосбережение, обеспечение экологической безопасности, рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды в настоящее время являются приоритетными направлениями в рамках реализации курса на устойчивое развитие РФ. Рассмотрим одну из нерешенных задач на федеральном и региональном уровнях – это создание инновационной, технико-экономической системы, позволяющей минимизировать количество отходов, подлежащих в настоящее время складированию и накоплению в отвалах. Реальным путем решения вопроса является разработка новых технологических решений по использованию техногенных отходов в качестве сырьевых ресурсов для производства строительных материалов, изделий и конструкций.

Разработка минерального вяжущего по свойствам альтернативного или существенно превалирующего над свойствами портландцемента на основе техногенных отходов является одной из актуальных задач, после решения которой можно снизить или исключить применение природного сырья. Важным аспектом применения техногенного сырья в производстве является уменьшение земельных площадей, извлеченных в настоящее время из полезного пользования, снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду, включая ликвидацию выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу.

В качестве минерального вяжущего, состоящего на 90-95% из отходов производства и нетрадиционного сырья, в мировой практике рассматривают геополимерные материалы. Основным сырьем для производства которых являются промышленные алюмосиликатные и силикатные отходы: метаксаолин, зола, доменный шлак, кальцинированные сланцы, микрокремнезём и ряд других отходов.

В работе изучены свойства и определены технологические параметры производства геополимерцемента (ГПЦ), как продукта готового к применению для производства бетонов и растворов. Поэтапно изучены: реологические свойства, кинетика твердения, прочность и долговечность камня в зависимости от химического состава и модульных характеристик шлака, величины удельной поверхности в интервале от 320-600 м<sup>2</sup>/кг; влияния щелочных компонентов различного состава на физико-механические свойства камня, во взаимосвязи с синтезом новообразований. На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы: твердение геополимербетона протекает по полиструктурному типу. В формировании кристаллических фаз участ-



вуют кристаллические фазы шлака, реакционная способность которых зависит от дисперсности, формирование полимерных фаз в основном обеспечивается за счет шлакового алюмосиликатного стекла, практически весь натриевый щелочной активатор связывается в полимерной матрице геополимербетона.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Г.А. Зимакова

**БЕЛОУСОВ С.С., ПОПОВА Т.А.**

Уральский государственный горный университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВ И ГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ И В ПРЕДЕЛАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРОБЛАГОДАТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

**BELOUSOV S.S., POPOVA T.A.**

Ural State Mining University

**SOIL AND SOIL INVESTIGATION IN THE TERRITORY DEPLOYMENT AND WITHIN EXPOSURE GOROBLAGODATSKY DEPOSIT TO THE ENVIRONMENT**

При экологическом мониторинге территорий одним из информативных объектов изучения является почвенный покров, который аккумулирует загрязняющие вещества на протяжении длительного периода. Специфика вещественного состава и физико-химических параметров почв позволяют относить их к наиболее чувствительным индикаторам загрязнения ландшафтов.

Объектом исследований является Гороблагодатское скарново-магнетитовое месторождение, которое разрабатывается с середины 18 века открытым и подземным способами.

Основным фактором геохимических изменений в почвах, расположенных вблизи горнодобывающих объектов, является состав руд. По минералогическому и химическому составу на Гороблагодатском месторождении выделяются два типа первичных руд. Преимущественным распространением пользуются скарновые руды. Химический состав руд (%): Fe (вал.) – 22,4-57,4; TiO<sub>2</sub> – 0,47-0,74; MnO – 0,79-1,51; V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,016-0,057; S – 0,38-1,38; P – 0,047-0,097; Cu – 0,19-0,25.

Геоэкологическое опробование почв и грунтов на объекте выполнялось для определения химического состава и степени загрязнения, оценки фоновых уровней. Пробы почвы отбирались из генетического горизонта А на нарушенных участках, из горизонтов А, В и С – на ненарушенных. Общее количество проб составило 126, отобранных на 76 пунктах, включая 6 проб для оценки фоновых уровней, отобранных на двух пунктах вне сферы локального антропогенного воздействия.

С целью выявления связей между исследованными параметрами и определения факторов, влияющих на их распределение, выполнены корреляционный, кластерный и факторный анализы.

Корреляционный анализ позволил установить, что по наличию корреляционных связей между геохимическими элементами пробные почвенные горизонты значительно различаются.

Выполненный корреляционный анализ отражает только наличие связей между парами показателей и не дает представление о картине в целом. Для этих целей выпол-

нен кластерный анализ, который позволил сгруппировать взаимосвязанные пары показателей в кластеры и построить дендрограммы.

По результатам кластерного анализа выявилось несколько групп (кластеров) взаимосвязанных параметров, по которым почвенные горизонты также различаются.

Факторный анализ, выполненный на основе корреляционной матрицы, позволил выделить от одного четыре значимых фактора, влияющих на распределение геохимических показателей для различных генетических горизонтов почв.

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор В.А. Елохин

**ВОЛОДИНА Д.А.**

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

**ОЦЕНКА АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ЗОНАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ЦЕМЕНТНЫХ ЗАВОДОВ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА  
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРИРОДООХРАННЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ (ЮГ  
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)**

**VOLODINA D.A.**

National Research Tomsk Polytechnic University

**AEROTECHNOGENIC POLLUTION ASSESSMENT IN THE IMPACTED AREAS  
OF CEMENT PLANTS ON THE BASIS OF SNOW COVER STUDY TO DEVELOP  
THE ENVIRONMENTAL PROTECTION DECISIONS (THE SOUTH OF WESTERN  
SIBERIA)**

В городах юга Западной Сибири расположены крупные предприятия по производству цемента – источники эмиссии значительных объёмов твердых частиц.

Целью данной работы является проведение экологической оценки состояния атмосферного воздуха в зонах воздействия цементных заводов гг. Топки и Искитим для разработки природоохранных рекомендаций с использованием снегового покрова.

В 2016 и 2019 годах был осуществлен отбор и подготовка 31 пробы снегового покрова в зонах воздействия цементных заводов. Объектом исследования являлась нерастворимая фаза снега, представляющая собой твердые частицы, осевшие из атмосферы на снеговой покров.

Анализ данных показал, что пылевая нагрузка на жилые районы города характеризуется низкой в то время как в зоне воздействия завода г. Топки – очень высокой, а г. Искитим – средней степенью загрязнения, что приводит к формированию опасной экологической ситуации. Перенос пылевых частиц распространяется на расстояниях более 2 км от заводов.

Минеральная составляющая представляет собой минералы кальцита ( $\text{CaCO}_3$ ) и кварца ( $\text{SiO}_2$ ), а также минералы цементного клинкера – брунмиллерита ( $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_5$ ) и хатрурита ( $\text{Ca}_3(\text{SiO}_4)\text{O}$ ) (данные рентгеновской дифрактометрии), а техногенная – цементную пыль (данные бинокулярного микроскопа).

По результатам сканирующей электронной микроскопии в пробах были найдены микрочастицы, содержащие Ca, Al, Si, Fe, Pb с размерами от 1,8 мкм до 64,5 мкм, которые могут быть опасными для здоровья населения.

Исследование химического состава проб с помощью ИНАА и ИСП-МС показало высокие содержания кальция. Еще в пробах из зоны воздействия г. Искитима в повышенных концентрациях накапливаются Hg, Tl, As, Sb, Co, Zn, Cd.

На основе полученных результатов для снижения пылевых выбросов в воздух можно рекомендовать оснащение газоочистными установками (электрофильтры, рукавные или гибридные фильтры); осуществление постоянного контроля за состоянием обеспыливающего оборудования согласно справочникам наилучших-доступных технологий (НДТ 8); сократить выбросы пыли от неорганизованных источников, используя перегородки и стены из вертикальных зеленых насаждений, а также с помощью водного опрыскивания для подавления пыления (НДТ 9).

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент А.В. Таловская

**ГАНИЧЕВ П.А.**

Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

**GANICHEV P.A.**

North-West Public Health Research Center

## **ENSURING HYGIENIC AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF UNDERGROUND WATER RESOURCES**

В настоящее время в Российской Федерации создана и функционирует многоуровневая модель организации управления качеством и безопасностью питьевой воды, соответствующая рекомендациям ВОЗ. В модели выделены рубежи охраны водоемных источников, одним из которых являются зоны санитарной охраны (ЗСО). Без их установления устойчивое развитие регионов невозможно. Особенно это становится значимым в условиях экономической свободы хозяйственной деятельности, многоукладности форм собственности и организации хозяйства.

В настоящее время основными источниками ухудшения качества воды подземных водоносных горизонтов являются их усиленная эксплуатация, подсос воды из выше или ниже лежащих горизонтов, а также загрязнение промышленными сточными водами или отходами инфильтрации их из накопителей. В соответствии с законодательством для ЗСО, как зоны особыми условиями использования территорий, устанавливается особый санитарно-эпидемиологический режим. Этот режим обеспечивается мероприятиями в ЗСО и ограничениями хозяйственной деятельности. При выполнении процедуры установления и направления сведений о координатах характерных точек границ с описанием ограничений хозяйственной деятельности в Росреестр, мероприятия по охране источника обретают юридическую силу и начинают учитываться при осуществлении хозяйственной деятельности. Надо отметить, что созданная в настоящее время система защиты водных ресурсов, используемых для питьевых и хозяйственно-бытовых целей дает существенные сбои, что обусловлено быстро меняющимся законодательством, наличием устаревших и многообразия ведомственных нормативных актов, с несогласованными требованиями. На практике это отсутствие требований: к составу проекта ЗСО, перечню основных и дополнительных параметров, которые используются

при расчетах, по обоснованию требований к сокращению границ и размеров. Значимым элементом в правоприменительной практике являются определения, которые обозначают ресурсы и характер их использования. Если в эти термины вкладывается различный смысл, то возникают противоречия между смыслом и реальным миром.

Поэтому актуальной и важной задачей является уточнение терминов таких как «централизованное водоснабжение» и «нецентрализованное водоснабжение», а также согласование документов различных ведомств в целях предупреждения в них противоречий и неправильного толкования правил. Решение данной задачи позволит защитить столь значимые ресурсы как питьевая вода от антропогенного влияния, обеспечит рациональное использование и охрану водных ресурсов.

**Научный руководитель:** к.м.н., Г.Б. Еремин

**ЕЛЕУРОВ Р.Ц.**

Северо-Кавказский горно-металлургический институт  
(государственный технологический университет)

### **РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ**

**Eleurov R.T.**

North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University)

### **CARBON WASTE RECYCLING**

В работе предлагается анализ мирового рынка твердых сплавов, обоснование необходимости переработки отходов твердых сплавов, уникальная запатентованная авторская технология по переработке отходов твердых сплавов, сравнение с мировыми аналогами и экономический эффект.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент И.Г. Троценко

**ЗАЙЦЕВА Е.А.**

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

### **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕКТОРА В РОССИИ**

**ZAITSEVA E.A.**

National University of Oil and Gas «Gubkin University»

### **MODERN TECHNOLOGIES FOR OIL AND GAS SECTOR WASTE MANAGEMENT IN RUSSIA**

Обращение с отходами нефтегазового сектора находится в числе наиболее значимых экологических аспектов, связанных с рисками загрязнения компонентов окружающей среды и негативным влиянием на здоровье человека. Отходы отрасли образуются на всех технологических этапах и операциях добычи, транспортировки, хранения,

переработки и реализации нефти и нефтепродуктов, а также включают накопленный экологический ущерб, объемы которого с трудом поддаются оценке. Поэтому поиск эффективных и современных технологий, способствующих решению проблемы накопления и образования нефтесодержащих отходов (далее – НСО), является актуальной задачей.

При всем многообразии характеристик различных НСО, среди них можно выделить следующие группы:

- нефтешламы, образующиеся при бурении скважин и использовании буровых растворов;
- шламы очистки трубопроводов и резервуаров от нефти и нефтепродуктов;
- шламы установок подготовки нефти;
- шламы водоочистных сооружений;
- отходы ликвидации разливов нефти;
- нефтяные линзы.

Практически все существующие технологические решения направлены на уничтожение НСО, а не на их переработку. Нерациональный подход к обращению с такими отходами подразумевает огромные энергетические и финансовые затраты, а также приводит к потере большого количества потенциального сырья для получения новых продуктов и образованию вторичных отходов, которые представляют собой самостоятельную проблему.

В работе предложена классификация НСО, рассмотрены основные методы и технологии, используемые при утилизации и переработке, а также предложены актуальные технические решения, позволяющие перерабатывать НСО с целью извлечения из них ценных углеводородных компонентов и получения на их основе полезных продуктов для использования в различных областях промышленности.

Необходимо пересмотреть существующие в отрасли модели обращения с НСО и выбрать путь более глубокой их переработки. Это позволит совместить утилизацию экологически вредных веществ с получением товарных и материальных ресурсов.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент И.С. Еремин

**ЗИМНУХОВ М.А., ПЛОТНИКОВА А.Е.**

Тюменский индустриальный университет

**ПРИМЕНЕНИЕ СОЛЕУСТОЙЧИВЫХ ШТАММОВ КЛУБЕНЬКОВЫХ  
БАКТЕРИЙ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ  
В УСЛОВИЯХ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**ZIMNUKHOV M.A., PLOTNIKOVA A.E.**

Tyumen Industrial University

**THE USE OF SALT-RESISTANT STRAINS OF NODULE BACTERIA FOR  
THE RECLAMATION OF WASTE HYDROCARBONS IN THE CONDITIONS OF  
THE TYUMEN REGION**

Большие объемы добычи углеводородов на территории Тюменской области привели к значительным накоплениям буровых шламов. В настоящее время обезврежи-

вание отходов добычи нефти заключается в захоронении их в шламовых амбарах, что не может гарантировать экологическую безопасность в будущем. По этой причине в Тюменской области остро стоит проблема рекультивации территорий, занятых отходами добычи углеводородного сырья. Главная сложность заключается в засолении шламов, что способствует деградации почвы и уничтожению экосистем.

На сегодняшний день данные территории не подлежат рекультивации или рекультивируются посредством высадки травосмесей. Травосмесь представляет собой сочетание различных видов растений, преимущественно однолетних. Поскольку в почве отсутствуют необходимые питательные вещества, происходит гибель высаженных растений. В связи с этой проблемой необходимо вводить микроорганизмы, способствующие образованию различных питательных веществ. Такими микроорганизмами выступают солеустойчивые штаммы клубеньковых бактерий. В процессе их жизнедеятельности происходит фиксация азота на корнях бобовых культур, что увеличивает количество питательных веществ и повышает выживаемость растений в агрессивной среде.

В исследовании рассмотрены восемь видов засолений, выбранных в соответствии с химическим составом рекультивируемого отхода:  $MgSO_4$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $NaCl$ ,  $NaHCO_3$ ,  $Na_2CO_3$ , сульфатно-содовое, сульфатно-хлоридное засоления и засоление с гипсом. Опыт проводился на трёх штаммах клубеньковых бактерий: 340б, 348а и 1360. Для испытания были выбраны две бобовые культуры: люпин и клевер.

В результате исследования получены данные по выживаемости штаммов клубеньковых бактерий при различных концентрациях выбранных засолений, что позволяет выявить наиболее перспективный вариант для рекультивации отходов добычи углеводородного сырья.

**Научный руководитель:** старший преподаватель О.Ш. Белявская

**МУХАМЕТШИНА Э.Р.**

Тюменский индустриальный университет, филиал в г. Нижневартовск

## **ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД ОБЪЁМНОЙ ОЦЕНКИ И ПАСПОРТИЗАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЁННЫХ УЧАСТКОВ**

**MUKHAMETSHINA E.R.**

Tyumen Industrial University, branches of Nizhnevartovsk

## **INNOVATIVE METHOD OF VOLUMETRIC ASSESSMENT AND CERTIFICATION OF OIL -CONTAMINATED SITES**

В статье описывается инновационный метод объёмной оценки и паспортизации нефтезагрязнённых земельных участков, позволяющий дать более точную оценку по объёмным содержаниям нефтезагрязнений, концентрации хлоридов и pH. Данная методика подразумевает построение 3D-моделей, табличную систематизацию концентраций и объёмов нефтезагрязнений, усовершенствование паспортизации выше указанных участков с помощью специальных QR-кодов и созданных нами парцелл-кодов. Описываемая нами методика позволяет облегчить и в то же время повысить объективность паспортизации нефтезагрязнённых земельных участков, отразить качественные и коли-

чественные объёмно-временные параметры участков, повышает удобство, оперативность и надёжность учёта, передачи и хранения данных.

На сегодняшний день на нефтедобывающих предприятиях нашей страны остаётся актуальной проблема, связанная с малой эффективностью рекультивационных работ на нефтезагрязнённых участках. Затруднения вызваны отсутствием пространственно-упорядоченных представлений о том, где и как распределены загрязнения, какова их концентрация и объёмные параметры в почво-грунтах. Обозначенная проблема влечёт за собой нерациональную трату финансов. Как правило, отдача от затраченных средств не превышает 30%.

Для решения этих проблем мы предлагаем методику представления загрязнений в виде 3D-моделей, табличной систематизации их концентраций и объёмов, создание QR-кодов и парцелл-кодов. Шкалирование табличных сведений обуславливает цветность содержания объёмных моделей. Описываемая методика позволяет осуществлять дифференциацию участков и их части на рекультивационные группы. Они ориентируют на адресное использование выделяемых финансов. Табличная систематизация и пространственно-упорядоченные представления результатов исследований продуцируют синергетический эффект. Он проявляется в получении более точной оценки состояния нефтезагрязнённых участков, повышении эффективности рекультивации, продуктивном использовании финансов. А создание QR-кодов и парцелл-кодов позволяют облегчить процесс учёта и паспортизации нефтезагрязнённых земельных участков.

**Научный руководитель:** к.г.н., доцент И.С. Аитов

**НОСАРЕВ Н.С., КЛИМАВИЧУС Я.Э.**  
Тольяттинский Государственный Университет

### **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ**

**NOSAREV N.S., KLIMAVICHUS YA.E.**  
Togliatti State University

### **DEVELOPMENT OF MOBILE TECHNOLOGY FOR THE DISPOSAL OF OILY WASTE**

В настоящее время одной из ключевых отраслей Российской Федерации является топливная промышленность. Ежегодно добыча нефти и газа растёт, за 2018 год было добыто 555 млн. тонн нефти и 733 млрд. м<sup>3</sup> газа.

Проблема нефтегазовой отрасли заключается в негативном воздействии на состояние окружающей среды, а именно в деятельности нефтегазодобывающих предприятий образуются опасные загрязнители природной среды, одним из таких загрязнителей являются нефтешламы. Вместе с тем, одновременно это ценное сырьё (потенциальный продукт), которое можно использовать в различных отраслях промышленности. Несмотря на то, что образованные нефтешламы в больших количествах размещены в специализированных сооружениях (амбары), объёмы утилизации и степень их использования невысока, что приводит к концентрации нефтесодержащих отходов в шламовых амбарах. Данные факторы оказывают

антропогенную нагрузку на окружающую среду, тем самым создавая угрозу здоровью человека.

В связи с этим, разработка ресурсосберегающих технологий, основанная на разделении отходов на составляющие фракции, с целью их дальнейшего использования в качестве вторичного сырья при изготовлении продукта, является актуальной.

В рамках данной работы разработано технологическое решение в части применения мобильного комплекса утилизации нефтесодержащих отходов, в основе которого используется установка кавитационного действия. Результатами предлагаемого технологического решения будет являться эффективная обработка нефтешлама с дальнейшей возможностью выделения ценного продукта (нефтепродукт, вода, инертный материал) и его использование в производстве. Проект направлен на сокращение негативного воздействия на окружающую среду за счет кратного уменьшения объема размещенных отходов в открытой среде, а также сокращение финансовых затрат на утилизацию отходов с возможностью получения дополнительной прибыли от реализации ценного продукта.

**Научный руководитель:** к.п.н., доцент М.В. Кравцова

**ПУГИНА О.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

#### **МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЧЕРЕПОВЕЦКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА**

**PUGINA O.A.**

St. Petersburg Mining University

#### **MONITORING OF ATMOSPHERIC AIR IN THE ZONE OF INFLUENCE OF CHEREPOVETS METALLURGICAL PLANT**

Загрязнение атмосферного воздуха является актуальной проблемой в настоящее время. Особенно остро это касается промышленных городов и регионов, основной отраслью которых является черная металлургия.

Металлургическим комбинатом полного цикла, расположенном в г. Череповец Вологодской области, является ПАО «Северсталь», в зоне влияния которого производилась снегогеохимическая съемка.

Отбор проб снега осуществлялся по основному направлению розы ветров к востоку от завода, где находятся селитебная часть города.

При пробоподготовке происходит плавление снега при комнатной температуре, а затем разделение на твердую и жидкую фазы с помощью фильтра синяя лента.

Анализ твердой фазы осуществляется гравиметрическим методом с помощью лабораторных весов. Полученное значение массы пыли выпавшей на единицу площади в единицу времени называется пылевой нагрузкой. В результате анализа твердой фазы была выявлена закономерность изменения величины пылевой нагрузки при удалении от санитарно-защитной зоны. Исключениями являются пробы, где значительная нагрузка от автотранспорта и высокая плотность застройки, близость к ж/д путям, зона влияния выбросов ТЭЦ.



На электронном микроскопе осуществлялся микроструктурный анализ проб пыли. В результате были обнаружены алюмосиликатные микросферулы, характерные для предприятий, использующие уголь в своем производственном процессе; металлические микросферулы, характерные для районов расположения предприятий металлообработки; углеродистые и металлические частицы неправильной формы.

На атомно-эмиссионном спектрометре был проведен анализ жидкой фазы на тяжелые металлы: железо, марганец, стронций, цинк. Полученные концентрации были отнесены к фоновым значениям биосферного Дарвинского заповедника по данным элементам и получено значение коэффициента концентрации, значения которого в большинстве проб значительно превышали 1.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор М.А. Пашкевич

**ПУСТОВОЙТОВА Л.С.**

Тюменский государственный университет

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ И СНЕЖНОГО ПОКРОВА  
ТЕРРИТОРИИ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**PUSTOVOYTOVA L.S.**

Tyumen State University

**GEOECOLOGICAL MONITORING OF SOILS AND SNOW COVER OF OIL AND  
GAS FIELDS OF TYUMEN REGION**

Актуальность исследования обусловлена необходимостью оценки экологического состояния почв и снежного покрова на территории лицензионного участка севернотажной зоны ЯНАО, которая позволит обеспечить максимальную совместимость промышленных нефтегазопромысловых объектов и окружающей природной среды с сохранением экологического равновесия.

Оценка влияния антропо-техногенной деятельности на почвы и снежный покров производилась по следующим направлениям:

- проведен анализ геохимического состава почв и снежного покрова;
- сопоставлены данные результатов мониторинга территории исследования с нормативами ПДК;
- определены геохимические особенности почв и снежного покрова, а также уровень их загрязненности в зоне влияния различных объектов обустройства лицензионного участка;
- по результатам геохимического мониторинга почв и снежного покрова построены геоэкологические карты районирования по степени их экологического загрязнения.

**Научный руководитель:** д.г.-м.н., профессор Н.Ф. Чистякова

**СЛАДКОВА А.Д.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ  
ШЛАКОВ ДЛЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

**SLADKOVA A.D.**  
St. Petersburg Mining University

**STUDY OF THE SORPTION PROPERTIES OF STEEL-SMELTING SLAGS FOR  
THEIR APPLICATION IN THE PROCESS OF WASTE WATER TREATMENT**

Работа посвящена решению проблемы утилизации отходов черной металлургии с возможностью их использования в качестве адсорбента для очистки сточных вод. Цель работы – провести исследование для выявления сорбционных свойств сталеплавильных шлаков мелких фракций. Для подтверждения безопасности использования шлака в качестве адсорбента были проведены эксперименты по десорбции компонентов шлака из твердой фазы в жидкую при длительном контакте с растворами. По результатам анализов было выявлено, что концентрация большинства компонента, десорбировавшихся в раствор, соответствует нормативам качества вод централизованных систем питьевого водоснабжения. По итогам исследования адсорбционных свойств в статических условиях было выявлено, что пять фракций сталеплавильного шлака очищают модельные растворы от ионов тяжелых металлов до нормативных значений. Также в процессе исследования было установлено, что данный материал обладает высоким щелочным запасом, что в перспективе дает возможность использовать шлак в качестве нейтрализатора кислых стоков или адсорбента для очистки сильноокислых почв. Применение шлака как адсорбента и нейтрализатора позволит уменьшить площади складирования отходов, снизить негативное воздействие на компоненты окружающей среды и выплаты за это негативное воздействие. Работа была выполнена на базе Центра коллективного пользования Санкт-Петербургского горного университета.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор М.А. Пашкевич

**СОЛОВЬЕВ М.А.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ПРОБЛЕМА НАКОПЛЕНИЯ КИСЛЫХ СТОЧНЫХ ВОД И ОЦЕНКА ИХ  
НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОМПОНЕНТЫ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ  
НА ПРИМЕРЕ АРМЯНСКОГО ФИЛИАЛА ООО «ТИТАНОВЫЕ  
ИНВЕСТИЦИИ»**

**SOLOVYEV M.A.**  
St. Petersburg Mining University

**THE PROBLEM OF ACCUMULATION OF ACID WASTEWATER AND  
ASSESSMENT OF THEIR NEGATIVE IMPACT ON THE COMPONENTS OF THE  
ENVIRONMENT USING THE EXAMPLE OF THE ARMYANSK'S BRANCH OF  
TITANIUM INVESTMENTS LLC**

В настоящее время проблема обращения с накопленными отходами поднимается всё чаще. Для разработки плана действий одним из важнейших условий является знание состава отходов и вид их воздействия на окружающую среду.

Уникальность исследуемого объекта составляет несколько факторами: неочищенные кислые сточные воды сбрасывались в кислотонакопитель в течение 50 лет. Помимо этого, данные об исследовании химического состава отходов отсутствуют.

Актуальность работы обусловлена не только необходимостью снижения негативного влияния объекта размещения отходов (ОРО), но и возросшим вниманием общественности к данной проблеме.

Цель работы – произвести оценку негативного влияния ОРО на компоненты окружающей среды и анализ возможных путей его снижения.

Определение химического состава как жидкой фазы содержимого кислотонакопителя, так и твёрдых отложений проводилось комплексно, с последовательным обнаружением веществ различного типа. Использовались современные методы анализа, например оптическая эмиссионная спектрометрия, газовая хромато-масс-спектрометрия, высокоэффективная жидкостная хроматография, ренгенофлуоресцентный и рентгенофазовый методы.

Результаты проведённых исследований позволяют судить, что содержимое накопителя содержит несвойственные производству отходу, что говорит о постороннем способе их попадания в ОРО. Обнаружены элементы, содержание которых позволяет предполагать о возможности перевода объекта в категорию техногенного месторождения.

В данной работе представлены результаты лабораторного анализа химического состава отходов, хранящихся в кислотонакопителе Армянского филиала ООО «Титановые Инвестиции», рассмотрены пути миграции и трансформации загрязняющих компонентов, а также возможные варианты дальнейшего обращения с накопленными отходами.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор М.А. Пашкевич

**СУЧКОВА М.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ВОВЛЕЧЕНИЕ ОТХОДОВ ВОДООЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В  
ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ КАК СПОСОБ РЕАЛИЗАЦИИ ИХ ЭКОЛОГО-  
ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА**

**SUCHKOVA M.V.**

St. Petersburg Mining University

**INVOLVEMENT OF WASTE WATER TREATMENT STRUCTURES IN  
ECONOMIC TURNOVER AS A METHOD OF IMPLEMENTING THEIR  
ECOLOGICAL AND ECONOMIC POTENTIAL**

Работа посвящена решению актуальной проблемы утилизации отходов водоочистных сооружений с перспективой их использования в строительстве. Цель – разработка состава легкого бетона на основе золы сжигания осадка сточных вод. Для подтверждения возможности полезного использования золы установлен класс опасности отхода на основании загрязнения пробы тяжелыми металлами. По результатам оценки состава и свойств отхода подтверждено соответствие золы требованиям нормативной документации к компонентам бетонной смеси по таким показателям, как влажность, плотность, гран. состав и т.д. По итогам испытаний прочности образцов золобетона при изгибе и при сжатии (с присвоением строительному материалу класса и/или марки по прочности) подтверждена сохранность прочностных свойств бетона при использовании золы в качестве замены части цемента. Производство золобетона решает следующие задачи: полезная утилизация отхода; освобождение площадей объектов его размещения и уменьшение негативного воздействия на окружающую среду; получение легкого золобетона, перспективного для использования в строительстве, ремонте автомобильных дорог и т.д. Работа выполнена на базе Центра коллективного пользования Санкт-Петербургского горного университета.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Ю.Д. Смирнов

**ТАНКИХ С.Н., ЗАБОЛОТСКИХ В.В., ВАСИЛЬЕВ А.В.**

Самарский Государственный Технологический Университет

**ВЛИЯНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛОК, ЯИЧНОЙ СКОРЛУПЫ И ВЕРМИКУЛИТА  
НА СКОРОСТЬ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

**TANKIN S.N., ZABOLOTSKIH V.V., VASILIEV A.V.**

Samara State Technical University

**INFLUENCE OF WOOD SAWS, EGGSRAW AND VERMICULITIS ON THE  
SPEED OF CLEANING THE SOIL FROM OIL CONTAMINATIONS**

Зарубежные и российские учёные рассматриваются перспективные возможности использования различных природных материалов в качестве адсорбентов при очистке почв от нефтяных загрязнений.

В данной работе экспериментально проверена эффективность использования древесных опилок, яичной скорлупы, вермикулита в качестве адсорбентов.

Каждый опыт был повторён трижды для получения достоверных результатов. Через семь суток растения были извлечены из почвы. В течение опыта велись наблюдения по следующим показателям:

1. время появления всходов и их число на каждые сутки;
2. общая всхожесть (к концу опыта);
3. измерение длины надземной части;
4. измерение длины корней.

При проведении экспериментов мы исходили из следующих положений.

1. Древесные опилки являются перспективным сорбционным материалом для извлечения нефти и продуктов ее переработки из почвы. Количество исследований в этой области весьма ограничено. Применение в качестве сорбента опилок способствует решению двух задач: уменьшение количества опилок, вывозимых на свалки вблизи лесопильных предприятий и получение недорого сорбента.

2. По применению яичной скорлупы как сорбента нефтяных загрязнений не найдено подтверждённых исследований.

3. Вермикулит представляет собой минеральный компонент, который относится к группе гидрослюд. Это экологически чистое вещество. Вермикулит помогает повысить показатели аэрации в почве.

Для определения фитотоксичности очищаемых почв мы использовали метод проростков, который позволяет выявить токсичное (ингибирующее) действие тех или иных веществ на развитие тест – культур.

Для определения корреляции между токсичностью среды и комплексом морфологических признаков у овса были проведены расчёты.

Расчеты производили по следующей формуле:  $I = L \text{ среднее в эксперименте} - L \text{ среднее в контроле} * 100\% / L \text{ среднее в контроле}$ .

1. Число всходов. При небольшой степени загрязнения (1 мл), а также при использовании биоудобрения (1 мл нефти и биоудобрение) наиболее эффективным адсорбентом являются древесные опилки, так как древесные опилки дали наибольшее значение коэффициента корреляции, соответственно: 8,86; 101,6.

При более высокой степени загрязнения (2 мл), а также при использовании биоудобрения (2 мл нефти и биоудобрение) наиболее эффективным является вермикулит, имеющий значения коэффициента корреляции соответственно: 205,3; 283.

2. Длина корней. При небольшой степени загрязнения (1 мл) наиболее эффективным является яичная скорлупа с коэффициентом корреляции: 62,81, а при использовании биоудобрения (1 мл нефти и биоудобрение) наиболее эффективным адсорбентом являются древесные опилки с коэффициентом корреляции, соответственно: -4,07. При более высокой степени загрязнения (2 мл), а также при использовании биоудобрения (2 мл нефти и биоудобрение) наиболее эффективным является древесные опилки с коэффициентом корреляции, соответственно: 18,53; 21,26.

3. Высота ростков. При небольшой степени загрязнения (1 мл), а также при использовании биоудобрения (1 мл нефти и биоудобрение) наиболее эффективным адсорбентом являются древесные опилки с коэффициентом корреляции, соответственно: 12,55; 11,65. При более высокой степени загрязнения (2 мл), а также при использовании биоудобрения (2 мл нефти и биоудобрение) наиболее эффективным является древесные опилки с коэффициентом корреляции, соответственно: 63,23; 43,8.

Таблица 1 – Результаты экспериментов

<b>Номер образцов</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>1.4</b>
Масса почвы(в гр.)	250 г	250 г	250 г	250 г
Масса адсорбента	Опилки 5 г	Опилки 5 г	Опилки 5 г	Опилки 5 г
Масса биоудобрения	–	10 мл	–	10 мл
Масса нефти	1 г	1 г	2 г	2 г
<b>Номер образцов</b>	<b>2.1</b>	<b>2.2</b>	<b>2.3</b>	<b>2.4</b>
Масса почвы(в гр.)	250 г	250 г	250 г	250 г
Масса адсорбента	Яичная скорлупа 5 г	Яичная скорлупа 5 г	Яичная скорлупа 5 г	Яичная скорлупа 5 г
Масса биоудобрения	–	10 мл	–	10 мл
Масса нефти	1 г	1 г	2 г	2 г
<b>Номер образцов</b>	<b>3.1</b>	<b>3.2</b>	<b>3.3</b>	<b>3.4</b>
Масса почвы(в гр.)	250 г	250 г	250 г	250 г
Масса адсорбента	Вермикулит 5 г	Вермикулит 5 г	Вермикулит 5 г	Вермикулит 5 г
Масса биоудобрения	–	10 мл	–	10 мл
Масса нефти	1 г	1 г	2 г	2 г
<b>Номер образцов</b>	<b>4.1</b>	<b>4.2</b>	<b>4.3</b>	<b>4.4</b>
Масса нефти	1 г	-	2 г	-
Масса адсорбента	-	-	-	-
Масса биоудобрения	-	-	-	-

По результатам трёхкратных опытов было выявлено, что наиболее эффективным адсорбентом является древесные опилки:

- При небольшом загрязнении древесные опилки дали наиболее высокое значение коэффициента корреляции по следующим показателям: число ростков, длина корней, высота стеблей.

- При более высокой степени загрязнения данный адсорбент дал наиболее высокое значение коэффициента корреляции для длины корней и высоты стеблей.

Такие адсорбенты как, яичная скорлупа и вермикулит, повлияли на число всходов при более высоком загрязнении, а также, как древесные опилки, яичная скорлупа дала наиболее высокое значение корреляции для длины корней.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор А.В. Васильев

**ТОКАРЕВА Л.Д.**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

**РЕЦИКЛИНГ КАК СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ**

**TOKAREVA L.D.**

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

**RECYCLING AS A MEANS OF ENSURING THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF  
THE BALTIC SEA**

С конца XX века в рамках соблюдения Конвенции по защите морской среды района Балтийского моря была проделана огромная работа, однако над морем всё ещё нависает угроза эвтрофикации. Снижение уровня кислорода в придонном слое воды и её так называемое «цветение» связаны с поступлением со сточными водами большого количества биогенных элементов, в частности, соединений азота и фосфора.

Очистные сооружения зачастую не обеспечивают необходимый уровень очистки сточных вод по фосфору. Исследование направлено на изучение и практическое применение отходов металлургического производства для дефосфотации сточных вод в очистных сооружениях акватории Финского залива. В соответствии с индексом ПДК-10, район Невской губы относится к району чрезвычайной экологической ситуации. По данным администрации города Санкт-Петербурга вода в районе Невской губы характеризуется как «умеренно загрязненная», в то время как качество воды водотоков города варьируется от «слабо загрязненной» до «грязной». Мониторинг акватории Невской Губы показывает, что общий тренд поступления фосфора и азота отрицателен, однако в 2018 году их концентрация снова начала увеличиваться, что показывает необходимость введения дополнительной химической очистки.

В качестве минеральных реагентов предлагается использовать фосфогипс и сульфат железа, которые сочетают в себе низкую стоимость и высокие показатели очистки. Эффективность применения отходов металлургического производства рассматривалась на примере очистных сооружений Вологодской области, где химический метод очистки был включён в процессе реконструкции. Собранные до и после реконструкции показатели отражают высокие результаты очистки по фосфору. Выявлено, что для хозяйственно-бытовых сточных вод эффективнее использование сульфата железа, так как фосфогипс вступает в реакцию с многочисленными примесями, что снижает его эффективность. Этот метод имеет ряд недостатков, однако он обеспечивает наиболее стабильный эффект в условиях изменчивости содержания фосфора в исходной воде.

Внедрение такой технологии в очистные сооружения акватории Финского залива позволит снизить антропогенную нагрузку и остановить процессы эвтрофикации, что благоприятно скажется на состоянии всего Балтийского моря, а также решит проблему утилизации отходов металлургического производства.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Е.Э. Смирнова.

**ХАРЬКО П.А.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕДНО-КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
НА ХИМИЧЕСКИЙ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ  
ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ РЕК**

**KHARKO P.A.**  
St. Petersburg Mining University

**ASSESSMENT THE IMPACT OF COPPER DEPOSITS ON THE CHEMICAL AND  
MINERALOGICAL COMPOSITION OF THE BOTTOM SEDIMENTS OF SMALL  
RIVERS**

Поступление металлов с кислыми дренажными, подотвальными, инфильтрационными и сточными водами объектов горнопромышленных предприятий, специализирующихся на добыче и переработке сульфидных медно-колчеданных руд оказывает одну из главных ролей на состояние малых рек в промышленных регионах.

Одним из примеров такого региона является Урал, где в бассейне реки Карагайлы находится Сибайский филиал АО «Учалинский ГОК». Здесь к настоящему времени сформированы техногенные массивы, в которых накоплены миллионы тонн отходов различного генезиса.

Оценка воздействия предприятия на воды и донные отложения р. Карагайлы включала в себя:

- изучение состава сточных вод очистных сооружений;
- анализ исследований различных авторов по данной теме;
- отбор проб донных отложений, их пробоподготовку;
- определение водорастворимых, подвижных форм металлов и их валовое содержание в водных вытяжках на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой ICPE-9000;
- изучение минералогического состава донных отложений с помощью рентгенодифракционного анализа согласно стандартной методике на приборе SHIMADZU XRD-7000 X-RAY DIFFRACTOMETER.

В месте смешения кислых речных вод (влияние подотвальных и карьерных вод) и сточных щелочных вод очистных сооружений образовался комплексный техногенный щелочной сорбционно-гидроксидный барьер, где происходит осаждение гидроксида железа, который адсорбирует рудные минералы. При дальнейшем взаимодействии гидроксида железа с кислыми подотвальными водами и гидрокарбонатом кальция сточных вод, происходит пиритизация донных отложений, что подтверждается проведенным рентгенодифракционным анализом.

В качестве первоочередного мероприятия по снижению негативной нагрузки на реку предлагается изъятие, обезвоживание и утилизация консолидированных донных отложений (в месте образования геохимического барьера), что позволит в дальнейшем использовать их совместно с хвостами и отходами рудопереработки как техногенное месторождение для доизвлечения полезных компонентов.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор М.А. Пашкевич



**ХУДАЙБЕРДИЕВ А.Т.**

Тюменский индустриальный университет, филиал в г. Нижневартовск

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ И ПРОЕКТ ПОЛИГОНА ПО  
ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В ПЕРСПЕКТИВЕ  
ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ**

**KNUDAIBERDIEV A.T.**

Tyumen Industrial University, branches of Nizhnevartovsk

**SPATIAL-TEMPORAL ANALYSIS AND PROJECT OF A LANDFILL FOR  
PROCESSING OIL-CONTAINING WASTE IN THE PERSPECTIVE OF GLOBAL  
WARMING**

В данной работе описывается сравнительный анализ экологически опасного воздействия от проектного размещения полигона по переработке НСО относительно города Нижневартовск, п.г.т. Излучинск и села Большетархово. Исследованы три фактора (землетрясения, наводнения, пожары), опасность которых в тенденции глобального потепления. Предложена методика, основанная на основных правилах безопасности жизнедеятельности, применение которой уменьшит данное экологически опасное воздействие. Мы считаем, что полигон необходим для решения проблемы переработки НСО, так как сейчас, по сути, нет единой схемы по переработке или утилизации отходов. Зачастую они просто зарываются в землю или выбрасываются вдоль рек и озер. Но требуется выбрать иное место для его сооружения. А также предлагается проект полигона по переработке нефтесодержащих отходов. Подобрано соответствующее оборудование и продумана инфраструктура полигона. Также определена перспектива применения ГИС-программ при расчете экологически опасного воздействия на объекты нефтегазодобычи. Применение данной методики может ускорить процесс и давать качественную оценку опасным факторам.

В ходе исследования был рассчитан ареал опасного экологического воздействия относительно населенных пунктов, промышленных - стратегически важных объектов.

Осуществлена оценка проектного размещения полигона НСО с позиции экологической благоприятности/неблагоприятности в связи с ростом вероятности природных пожаров, подтоплений и землетрясений. Были разработаны критерии для оценки оптимальности размещения полигона токсичных НСО. При соблюдении разработанных нами критериев обеспечения безопасности будет происходить значительное уменьшение негативного влияния от полигона по переработке НСО.

Вывод по оптимизации размещения: По нашему мнению, описанный полигон было бы предпочтительней разместить за какой-либо природной преградой (возвышенность).

Предлагаем проект полигона по переработке нефтесодержащих отходов.

Общая площадь полигона составляет 60 000 м<sup>2</sup>.

Разработаны методы и технологии переработки нефтесодержащих отходов и подобрано соответствующее оборудование и архитектурно-строительные решения (здания и сооружения предусмотренные на полигоне). Рассчитаны затраты на строительство и инфраструктуру полигона.

**Научный руководитель:** к.г.н., доцент И.С. Аитов

**ЧЕРНОБРОВКИН Н.А.**

МИРЭА - Российский технологический университет

**МОБИЛЬНАЯ МОДУЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ  
ПЕРЕРАБОТКИ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОТХОДОВ (КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ  
ПРЕДЛОЖЕНИЕ)**

**CHERNOBROVKIN N.A.**

MIREA - Russian Technological University

**MOBILE MODULAR PLANT FOR PLASMA PROCESSING OF NON-METALLIC  
WASTE (CONCEPT PROPOSAL)**

В работе рассматриваются инновационные подходы к способам утилизации отходов производства и потребления, подразумевающие использование высокотехнологичных методов использования плазмы и разработку конструкторских решений.

В Российской Федерации всё чаще поднимается вопрос, связанный с утилизацией отходов производства и потребления. Полигоны ТБО, заполненные до предела наноят непоправимый след экологии и снижают качество жизни близлежащих населенных пунктов.

Целью представляемой работы является анализ возможностей снижения остроты экологической проблемы, вызванной необходимостью переработки увеличенного количества отходов.

Имеющиеся мусоросжигательные заводы не справляются с существующими объемами, а также требуют создание обширной и экономически невыгодной логистической сети, обеспечивающей транспортировку отходов к местам их утилизации. Возведение новых заводов по утилизации отходов повлекут за собой значительные затраты. По недавним оценкам экспертов проект строительства пяти мусоросжигательных заводов в Подмосковье и Казани с учетом инфраструктуры по сортировке и отдельному сбору отходов оценивается в 200 млрд руб. Вместе с этим, строительство стационарного завода решает проблему только близлежащих полигонов ТБО.

Решением может стать создание мобильной установки, обладающей возможностью перемещения от полигона к полигону.

Мобильность в рассматриваемом контексте подразумевает:

- возможность перемещения установки;
- модульность установки, определяемая разделением установки на максимально крупные готовые блоки, обеспечивающие минимальное время монтажа и демонтажа после и перед транспортными операциями.

Предполагается, что для мобильной установки наиболее подходящим методом переработки отходов является плазменный (высокотемпературный) метод.

Метод был разработан в ГУП МосНПО «Радон» и в последствии реализован в комплексе плазменной переработки РАО в «Опытно-демонстрационном инженерном центре по выводу из эксплуатации» («ОДИЦ») на площадке Нововоронежской АЭС).

Комплекс обеспечивает высокие коэффициенты сокращения объема отходов (коэффициент сокращения объема от 15 до 49), и получение конечного продукта переработки в виде плавящего шлакового компаунда с концентрацией в нем не менее 90 % исходных химических элементов.

Полученные в плазменном процессе шлаки устойчивы к химическому воздействию, а шлаковый компаунд можно рассматривать как одно из самых совершенных средств для консервации отходов и неорганических токсикантов.

Комплекс имеет высокие технико-экономические показатели:

- годовой объём переработки отходов до 25000 м<sup>3</sup>;
- усредненный коэффициент сокращения объёма – 36;
- расход электроэнергии за год - 2 850 000 кВт·ч.

Комплекс плазменной переработки ТРО можно считать полностью готовым к тиражированию. Для использования этого опыта в мобильной установке (не затрагивая на этой стадии коммерческую сторону вопроса) остаётся разделить установку на модули и осуществить новую компоновку модулей и связывающих их коммуникаций в новой геометрии – в транспортных вагонах. Первое разделение можно провести на условной схеме, как это показано на рисунке 1, с последующими корреляциями к реальным условиям.

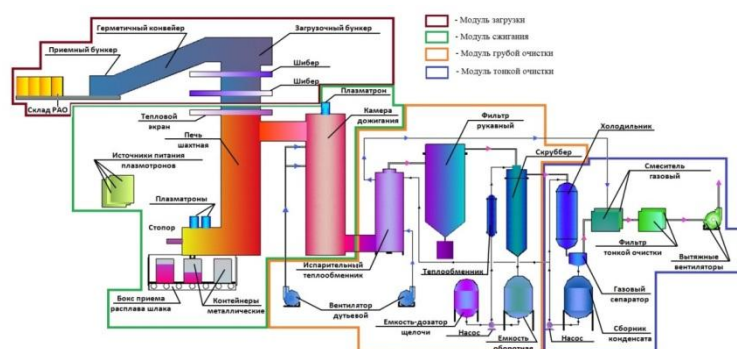


Рисунок 1 - Разделение на модули

Вагон, удовлетворяющий предварительно сформулированным требованиям (см. выше) был разработан и выпускался Тверским вагонным заводом в 80 – 90 гг. для боевых железнодорожных ракетных комплексов.

Если исходить из габаритов установки «Плутон», её объём вместится в 8 - 10 вагонов.

На рисунке 2 показан условный эскиз вагона, содержащего (вместо ракеты) два самых габаритных элемента оборудования – шахтную печь и дожигатель.

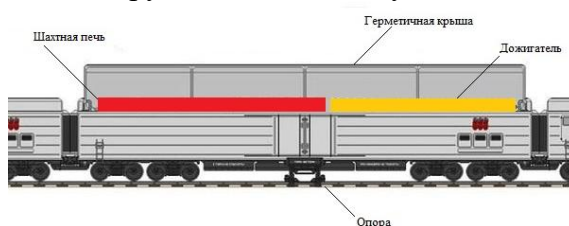


Рисунок 2 - Эскиз вагона с шахтной печью и дожигателем в транспортном положении

В докладе представлено концептуальное предложение создания мобильной модульной установки плазменной переработки отходов производства и потребления, основные компоненты которой (по отдельности) достаточно глубоко прорабатывались ранее и представляются автору вполне реализуемыми и имеющими положительную экономическую перспективу.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент, Н.Я. Овсянников

**ЯКУШЕВА Д.В.**

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

**ИСТОЧНИКИ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ КАК ФАКТОРЫ  
ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ОБЬ-ТОМСКОГО  
МЕЖДУРЕЧЬЯ)**

**YAKUSHEVA D.V.**

National Research Tomsk Polytechnic University

**SOURCE OF ANTHROPOMORPHIC EFFECT SUCH AS FACTOR OF LAND  
USE PLANNING (ON THE EXAMPLE OF THE OB-TOMSKY INTERFLUVE)**

Работа посвящена анализу антропогенных факторов, как экологической составляющей территориального планирования на примере Обь-Томского междуречья. На основе анализа классификации антропогенных факторов была проведена оценка влияния хозяйственной деятельности человека на природные ресурсы в границах территории исследования. В результате авторами сделан вывод о необходимости более подробного анализа антропогенного воздействия как одного из основных факторов при разработке документов территориального планирования.

При осуществлении любого вида хозяйственной деятельности неизбежно антропогенное воздействие на земельные и водные ресурсы, являющиеся неотъемлемой частью окружающей природной среды, отрицательное влияние на которые сказывается на качестве здоровья и жизни людей.

Целью территориального планирования является улучшение условий проживания граждан на территории субъектов Российской Федерации и страны в целом в зависимости от совокупности социальных, экологических, экономических и других факторов. Территориальное планирование способствует устойчивому развитию страны и её субъектов, инженерной, транспортной и социальной инфраструктуры.

На основании приведённой классификации антропогенных факторов была проанализирована хозяйственная деятельность в границах территории Обь-Томского междуречья, оказывающих негативное влияние на природную среду. В результате исследования были выявлены: 7 сельскохозяйственных предприятий разной направленности, отсутствие канализационной системы в некоторых населённых пунктах, необорудованные выгребные ямы, сбросы сточных вод, свалки хозяйственно-бытовых отходов, котельные, нефтебазы и склады горюче-смазочных материалов, автозаправочные станции, крупные автомагистрали, магистральные газопроводы.

Рассмотренные антропогенные факторы оказывают негативное влияние на территорию Обь-Томского междуречья. В первую очередь негативному воздействию подвержены территории Томского подземного водозабора. Большую опасность в этом случае представляют объекты, находящиеся в зонах санитарной охраны источников хозяйственно-питьевого водоснабжения. Отрицательное влияние в границах таких зон является причиной ухудшения качества питьевой воды, что может привести к нарушениям норм соответствия СанПиН 2.1.4.1074-01.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент Е.Ю. Пасечник; ассистент Л.Н. Чилингер.

**Секция 9. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПРОТИВОРЕЧИЯ  
РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО ОБЩЕСТВА**

**ВАСИЛЬЕВА В.Д.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ВЛИЯНИЕ КИНЕМАТОГРАФА НА ФОРМИРОВАНИЕ  
ТОЛЕРАНТНОСТИ К ПРЕДСТАВИТЕЛЯМ НЕГРОИДНОЙ РАСЫ**

**VASILIEVA V.D.**  
St. Petersburg Mining University

**INFLUENCE OF CINEMATOGRAPH ON FORMATION TOLERANCE FOR  
REPRESENTATIVES**

Проблема формирования толерантности по отношению к темнокожим людям носит актуальный характер во всем мире. Для нашей страны в целом, города на Неве и, в частности, Санкт-Петербургского горного университета эта тема важна, так как ежегодно большое количество выходцев с африканского континента приезжают в Россию с целью подработки или получения образования, следовательно, так или иначе граждане Российской Федерации довольно часто пересекаются с представителями негроидной расы, и необходимо, чтобы они уважительно и терпимо относились к темнокожим людям. Тезисы основываются на данных ранее проведенного исследования, в котором приняли участие 50 человек – мужчины и женщины в возрасте от 14 до 25 лет, имеющие среднее общее, профессиональное общее, неполное высшее и высшее образование. Участникам исследования было предложено пройти анкетирование, которое помогло выявить их отношение к понятию толерантности, их личный уровень толерантности к представителям негроидной расы, а также помогло проследить взаимосвязь между кинематографом и его влиянием на формирование толерантного отношения к темнокожим людям.

Кинематограф является зеркалом нашей истории, именно поэтому так отчетливо наблюдается смена образов темнокожих людей в кино – от момента их существования в статусе рабов до момента их существования в статусе обычных людей. И толерантные, и не совсем толерантные респонденты уверенно утверждают, что кинематограф крайне полезен для формирования толерантного отношения к представителям негроидной расы, так как он показывает непростые судьбы темнокожих людей, раскрывает их души и помогает начать уважать таких людей сильнее за их трудолюбие, доброту, терпение и умение любить мир вокруг. Данная работа несет в себе практическую значимость для современного общества, так как прививая людям любовь к кинематографу, мы сможем воспитать общество будущего – общество, которому не будет важен цвет кожи или разрез глаз, общество, которое будет уважать человека за его личностные качества.

**Научный руководитель:** к.п.н., доцент В.В. Шарок

**ВОРОНОВА Н.А.**

Тюменский индустриальный университет

**ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ СТОРОНЫ  
ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОБРАЗОВАНИЯ. ТЕНДЕНЦИИ  
РАЗВИТИЯ**

**VORONOVA N.A.**

Tyumen Industrial University

**POSITIVE AND NEGATIVE ASPECTS OF DOMESTIC AND FOREIGN  
EDUCATION. DEVELOPMENT TRENDS**

Развитие современного общества привело к тому, что инженерное образование претерпевает различные преобразования.

В данной работе представлены различия отечественной и зарубежной модели образования, а также всеобщие требования, предъявляемые в настоящее время к качеству инженерного образования.

Для того чтобы понять различия между отечественной и зарубежной модели образования в работе выделены положительные и отрицательные стороны каждой модели, а также затронуты вопросы:

1. На каком уровне находится инженерное образование в настоящее время?
2. Кто является главным заказчиком квалифицированных специалистов - инженеров?
3. Какие личные и профессиональные качества требуются от инженера, чтобы быть востребованным на рынке труда?

Отвечая на данные вопросы, было выделено несколько необходимых реконструкций инженерного образования в нескольких направлениях: интернационализация науки и создание интернациональных отделов, повышение мобильности, языковая подготовка, а также создания условий для решения нестандартных задач и работы в коллективе.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент М.С. Остапенко

**ГЛАДКОВА Д.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ДУЭТ МУЗЫКИ И ЖИВОПИСИ: СРЕДНЕВЕКОВАЯ ЭСТЕТИКА**

**GLADKOVA D.V.**

St. Petersburg Mining University

**DUET OF MUSIC AND PAINTING: MEDIEVAL AESTHETICS**

Актуальность данной темы обусловлена важнейшей ролью искусства в жизни всего человечества, особенно музыки и живописи. Музыка и живопись кроме культурно-духовного развития способны оказывать очень сильное эмоциональное воздействие на людей. В наше время очень злободневна проблема человеческого восприятия окру-

жающего мира. Большую часть информации человек получает с помощью зрительного и слухового восприятия. Их взаимосвязь в данной работе рассматривается с помощью музыки и живописи.

На сегодняшний день существуют работы, посвященные взаимосвязи многих видов искусств. Однако мы решили изучить эту тему на примере взаимосвязи музыки и живописи конкретно в Средневековье, с философской точки зрения, в этом заключается новизна нашего исследования.

При написании работы были использованы теоретические методы исследования.

Цель данной работы изучить взаимосвязь музыки и живописи на примере Средневековья.

Для достижения поставленной цели нам необходимо решить следующие задачи:

1. Рассмотреть церковную и светскую культуру Средних веков;
2. Узнать, как взаимодействуют музыка и живопись в Средневековой культуре;
3. Определить влияние музыки и живописи на духовную и повседневную жизнь средневекового человека.

Данная работа дает нам возможность сделать следующие выводы: Средневековое искусство является создателем новых и контрастных форм взаимосвязи музыки и живописи, в которых через определенную символику стремилось передать полную картину окружающего мира. Дуэт средневековой музыки и живописи помогает понять смысл творчества, уникальную задумку автора и самое главное познать средневековую жизнь во всей ее полноте.

Перспективы дальнейшего исследования проблемы мы видим в более подробном изучении взаимосвязи музыки и живописи на примере других исторических эпох, а также изучение взаимосвязи других видов искусства.

Исследование может быть полезно и интересно учащимся школ, которые увлекаются Средневековой эпохой, а также всем, кто интересуется искусством и эстетикой.

Уровень знаний английского языка автора работы: A1 (Beginner). Средний балл за осенний семестр 2019 года составляет 4,33.

**Научный руководитель:** д.ф.н., профессор Д.Ю. Дорофеев

**ГУРИНА Э.Э.**

Санкт-Петербургский горный университет

**ЭМОЦИОНАЛЬНОЕ ВЫГОРАНИЕ И МОДЕЛИ ПРЕОДОЛЕВАЮЩЕГО  
ПОВЕДЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ  
СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ)**

**GURINA E.E.**

St. Petersburg Mining University

**EMOTIONAL BURNOUT AND MODELS OF OVERCOMING BEHAVIOUR  
(USING THE EXAMPLES OF STUDENTS OF TECHNICAL SPECIALTY)**

В современных условиях высшего образования проблема эмоционального выгорания студентов связана с высоким риском его возникновения. Известно, что деятельность студентов сопряжена с высоким уровнем неопределенности, связана с система-

тической подготовкой к занятиям, сдачей экзаменов, зачетов, интенсивными социальными контактами и т.п.

Главная цель выполненного нами исследования заключалась в том, чтобы рассмотреть взаимосвязи между риском возникновения эмоционального выгорания и моделями преодолевающего поведения у студентов. С помощью методики диагностики уровня эмоционального выгорания В.В. Бойко нами был определен уровень эмоционального выгорания студентов, принимавших участие в исследовании. Исследование охватило 37 студентов 1-2 курсов технических специальностей дневной формы обучения высших учебных заведений г. Санкт-Петербурга.

Результаты исследования уровня эмоционального выгорания представлены в таблице по фазам эмоционального выгорания.

Таблица 1 - Уровень эмоционального выгорания студентов 1-2 курсов

Фазы эмоционального выгорания	Фаза «напряжения»	Фаза «резистенции»	Фаза «истощения»
Фаза сформирована	27,0%	16,2%	10,8%
Фаза на стадии формирования	24,3%	18,9%	16,2%
Фаза не сформирована	48,6%	64,8%	72,9%

С помощью методики исследования копинг-поведения в стрессовых ситуациях (авторы С. Норман, Д. Эндлер, Д. Джеймс, М. Паркер) были получены данные о механизмах преодолевающего поведения студентов. С помощью коэффициента корреляции Пирсона проведен анализ взаимосвязей между «фазами выгорания» и копинг-стратегиями студентов. У студентов со сформированным синдромом эмоционального выгорания преобладает эмоционально-ориентированная копинг-стратегия ( $r=0,013$ , при  $p \leq 0,05$ ). У студентов, не имеющих симптомы «выгорания», преобладают проблемно-ориентированные копинг-стратегии (направленные на изменение ситуаций) ( $r=0,045$ , при  $p \leq 0,05$ ), выявляются также отрицательные корреляционные взаимосвязи с копингами «отвлечения» ( $r= -0,027$ , при  $p \leq 0,05$ ) и эмоционально-ориентированными ( $r= -0,042$ , при  $p \leq 0,01$ ).

Результаты проведенного исследования выявляют наличие тесной взаимосвязи между уровнем эмоционального выгорания и моделями преодолевающего поведения студентов. Для получения более подробной информации по данной теме необходимы дальнейшие исследования.

**Научный руководитель:** к.п.н., доцент Л.Г. Татьяна



**ДЕНИСОВ В.В.**

Вологодский государственный университет

**МОТИВАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ  
МУЗЕЯ В КОНТЕКСТЕ ПРОБЛЕМ И ПРОТИВОРЕЧИЙ СОВРЕМЕННОГО  
ОБЩЕСТВА**

**DENISOV V.V.**

Vologda State University

**MOTIVATIONAL FACTORS OF INSTITUTIONAL FUNCTIONS OF THE  
MUSEUM IN THE CONTEXT OF PROBLEMS AND CONTRADICTIONS OF  
MODERN SOCIETY**

Современный музей как социальный институт принимает участие в формировании общественного сознания. Включение мемориальных ценностей в современную культуру правомерно рассматривать как существенный фактор преемственности социально-культурного развития. Если генетическое воспроизводство предопределяется наследственностью, то основу развития духовной жизни составляет процесс передачи опыта, материализованной формой которого являются в том числе музейные ценности. При этом в начале XXI в. музей претерпевает изменения (коммерциализация и др.), возникают трудности идентификации новых форматов, обусловленных трансформациями общества.

Материальная и нематериальная мотивация персонала – важнейшее условие успеха любой организации. Нематериальная мотивация не предполагает финансовых и т.п. поощрений, но при ее верном использовании эффективность сотрудников может быть повышена в разы. Рефлексия музейного работника – это движущая сила самоусовершенствования. Видами нематериальной мотивации могут быть: а) мотивационные совещания; б) сплоченность коллектива; в) публичное признание достижений сотрудника, профессиональных заслуг; г) поздравления со значимыми датами для сотрудника; д) индивидуальный график работы и иные формы улучшения условий труда для конкретного сотрудника; е) совместное празднование определенных дат и событий; ж) общность идеи, цели; з) «прозрачная» форма управления персоналом.

Являясь частью социокультурного пространства, исторически сложившиеся типы, виды и профили музеев предопределены не только его учрежденческими особенностями, но также представляют возможности и специфику выполнения определенных задач, которые не могут решить другие структуры социокультурного характера. В связи с чем функции музея дополняются новыми элементами, такими как: 1) понимание специфики музея как института культуры, направленного на поиск духовных основ, обеспечивающих общественный прогресс; 2) превалирование культурообразующей и социоформирующей миссий музея и утверждение его общественного предназначения как инструмента нравственно-эстетического воспитания; 3) использование музея в формировании межкультурной коммуникации и взаимопонимания между разными культурами. В итоге музей включается в решение сверхзадач общественного развития.

**Научный руководитель:** д.ф.н., профессор И.Н. Тяпин

**ЖУРАВЛЕВ А.Е.**  
Санкт-Петербургский горный университет

## **ЭКОНОМИКА ВПЕЧАТЛЕНИЙ: ЭМОЦИИ КАК ПРОДУКТ**

**ZHURAVLEV A.E.**  
St. Petersburg Mining University

### **EXPERIENCE ECONOMY: EMOTIONS AS A PRODUCT**

Статья посвящена теме, близкой каждому человеку как потребителю – анализу воздействия компаний на наш покупательский выбор. Эта тема особенно актуальна в настоящее время, поскольку бизнес применяет все более изощренные методы для привлечения покупателей, влияя на эмоциональную сферу человека.

Целью данной работы является рассмотрение феномена «экономики впечатлений», выявление его характеристических свойств и особенностей. Задачами научной работы являются:

- раскрытие понятия термина «экономика впечатлений»,
- выявление критериев для отличий впечатления от других видов товаров на рынке,
- определение направлений использования «экономики впечатлений» на практике.

В статье анализируются предпосылки возникновения экономики впечатлений. Подробно рассматриваются принципы и классификация экономики впечатлений, описывается ее главная категория – впечатление, которая является причиной иррационального выбора покупателя как результат тщательно выверенной маркетинговой стратегии компании.

Экономика впечатлений – это новый этап социально-экономического развития общества после сырьевой экономики и экономики товаров и услуг. Впечатления – новый, четвёртый вид продукта на рынке. Они отличаются от услуг настолько, насколько услуги отличаются от товаров. Фирма создаёт впечатление, когда она делает процесс потребления незабываемым. Экономика впечатлений создаёт огромный простор для экономического роста фирмы. Компании, которые используют этот принцип, формируют приверженность потребителя и хорошую славу для организации.

В статье представлен анализ проведенного опроса об осведомленности студентов Горного университета о применяемых компаниями принципах экономики впечатлений. Как показал опрос, немногие студенты знают об экономике впечатлений, хотя сталкиваются с ее проявлениями постоянно. Кроме того, рассматривается целый ряд примеров практической реализации положений экономики впечатлений, что составляет практическую ценность работы как научного исследования и как справочника для потребителя в данной области.

В статье сделан вывод, что принципы экономики впечатлений будут реализованы в практической деятельности, когда фирма целенаправленно использует услуги как сцену, а товары – как декорацию для того, чтобы увлечь клиента. Это может достигаться путём создания единой тематики, влиянием на все органы чувств потребителя, созданием кобрендинга.

**Научный руководитель:** к.пед.н., доцент И.Г. Герасимова

**ЗДРЕЦОВ И.М.**  
Санкт-Петербургский горный университет

### **ТРИ ВЕЛИКИЕ КНИГИ О ВЛАСТИ. АКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНЦЕПЦИЙ**

**ZDRETsov I.M.**  
St. Petersburg Mining University

### **THREE GREAT BOOKS ABOUT POWER. ACTUAL ANALYSIS OF CONCEPTS**

Так как мы живём в условиях государства, вопрос о том, какой должна быть власть, остаётся для нас актуальным. В данной работе подверглись анализу три книги о власти: Китами Масао «Самурай без меча», Хань Фэй-цзы «Книга закона и порядка», Н. Макиавелли «Государь».

В них мы выделили основные суждения и сделали выводы о том, как каждый автор понимает власть. Схожие и противоположные умозаключения этих философов были сопоставлены. Были выявлены причины принципиальных различий данных концепций. Анализ различий на религиозной основе был произведён с использованием современного труда Дж. Агамбена «Царство и слава».

Выводы:

1. Китами Масао в «Самурае без меча» говорит о власти лидера, а не о власти государя;
2. задача лидера – вести за собой людей, сохранить имидж;
3. цель власти государя – сохранение государства;
4. в «Книге закона и порядка» правитель показан будто бы машиной, действующей по определённому алгоритму;
5. Хань Фэй считает, что власть – это ответственность;
6. Макиавелли считает, что власть – это право действовать так, как этого требует государство, в отрыве от норм морали;
7. разница в функциях власти вызывает её различное понимание;
8. религиозная среда, окружающая человека, во многом влияет на его понимание власти.

**Научный руководитель:** к.ф.н., ассистент М.А. Васильева

**ЗЫРЯНОВА А.Л.**

Тюменский индустриальный университет

**АНАЛИЗ НЕОБХОДИМОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА  
ПОДГОТАВЛИВАЕМЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ СТАНДАРТИЗАЦИИ  
И МЕТРОЛОГИИ**

**ZYRYANOVA A.L.**

Tyumen Industrial University

**ANALYSIS OF THE NEED TO INCREASE THE NUMBER OF TRAINED  
SPECIALISTS IN THE FIELD OF STANDARTIZATION AND METROLOGY**

В настоящее время крайне высока роль стандартизации в современном обществе. Но, как и все существующие области, стандартизация имеет целый ряд проблем. Наиболее значимой и актуальной является проблема подготовки кадров в области стандартизации и метрологии. Данная проблема выражается в несоответствии качества и количества трудовых ресурсов потребностям рынка труда, вследствие чего не только население региона, но и государство в целом, несут значительные потери.

В данной работе был проведен корреляционный анализ силы связи валового регионального продукта по федеральным округам РФ и количества вузов,готавливающих специалистов направления 27.03.01 «Стандартизация и метрология», а также центров стандартизации, метрологии и испытаний (ЦСМ) и частных испытательных лабораторий.

В результате анализа было выявлено следующее:

- в центральном административном округе наблюдается достаточное количество специалистов,готавливаемых по направлению 27.03.01 «Стандартизация и метрология», необходимый уровень работ в области стандартизации и метрологии выполняется как региональными ЦСМ, так и частными испытательными лабораториями;
- в уральском федеральном округе, в результате анализа, выявлена нехватка количества специалистов в области стандартизации и метрологии, отвечающих запросам рынка труда;
- в приволжском, северо-западном, сибирском, южном федеральных округах выпуск специалистов в области стандартизации и метрологии соответствует заявленным потребностям в подготовке кадров;
- в северо-кавказском-федеральном округе выпуск специалистов в области стандартизации и метрологии существенно превышает заявленную потребность предприятий в подготовке квалифицированных специалистов;
- в дальневосточном федеральном округе выявлена нехватка специалистов в области стандартизации и метрологии, и, в связи с этим, сделан вывод о необходимости увеличения количестваготавливаемых кадров по направлению 27.03.01 «Стандартизация и метрология».

Для баланса спроса и предложения на рынке труда и рынке образовательных услуг, учреждениям необходимо понимать, в каком количестве требуется подготовка специалистов в области стандартизации и метрологии. И проведенный анализ позволяет подробно изучить и впоследствии решить данную проблему для каждого из регионов России.

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Д.С. Василега**

**КОЗЛОВА А.Ф., РАЦУН А.Р.**  
Санкт-Петербургский государственный университет

## **ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ КОНФЛИКТАМИ**

**KOZLOVA A.F., RATSUN A.R.**  
St. Petersburg State University

### **PROBLEMS OF DIGITALIZATION IN CONFLICT MANAGEMENT**

На Экономическом Форуме в Давосе (январь 2020) сделано громкое заявление: «Мы сейчас находимся на переходе от эры Гутенберга в эру Цукерберга. Для всех является релевантным вопрос, как не потерять адекватность, как соответствовать технологиям, изменениям, как сохранять свои человеческие качества, потому что все испытывают информационную нагрузку» (президент СБ РФ Г. Греф).

Беря за точку исторического отсчета эпоху Возрождения времен Иоганна Гуттенберга и Ивана Федорова, скорость распространения информации играла решающую роль в сознании людей, формируя их поведение и судьбы государств. В настоящее время реализуется государственная программа «Цифровая экономика РФ», что обусловлено стремительным развитием информационных технологий.

Информационные аспекты в конфликтологии имеют важное значение, так как влияют на организацию процессов управления конфликтом, анализ которых опирается на оценку достоверности релевантной информации. Однако, конфликты часто порождаются не множеством проблем, а их несогласованностью и неупорядоченностью.

Задачи сортировки и описания иерархий в сложных структурах успешно решаются с помощью инструментария информационных технологий. Чрезвычайно важно адаптировать язык и логику описания задач конфликтологии для применения инструментария информационных технологий. Адекватность ситуации в каждый момент (*hic et nunc*) определяется детальными характеристиками общей картины и их соответствием друг с другом в рамках так называемой самосогласованной модели, используя различные шкалы, построенные на законах логики.

Для обоснования принимаемых решений при управлении конфликтом используется метод анализа иерархий Т. Саати, построенный на модели троичной логики, в которой рассматриваются девять степеней градации. Возможна дальнейшая детализация, однако для подобных измерений потребуется разработка эталона сравнения и уточнения этих различий.

Так как информация представляет набор данных как качественного, так и количественного типа, то анализ ее достоверности представляет собой сложный процесс, требующий оценки по адекватным шкалам, а в ряде случаев синтез оценок по разным шкалам и их «сшивание» для представления в едином масштабе.

Для моделирования задач развития и прогнозирования необходимо оценивать эту неопределенность и учитывать ее численное значение в последующих циклах, в противном случае накопление погрешности порождает состояние двусмысленности и приводит к искажению истинности анализируемых посылок.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Т.В. Крюкова

**МИТРОФАНОВА В.А.**  
Санкт-Петербургский горный университет

## **ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ РЕЧЬ ГОРНЯКОВ**

**MITROFANOVA V.A.**  
St. Petersburg Mining University

### **MINER'S PROFESSIONAL SPEECH**

1. В работе рассматриваются основные характеристики профессионализмов в составе специальной лексики. При изучении функционирования специальной лексики в современном языке особое место отводится терминам, профессиональным жаргонизмам, профессионализмам. Особое внимание необходимо уделить профессиональной речи, поскольку она является наиболее распространенной в деловой сфере деятельности человека.

2. Специфика речи в шахтерской среде, которая обуславливается разнообразием технологического оборудования и сложностью ситуаций, предъявляет особые требования к его пользователю, заставляя его не только знать необходимую терминологию, но и уметь разбираться в профессионализмах, используемых в неофициальном регистре коммуникации.

3. Существует несколько способов образования профессиональных слов. Одним из продуктивных способов образования профессионализмов является смещение ударения. В результате, происходит устойчивое закрепление в устной речи слов с «профессиональным» ударением. Также достаточно частотны профессионализмы, которые возникают в результате метафорического переноса значений слов бытовой лексики.

4. В работе приведены статистические данные, отражающие степень вовлеченности студентов Горного университета в профессиональную речевую среду, а также позволяющие делать наблюдения о компетентности студентов Горного и Нефтегазового факультетов в области профессиональной деятельности.

5. Деловой мир постоянно изменяется, совершенствуется, в связи с этим происходит развитие и профессионального языка, который в лингвистических работах называется по-разному: языком для специальных целей, корпоративным языком, социолектом и др.

6. Профессиональный язык в шахтерской среде, являясь одним из вариантов реализации общенародного языка, используемый ограниченной группой его носителей в условиях как официального, так и неофициального общения, обеспечивает коммуникацию людей, связанных с работой в шахте.

**Научный руководитель:** д.ф.н., профессор Д.А. Щукина

**МИТРОФАНОВА Т.А.**

Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ЛИЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СО СКЛОННОСТЬЮ К  
РАЗНЫМ СТИЛЯМ ПОВЕДЕНИЯ В КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЯХ У  
МАЛЬЧИКОВ И ДЕВОЧЕК ПОДРОСТКОВОГО ВОЗРАСТА**

**MITROFANOVA T.A.**

Pushkin Leningrad State University

**THE RELATION BETWEEN THE PERSONAL CHARACTERISTICS AND  
INCLINATION TO DIFFERENT STYLES OF BEHAVIOR IN CONFLICT  
SITUATIONS AMONG BOYS AND GIRLS OF ADOLESCENT AGE**

В работе представлены результаты эмпирического исследования взаимосвязи личностных характеристик со склонностью к разным стилям поведения в конфликтных ситуациях у мальчиков и девочек подросткового возраста

В современном обществе наблюдается огромный интерес к проблеме возникновения и эффективного разрешения конфликтов. Он обусловлен ростом напряженности в разных сферах социального взаимодействия.

Подростковый возраст принято считать самым конфликтным периодом. На этом этапе происходит переоценка ценностей, осознание себя как личности, формируются собственные взгляды на жизнь.

В 2019-2020 учебном году было проведено эмпирическое исследование, посвященное изучению взаимосвязи личностных характеристик со склонностью к разным стилям поведения в конфликтных ситуациях у мальчиков и девочек подросткового возраста. Выборка исследования состояла из 50 петербургских школьников, обучающихся в 9-х классах (15-16 лет). Были использованы следующие психодиагностические методики: методика Томаса-Килманна, методика Дембо-Рубинштейн в модификации А.М. Прихожан, тест-опросник Г. Шмишека, а также методика А. Басса и А. Дарки.

Согласно результатам исследования склонность к активной борьбе за свои интересы характерна для подростков с гипертимическим и демонстративным типами акцентуации личности, то есть для тех, кто не склонен никому подчиняться и стремится быть на виду. У тревожных, эмоционально чувствительных мальчиков-подростков наблюдается низкий уровень направленности на собственные интересы. Девочки-подростки, часто использующие стратегию ухода от конфликта, компенсируют невозможность отстаивания своих интересов посредством косвенной агрессии.

Результаты данного исследования могут быть использованы в деятельности служб школьной медиации в образовательных организациях.

**Научный руководитель:** к.п.н., доцент И.А. Куницына

**МОРГУНОВ В.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **СОЦИАЛИЗАЦИЯ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В ВУЗ**

**MORGUNOV V.V.**

St. Petersburg Mining University

### **SOCIALIZATION OF A PERSON WHEN ENTERING A UNIVERSITY**

В работе проанализированы факторы и особенности, так или иначе влияющие на социализацию человека при обучении в университете. Основным инструментом анализа явилось тестирование, в котором приняло участие 142 студента Горного университета. Для минимизации случайностей тестирование проводилось среди различных групп студентов, в несколько этапов, разделенных значительными временными промежутками, что позволило изменять тест на основе первичных результатов ранних этапов. Благодаря данным методам удалось в значительной мере сократить шанс появления мнимых закономерностей. Затем полученные результаты подкреплялись теоретическими фактами, что позволяло формировать теории, которые позже удавалось сопоставить и получить конечные выводы. В результате проделанной работы были рассмотрены такие факторы, как изменение круга общения, влияние семьи, смена окружения, обучение и успеваемость, стресс во время сессионного периода. Полученные данные были структурированы с целью построения единой концепции.

Для того чтобы отразить влияние социальных факторов была разработана концепция трех лиц, в результате чего удалось установить, что значительное влияние на человека оказывает семья. В сравнении с детством изменился лишь тип влияния и его сила. Если раньше родители напрямую регламентировали круг общения и условия, в которых жил ребенок, то теперь косвенно влияют на жизнь студента. Роль старых знакомых и одноклассников в процессе социализации снижается под гнетом меняющихся условий, целей и увлечений, уступая место новому кругу общения. Изменение условий большинству студентов доставляет неудобства только в первые месяцы учебы, а позже воспринимается, как обыденность.

Важным аспектом успешной социализации человека на данном этапе является явление ценностного конфликта, которое говорит о переосмыслении тех понятий, которые ранее не подвергались сомнению, что свидетельствует о личностном росте человека.

Успешность в учебе, особенно если рассматривать динамику от школы к университету, также может служить индикатором успешности процесса социализации. Обосновать это можно тем, что в отличие от школы для стабильно хорошей или отличной учебы, необходимо обладать соответствующими качествами характера, иметь достаточно четкое представление о своей будущей цели и необходимые социальные навыки.

**Научный руководитель:** к.ист.н., доцент Е.С. Новикова



**НАЗАРОВА В.Ю.**  
Тюменский индустриальный университет

## **ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТРАЕКТОРИИ**

**NAZAROVA V.J.**  
Tyumen Industrial University

### **INDIVIDUAL EDUCATIONAL TRAJECTORY**

Инновации в образовании приводят к изменениям подготовки будущего специалиста. На сегодняшний день остается актуальным вопрос индивидуализации процесса обучения. Индивидуальные образовательные траектории позволяют студентам самостоятельно выбирать курсы и направление обучения. В процессе обучения требуется формирование не только профессиональных навыков, но и таких умений и качеств, как гибкость, мобильность, принятие решений.

В российских ВУЗах индивидуальные образовательные траектории частично введены с 2019 года. Данная система была заимствована из опыта США и западных стран. Так, например, в США обучение проходит по индивидуальным планам. Студенту предлагается перечень предметов, часть из которых является обязательной, а остальные можно выбрать самостоятельно. Для получения степени бакалавра необходимо набрать определенное количество лекционных и семинарских занятий, называемых «кредитами».

В работе представлено сравнение европейской системы трансфертных кредитных единиц (ECTS) и накопительных кредитов (ECA), которые применяются в странах-участниках Болонского процесса. Рассматриваются вопросы развития и интеграции образовательных кредитных систем в российском образовании.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент М.С. Остапенко

**НОСОВА Ю.А.**  
Тюменский Индустриальный университет

## **НАПРАВЛЕНИЯ И УСЛОВИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТОПЛИВНО - ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА**

**NOSOVA J.A.**  
Tyumen Industrial University

### **DIRECTIONS AND CONDITIONS FOR CHANGING THE STRUCTURE OF THE FUEL AND ENERGY BALANCE**

Одной из самых важных составных частей экономики России считается топливно – энергетический комплекс, который обеспечивает жизнедеятельность основных отраслей народного хозяйства. Топливоно – энергетический комплекс – это система взаимосвязанных элементов, которая объединяет в себе получение, транспортировку, использование и преобразование различных топливных и энергетических ресурсов. Особенность топливно – энергетического комплекса заключается в системности его функ-

ционирования и развития, которое обусловлено взаимозаменяемостью различных видов энергоносителей и энергоресурсов.

На сегодняшний день в перспективе важным аспектом развития топливно – энергетического комплекса является создание возможности перехода на энергосбережение и повышение энергоэффективности применения ресурсов. При снижении негативного влияния на окружающую среду и минимизации затрат использование потенциала энергосбережения влияет на повышение энергетической безопасности России. В развитии топливно – энергетического комплекса в настоящее время происходит увеличение отрицательных факторов, связанных с энергетической безопасностью. Следовательно, необходимо проводить мероприятия, направленные на: изменение налоговой и ценовой политики, стимулирование инвестиционной активности в топливно – энергетическом комплексе, совершенствование структуры топливно – энергетического баланса. Остановимся более подробно на последнем, для совершенствования структуры необходимо:

- применять альтернативные источники энергии (солнечную, геотермальную, энергию солнца и т.д.);
- снижать уровень энергопотребления с помощью повышения эффективности потребления, распределения, производства, применения энергетических ресурсов;
- создавать системы предотвращения простоев, чрезвычайных ситуаций и аварий;
- перейти на более экологические виды топлива с наименьшим количеством выбросов в атмосферу, например, заменять топочный мазут на газ (Мировой энергетический совет прогнозирует увеличение спроса на газ в ближайшие 20-25 лет в развивающихся странах на 5-6%, а в уже развитых странах на 1,5-2,5%.
- максимально реализовывать потенциал энергосбережения, способствующее уменьшению потерь в процессе технологического цикла, повышению использования сырья.

Таким образом, так как топливно – энергетический комплекс и топливно – энергетический баланс имеют неотъемлемую связь, поэтому нужно привести в действие перечисленные выше направления совершенствования топливно – энергетического баланса для того, чтобы улучшить состояние экономики и политики в стране.

**Научный руководитель:** к.э.н., доцент И.В. Осинская

**РЕПИН И.Д.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **КОНФЛИКТ ЭСТЕТИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЙ: ВАН ГОГ И МАЛЕВИЧ**

**REPIN I.D.**

St. Petersburg Mining University

## **CONFLICT OF THE VAN GOGH'S AND MALEVICH'S AESTHETIC CONCEPTS**

Несмотря на искусствоведческий характер этой работы, она будет ценна и для аудитории, чья деятельность связана с вопросами недропользования по нескольким причинам: Винсент Ван Гог в своем творчестве уделял огромное внимание сюжетам, отображающим тяжелый труд рабочих, в том числе труд шахтеров; однако в работе

рассматривается и важная проблема одного из этапов научного исследования, целью которого является оценка достоверности источников, путем их сравнения и анализа. Последний вопрос весьма важен для ученого сообщества, поскольку во времена избытка информации ее ценность и достоверность следует проверять тщательнейшим образом, чтобы не допустить дальнейших ошибок в исследовании.

В основу этой работы лег конфликт между мнением К.С. Малевича и мнением Ван Гога относительно творческих замыслов последнего. Он послужил отправной точкой в исследовании, целью которого стало более подробное изучение этого конфликта. Кроме вышеупомянутой цели ставилась и другая, более сложная – попытка приблизиться к первопричине возникновения этого конфликта. Иначе говоря, преследовалась цель выявления мотивов искажения авангардистом творческих взглядов голландского художника.

В ходе работы были рассмотрены не только литературные источники, но также и иллюстративные, которые включали в себя живописные и графические работы двух художников (изучаемые с помощью различных электронных ресурсов). Некоторые промежуточные выводы были также сделаны с опорой на анализ живописных работ, а впоследствии подтверждены словами Ван Гога. Немаловажную роль сыграли полотна и при исследовании второй заявленной цели, поскольку они помогли проследить, как Малевич переделывает свой творческий путь, преследуя создание конструктивно-смысловой стройности, а не хронологической точности.

Проведя исследование можно сделать некоторые выводы. Вывод первый - Казимир Малевич не достаточно корректно давал толкование творческим замыслам и эстетическим концепциям Ван Гога, делая упор на динамику движения, таким образом, постулируя чисто футуристические черты в творчестве Ван Гога (в противовес метафизическим, о которых говорит М. Хайдеггер и в противовес эмоциональным, о которых говорит Ван Гог). Немаловажным является второй вывод, о конструктивной настроенности Малевича, сделанный на основе его же работ - этот вывод позволяет нам приблизиться к решению вопроса о первопричине зарождения рассматриваемого конфликта.

**Научный руководитель:** к.ф.н., ассистент М.А. Васильева

**ФОМИЧЁВА Н.А.**

Санкт-Петербургский университет промышленных технологий и дизайна

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ**

**FOMICHEVA N.A.**

St. Petersburg University of Industrial Technology and Design

## **ENVIRONMENTAL PROBLEMS AND WAYS OF THEIR SOLUTION**

Одна из самых важных и опасных проблем на сегодняшний день – экологическая катастрофа и загрязнение окружающей среды. Существует множество мероприятий по сохранению природы. Но, к сожалению, большинство жителей планеты не принимают участие в данных проектах. Повседневные заботы отнимают у людей слишком много времени, но это не значит, что они освобождены от задачи следить за собой и призывать своих близких к порядочному поведению по отношению к природе и окружающей среде.

С тех времён, как человечество стало главным обладателем Земли, его жизнедеятельность определяет видоизменения окружающей среды. Веками человечество вырубало леса, загрязняло окружающую среду, велась хищническая охота на животных, ловля рыбы. Вредные газы, увеличивающееся загрязнение, безотчетная вырубка лесов - это все, возможно, предопределяет серьезное потепление климата на Земле (впрочем, имеются и противоположные мнения). Хозяйственная деятельность человечества уже поспособствовала частичному или абсолютному исчезновению множества видов растений и животных. Привычный нам образ жизни основательно расстроил баланс природной среды. Колоссальные изменения, которые происходят в наше время, могут закончиться очень плохо.

Мы начинаем понимать, что только изменения в деятельности человека могут избавить Землю от катастрофы. На данный момент существует множество экологических организаций, посвящённых спасению природы, сохранению заповедников, редких видов растений и животных, такие как:

1. Международный Зеленый Крест (Green Cross International, GCI) является экологической организацией, основанной бывшим советским лидером Михаилом Горбачевым в 1993 году, на основе договоренностей, достигнутых на Мировом Форуме в 1992 году в Рио-де-Жанейро, Бразилия.

2. Гринпис. Это международная общественная природоохранная организация, основанная в г. Ванкувер, Канада 15 сентября 1971 года Дэвидом Мактаггартом. Основная цель организации добиться решения глобальных экологических проблем.

3. Всемирный фонд дикой природы (World Wide Fund for Nature) является международной общественной независимой организацией, работающей в сферах, касающихся сохранения, исследования и восстановления окружающей среды. Миссия Всемирного фонда дикой природы заключается в предотвращении нарастающей деградации естественной среды планеты и достижении гармонии человека и природы. Главная цель — сохранение биологического разнообразия Земли.

4. Международный социально-экологический союз (МСоЭС) Международный Социально-экологический союз - это международная экологическая организация, основанная в декабре 1988 года. Главная идея создания МСоЭС – собрать под одной крышей людей, которым не все равно, что будет со Землей, с ее природой и культурой, с ее людьми, с нашими детьми и внуками.

Таких союзов великое множество. Но по статистике, люди, живущие в городе и поглощенные повседневными заботами, вряд ли примут в них участие. Это требует большой отдачи и времени. Винить конечно же никого нельзя. Если нет возможности отправиться в дикую природу спасать вымирающий вид бенгальских тигров или отправиться на отчистку реки Ганг, существуют другие способы помощи природе.

Очень важно помнить о том, что каждый человек несет ответственность за то, что он делает. Нужно стремиться к нравственному совершенству. Как в России, так и на Западе о нравственном подходе ко всем проблемам человечества говорят давно. Ещё А. Н. Уайтхед писал в тридцатых годах XX века о необходимости поиска мировоззрения, способного спасти от гибели людей, для которых дороги ценности, выходящие за рамки удовлетворения животных потребностей. Экологической безопасности прямо зависит от нравственного состояния общества. Человек не должен противопоставлять себя природе и стремиться к ее разрушению, - вот главный принцип экологической морали. Необходимо еще осознавать важность экономии ресурсов, так как природных аналогов осталось ограниченное количество. Человек с высоким уровнем экологической морали может и должен просчитывать все последствия и думать об их влиянии на будущее. Снижение потребления электроэнергии приводит к меньшему количеству

электростанций, а значит, к меньшему уровню загрязнения. Консультация со специалистами на всех уровнях производства поможет избежать экологических катастроф, к примеру, сразу необходимо подумать об утилизации отходов в строительстве или чем заменить опасные химикаты в земледелии.

Можно выделить три основных правила. Их соблюдение является долгом каждого человека.

1. Нести ответственность за сохранение природы.
2. Не причинять вреда ВСЕМ живым организмам.
3. Помогать всему живому по мере сил.

Должны проводиться беседы об экономии энергии и воды, напоминать о том, что все взаимосвязано, и любое загрязнение может привести к необратимым последствиям.

Художники, активисты и дизайнеры устраивают наглядные примеры того, как порой ведет себя человек по отношению к природе. Порой в шуточной манере, они заставляют задуматься о серьезных вещах, заставляя сделать выводы о том, как поступать не стоит. Привести в пример можно акцию «Активность мусорных куч». Восемь активистов Greenpeace в костюмах мусорных куч провели перед зданием московской мэрии акцию за отдельный сбор отходов. Следом, «мусорные кучи» провели марафон «Зеленый супермаркет». Они проинспектировали крупнейшие торговые сети и призвали их рационально расходовать упаковочные материалы: отказываться от бесплатных пакетов, поощрять покупателей, приносящих свои пакеты или контейнеры, включить в ассортимент товары из вторсырья и прочее. Осенью 2012 года компании TetraPak, X5 Retail Group N.V. и Volkswagen впервые провели акцию «Пакеты, сдавайтесь!». Замысел прост: горожане приносили использованные картонные упаковки в мобильные пункты сбора у станций метро в Москве и Петербурге, после чего раскрашенный немецкий фургон увозил отходы на специализированные предприятия для последующей переработки. Акция «Арт-утилизация» прошла на дизайн-заводе Flacon в феврале 2013 года в рамках фестиваля «Grass Design Week». Дизайнеры и активисты движения RE:MADE и коалиции «PRO Отходы» собрали уличные кресла из резиновых шин, детские городки из картонной тары, скульптуры из пластиковых пакетов. Некоторые посетители приносили для художников использованные банки, бутылки и коробки, а дети увлеченно играли с фигурами и ракетами, которые из всего этого получились.

«Чистка» или «граффити наоборот» – сравнительно новая тенденция в стрит-арте, уже успевшая, впрочем, найти приверженцев в разных точках земного шара. Вслед за британским художником Полом Кертисом, работающим под псевдонимом Moose, ребята из Бразилии и Южной Африки начали создавать работы, просто процарапывая грязь, скопившуюся на стенах тоннелей и поверхностях бетонных ограждений вдоль оживленных автострад.

Кроме того, сам Кертис создал в сотрудничестве с одной американской клининговой компанией протяженное панно в одном из районов Сан-Франциско. На запыленных блоках появились холмы, поросшие цветами и деревьями – так местный пейзаж мог выглядеть в древности, до прихода человека. У этого во всех смыслах свежего направления есть, однако, явные предпосылки: от надписи «Помой меня» на заднем стекле соседской машины до ренессансной техники сграффито.

**Научный руководитель:** профессор П.П. Гамаюнов

**ХОЛБОВЕВА У.Ш.**  
Тюменский индустриальный университет

**ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ СТУДЕНТОВ  
ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ**

**KHOLBOEVA U.SH.**  
Tyumen Industrial University

**EXPLORING OF ECOLOGICAL CULTURE CONDITION AMONG STUDENTS OF  
TECHNICAL UNIVERSITIES**

Одной из глобальных проблем человечества является отсутствие экологической культуры, приводящее к загрязнению окружающей среды. Особенно, уровень экологической культуры проявляется в процессе работы, когда человек не осознает свое воздействие на экологию и разрушает её. Для выявления состояния экологической культуры и дальнейшего её развития, была разработана анкета для студентов технических направлений, так как они являются будущими специалистами, которым предстоит тесно контактировать с окружающей средой.

Целью работы является изучение состояния экологической культуры студентов и выявление основных проблем, препятствующих её развитию. Проведено анкетирование среди 400 респондентов, и в результате проведенного исследования выявлен ряд проблем:

1. пользовательское отношение к природе;
2. незнание основных нормативных документов в области экологии;
3. низкая база знаний об осознанном потреблении.

В выводах по полученным данным разработан комплекс мероприятий для повышения экологического сознания студентов технических ВУЗов, таких, как размещение инфографики на территории ВУЗов, проведение конференций с приглашением специалистов-экологов.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент М.С. Остапенко

## **Секция 10. СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**БИРЮКОВ А.Д.**

Южно-Уральский государственный университет

### **МИКРОКЛИМАТ ГОРОДА И УЧЕТ ТЕПЛОВЫХ АНОМАЛИЙ ТЕРРИТОРИЙ С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ**

**BIRYUKOV A.D.**

South Ural State University

### **URBAN CLIMATE AND REGISTRATION OF THERMAL ANOMALIES OF TERRITORIES USING SATELLITE IMAGERY**

В данной работе приводится описание методики упрощенного картографирования температур поверхности городской среды (ПГС) с целью построения карты тепловых аномалий с последующим многолетним и разносезонным анализом. Полученные карты распределения температур могут быть использованы для проведения количественной оценки результатов мер по оптимизации городского микроклимата, а также влияния различных видов землепользования и параметров растительного покрова на городской остров тепла (УИ - urban heat island).

Для упрощения решения таких задач требуются методы, позволяющие произвести картографирование УИ с прилегающими территориями в достаточно высоком пространственном и временном разрешении. Для решения задач такого рода в настоящее время применяются спутниковые многоспектральные снимки, специальная обработка которых позволяет получать достаточно качественные карты температуры земной поверхности или LST-карты (land surface temperature) пригодные для исследований в региональных масштабах.

В работе обзорно описаны все стадии работы с тепловыми снимками Земли с точки зрения максимального ускорения процесса получения готовой температурной карты города с высоким качеством и максимальной стабильностью результатов для любых территорий и временных отрезков.

В рамках статьи последовательно рассматривается процесс получения, и обработки нескольких фрагментов спутниковых снимков одного и того-же участка городской территории в разное время года с разницей в 18 лет с последующим сравнением относительных температур в характерных областях.

В работе рассматривается наиболее быстрый и автоматизированный метод обработки снимков уровня L1 для аппаратов Landsat 7 (до 2003 года) и Landsat 8 (после 2003 года), в том числе: проведение атмосферной коррекции по методу DOS, расчет параметра emissivity на основе классификации поверхности. Обработка снимков проводилась в программном комплексе QGIS с использованием подключаемого расширения Semiautomatic Classification Plugin.

Описанные в работе методики будут полезны для исследований в области городского микроклимата и градостроительного проектирования, так как в значительной степени облегчат поиск надежного алгоритма получения и обработки спутниковых данных для наглядного представления тепловой структуры городской территории.

**Научный руководитель:** д.т.н., профессор В.Д. Оленьков

**БУЗИНА Д.А.**

Уральский государственный горный университет

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ОБЪЕКТОВ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ  
АЭРОФОТОСЪЕМОЧНЫХ РАБОТ**

**BUZINA D.A.**

Ural State Mining University

**THE REVERSE ENGINEERING AUTOMATION FOR THE OBJECTS OF THE  
URBAN DEVELOPMENT, BASED ON THE RESULTS OF AERIAL  
PHOTOGRAPHY**

На сегодняшний день в России реализуется национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», в которой большое внимание уделяется развитию геоинформационных технологий и использованию пространственных данных. Раздел «Умный город», включенный в эту программу, направлен на формирование эффективной системы управления городским хозяйством, создание безопасных и комфортных условий для жизни людей. Развитие данного раздела подразумевает использование пространственных данных для построения цифровых моделей зданий и сооружений, а также для дальнейшего оперативного управления городскими территориями.

В настоящее время создание 3D стереомодели методом обратного проектирования по результатам аэрофотосъемки осуществляется с помощью программного продукта PHOTOMOD. Однако для этой цели на Российском рынке присутствует ряд программных продуктов, позволяющих автоматизировать процесс подготовки цифровой модели и значительно сократить время камеральной обработки. К таким программным продуктам можно отнести Metashape и ContextCapture.

Цель работы: подтвердить или опровергнуть предположение о возможности использовать 3D модель, созданную автоматически по материалам аэрофотосъемки в случае реализации метода обратного проектирования.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- изучить автоматический процесс создания 3D модели по материалам аэрофотосъемки в программах Metashape и ContextCapture на конкретном примере и выполнить визуальное сравнение полученных результатов;
- выполнить сравнение трехмерных координат (X, Y и Z) характерных точек на 3D модели, полученной автоматически, и на 3D стереомодели, построенной в PHOTOMOD, на конкретном примере;
- на основании статистических методов сделать выводы о соответствии точности 3D моделей, построенных в автоматическом режиме требованиям Российского законодательства в области пространственных данных.

Данное исследование выполнялось на следующих объектах: промышленное предприятие; объект культурного наследия регионального значения «Флигель из состава Усадьбы Плотниковых».

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Е.А. Акулова



**ВДОВИН В.И.**

Северо-Восточный государственный университет

**СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КВАРТАЛЬНОЙ  
ЗАСТРОЙКИ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

**VDOVIN V.I.**

Northeastern State University

**MODERN CONCEPT OF THE FORMATION OF QUARTER BUILDINGS IN THE  
FAR NORTH**

Крайний Север является основным регионом по добыче недропользования в Российской Федерации. Добыча золота, серебра, олова, полиметаллов является профилирующей для Магаданской области.

Для сохранения существующего человеческого капитала и привлечение нового необходимы принципиально новые, качественные условия проживания в регионе. В положении сложной логистики, экстремальных климатических условий, ориентированная на комфорт и удобство проживания среда может стать определяющим фактором для предотвращения оттока населения.

Предмет исследования: принципы градостроительного проектирования, формирование микрорайонной и квартальной застройки в условиях г. Магадана и Магаданской области.

Цель исследования: разработка новых методов градостроительного проектирования в заданных климатических условиях, в условиях ограниченного спектра средств художественной и архитектурной выразительности, посредством уплотнения квартальной застройки без увеличения этажности, а также, сокращения радиусов обслуживания населения учреждениями и предприятиями, размещаемыми в жилой застройке.

Результаты исследования выявили возможность увеличения плотности застройки на 15% от нормативной, за счет использования особенностей характерного для региона рельефа, без ущерба для жилищной обеспеченности населения и качества архитектурно-художественной выразительности окружающей среды.

**Научный руководитель:** старший преподаватель В.В. Баль

**ГАТИНА Н.В.**

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

**МЕТОДИКА СИСТЕМАТИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИИ О МЕСТОПОЛОЖЕНИИ  
ПОДЗЕМНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ЕДИНОМ  
ГЕОИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

**GATINA N.V.**

National Research Tomsk Polytechnic University

**METHOD OF SYSTEMATIZATION OF INFORMATION ABOUT THE LOCATION  
OF UNDERGROUND ENGINEERING STRUCTURES IN A SINGLE GEOGRAPHIC  
INFORMATION SPACE**

Современные преобразования законодательства в сфере градостроительства подчеркивают важную роль актуализации информации о местоположении подземных инженерных сооружений, поскольку такая информация лежит в основе разработки документов территориального планирования, градостроительного зонирования, документов по планировке территории. В то же время планирование использования городских территорий ограничивается развитием неблагоприятных инженерно-геологических и гидрогеологических условий, что приводит к существенному усложнению процессов градостроительства, проектирования, а также строительства. Поэтому при учете местоположения существующих подземных объектов капитального строительства, необходимо основываться на анализе пространственной ситуации под землей, что требует наличия единой актуализированной базы данных о местоположении инженерных сооружений и инженерно-геологических условиях в масштабах города.

Неактуальность пространственных данных и отсутствие единого достоверного ресурса, содержащего необходимые сведения о местоположении и основных характеристиках подземных сооружений города может привести к не эффективным градостроительным решениям. В связи, с чем существует необходимость совершенствования процесса накопления и систематизации данных об объектах подземной инфраструктуры посредством создания и ведения единой актуализированной базы данных о подземным инженерных сооружениям в границах населенных пунктов.

Федеральным законом от 3 августа 2018 г. № 342-ФЗ были внесены значительные изменения в Градостроительный кодекс Российской Федерации в части дополнения материалами инженерных изысканий и планами надземных и подземных коммуникаций государственных систем обеспечения градостроительной деятельности, что, в свою очередь, предоставит возможность формировать цифровые банки данных подземного пространства, включающих в себя как объекты инженерной инфраструктуры, так и данные об инженерно-геологическом строении.

В работе выявлены причины отсутствия актуальных и достоверных пространственных данных о местоположении подземных сооружений г. Томска в информационных системах обеспечения кадастровой и градостроительной деятельности. В подтверждение существующих проблем, приводятся примеры неактуальных сведений о местоположении объектов инженерной инфраструктуры на дежурном плане города. Для решения данной проблемы, в работе предложена методика хранения и систематизации сведений о подземной инфраструктуре в едином геоинформационном пространстве.

**Научный руководитель:** старший преподаватель Козина М.В.

**ЗУБЕНКО М.В.**

Санкт-Петербургский горный университет

**КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
НОВОГО ТИПА НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ, АЗИИ И РОССИИ**

**ZUBENKO M.V.**

St. Petersburg Mining University

**THE CONCEPT OF FORMING A NEW TYPE EDUCATIONAL ORGANIZATIONS  
ON THE EXAMPLE OF WESTERN EUROPE, ASIA AND RUSSIA**

В условиях постиндустриального общества одним из приоритетных направлений являются образование для всех возрастных групп и его качество. Непрерывное образование как новая система профессионального и творческого роста, в которой человек на протяжении всей жизни постепенно учится, занимается самообразованием и самопознанием является залогом формирования гармоничной и самодостаточной личности и способствует благоприятному развитию государства в целом.

Своим появлением концепция непрерывного образования обязана международному сотрудничеству в рамках ЮНЕСКО, благодаря которому исследователи разных стран смогли наладить обмен идеями и национальным опытом. Главным фактором развития современного общества стал человеческий капитал – профессионалы, высокообразованные люди, которые представляют собой целостные личности с потребностью в развитии и способностью к совершенствованию навыков и умений, личностного роста. Рассматривая формирование центров непрерывного образования (далее ЦНО), где человек мог бы свободно реализовывать свою потребность в творческом развитии на протяжении всей жизни, обновлении знаний и совершенствовании навыков, возник вопрос о смене парадигмы образования, о будущем развитии образовательных программ и пересмотра существующих норм архитектурного формирования проектируемых зданий для осуществления образовательной деятельности.

Необходимость в новом построении образовательного процесса ставит перед архитекторами и градостроителями непростую задачу создания нового типа зданий ЦНО, где архитектурное формирование новых пространственных структур образовательных организаций, обладающих многозадачностью, будет проводиться с применением новых технологий строительства и с учетом современных тенденций построения образовательного процесса. Исследуя мировую и отечественную практику, следует выделить наиболее выдающиеся примеры, среди которых: школа искусств, дизайна и коммуникаций Наньянского технологического университета, Сингапур (NTU Center of Arts, design and media), спортивный зал для Gammel Hellerup Gymnasium в коммуне Хеллеруп, Дания; Ханчжоуский педагогический университет, г. Ханчжоу, Китай; «Умная школа», г. Иркутск, Россия; центр для одаренных детей «Сириус», г. Сочи, Россия.

В современных условиях требуется переосмысление и преобразование пространственной организации зданий дошкольных и общеобразовательных организаций с целью создания безопасной, комфортной и гармонично развивающей архитектурной среды с учётом достижений инноваций в архитектурно-строительной сфере и смежных областях знания. Согласно полученным данным, будут сформированы градостроитель-

ные и архитектурные требования к центрам непрерывного образования, рекомендации к проектированию подобных образовательных центров.

**Научный руководитель:** к. архитектуры, доцент И.В. Поцешковская

**КУСТОВ А.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **ВЛИЯНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ШКОЛ ВХУТЕМАСА И БАУХАУЗА НА СОВРЕМЕННУЮ АРХИТЕКТУРУ**

**KUSTOV A.A.**

St. Petersburg Mining University

## **THE INFLUENCE OF VKHUTEMAS AND BAUHAUS URBAN PLANNING SCHOOLS ON MODERN ARCHITECTURE**

Одним из сложных периодов в развитии архитектуры можно назвать начало XX века. Идеи появившегося архитектурного направления - рационализма - позволили влить новую жизнь в современный город и его структуру. Наибольшее развитие рационалистическим течениям дали две знаменитые архитектурные школы: советский ВХУТЕМАС и немецкий Баухауз.

Проектирование новых жилых кварталов, удовлетворяющих общественным потребностям и соответствующих технологическому развитию и эстетическим представлениям того времени, стало одной из основных архитектурных задач для обеих школ. Идея замены роскоши общедоступностью жилья получила большое распространение в 20-30-е гг. XX-го века. Социальный аспект в архитектуре и градостроительстве выходит на первый план. Наиболее интересными архитекторами-градостроителями этого периода, на мой взгляд, являются Смолицкий А.С., Букалова Л.М., Буров А.К. Наряду с ними, в частности, крупный вклад внес Ладовский Н.А. Он занимался разработкой планировок городов, которые могли бы со временем усложняться, но при этом сохранять взаимосвязь между функциональными зонами. На примере проектов промышленного поселка Костино (1927-1929) и подмосковного Зеленого Города, а также планов реконструкции Москвы можно говорить о Ладовском как об архитекторе, повлиявшем на будущее архитектуры и градостроительной теории. Аналогичная работа была проделана и приверженцами школы Баухауз, в частности, Ханнесом Майером. Ему принадлежат проекты планировки кооперативного поселения Фрайдорф (1919-1921) недалеко от Базеля, поселения Laubenganghäuser («Дома с выходом на балкон») [1929-1930], генерального плана Биробиджана (1933). Он также принимал участие в разработке плана реконструкции Москвы. Наряду с ним большой вклад в развитие градостроительных теорий своими исследовательскими трудами внес Людвиг Карл Хильберзеймер.

Разработки представителей обеих школ первой половины XX века, по сути, оказали определенное влияние на современное градостроительство. Исследования в области психофизиологических закономерностей восприятия человеком архитектурных форм, пространства и цвета получили свое отражение в проектах современных городов с комфортной средой.

**Научный руководитель:** профессор В.Н. Петров

**МАЛЫШЕВ Д.М.**

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

**ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ РИСКОВ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО  
РАЗВИТИЯ ИСТОРИЧЕСКОГО ГОРОДА**

**MALYSHEV D.M.**

Nizhny Novgorod State University of Architecture, Building and Civil Engineering

**ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL AND ANTROPOGENIC RISKS FOR THE  
SUSTAINABLE DEVELOPMENT HISTORIC CITY**

Работа посвящена формированию модели и оценке гидрогеологических процессов, создающих риски развития неблагоприятных ситуаций, угрожающих исторической части Нижнего Новгорода. Город возник на холмистом правом берегу Оки и Волги, возвышающимся над уровнем рек на 150 м и характеризующимся эрозионными процессами. Расширение города в 19 и 20 веках происходило на основе присоединения фабрично-заводских поселков крупных предприятий, которые вместе с историческим центром и сформировали современный Нижний Новгород. Заречная левобережная часть города характеризуется карстовыми и суффозионными процессами, которые обостряются под влиянием деятельности человека. Город подвержен риску затопления и подтопления в период весенних половодий, а также при авариях волжских гидротехнических сооружений. Геологические особенности расположения исторического Нижнего Новгорода приводят к аккумуляции в понижениях рельефа вредных веществ, выбрасываемых и сбрасываемых промышленностью и транспортом, что ведет к загрязнению почв и образованию линз нефтепродуктов. Ландшафтно-бассейновый подход позволяет объединить риски в систему поддержки устойчивого развития.

**Научный руководитель:** к.э.н., доцент А.В. Иванов

**МАРКЕВИЧ И.В.**

Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств

**ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА СОЗДАНИЕ КОМФОРТНОЙ  
ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В ГОРОДАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

**MARKEVICH I.V.**

Novosibirsk state University of architecture, design and arts

**FACTORS THAT INFLUENCE THE CREATION OF A COMFORTABLE URBAN  
ENVIRONMENT IN THE CITIES OF WESTERN SIBERIA**

В данной работе были рассмотрены факторы, оказывающие влияние на создание комфортной и безопасной городской среды, и которым уделяется мало внимания в документах территориального планирования.

Факторы напрямую зависят от территориального положения городов, таким образом для анализа были взяты следующие города: Тюмень – Омск – Новосибирск – Томск – Кемерово – Барнаул. Их можно сопоставить по многим признакам (климатиче-

ская зона, все они основаны на крупных реках, каждый из них обладает собственной зоной историко-культурного наследия), при этом они обладают и различиями (температура и влажность атмосферного воздуха, сезонные осадки, скорость и господствующее направление ветра и пр.). Отличаются и природные зоны разных городов, исторический возраст, численность населения и др. Все эти факторы напрямую влияют на состояние городской среды исследуемых поселений.

Целью работы является выяснить, как с использованием данных определённого набора факторов, можно помочь при создании комфортной и безопасной городской среды. Выбранные факторы были разбиты на группы с целью изучения их влияния, на состояние и изменение городской среды, а также возможность использования полученных данных при проектировании поселений. В ходе работы были обозначены 4 пофакторные группы: климатические, природные, общегородские, планировочные.

Документы территориального планирования, чётко регламентированы и уже не могут включать объем с такой динамично меняющейся информацией, поэтому целесообразно стоит рассмотреть поэтапный переход при создании градостроительной документации, к документам мастер-плана. Мастер-план допускает включение в себя широкого спектра дополнительных условий, в том числе и рассматриваемые факторы, а также имеет возможность создания эталонов визуальных образцов, что значительно упрощает работу при проектировании городской среды.

Невозможно игнорировать рассмотренные факторы, оказывающие влияние на городскую среду (продуваемость территории, ширина проезжей и пешеходной частей, частота зеленых насаждений), которые могли бы заложить основу при формировании сибирских городов. И очень важно обратить внимание на то, что в разных городах данные факторы имеют разную степень влияния на уровень комфортности городской среды, что в сумме может дать нам совершенно разные варианты планировочных решений. Необходимо стремиться к более подробному и детальному изучению существующей градостроительной ситуации: обновление розы ветров, сохранение природного ландшафта, увеличение дисперсных рекреационных зон, проектирование с учетом историко-культурного наследия, сохранение традиционных принципов и особенностей городов. Тем самым получать больше информации о том, как сделать сибирские города лучше, а жизнь в них, привлекательнее.

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент В.А. Тимонов

**МОСКОВЧЕНКО А.А.**

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

**ОЦЕНКА ЭЛЕМЕНТОВ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА  
ТЕРРИТОРИИ Г.ТОМСКА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО  
АНАЛИЗА**

**MOSKOVCHENKO A.A.**

National Research Tomsk Polytechnic University

**ESTIMATION OF ELEMENTS OF URBAN PLANNING POTENTIAL OF TOMSK  
ACCORDING TO RESULTS OF GEOINFORMATION ANALYSIS**

На сегодняшний день одним из главных приоритетов государственной политики является повышение уровня жизни населения. Строительство объектов социальной инфраструктуры одно из главных направлений в данной сфере, которое оказывает влияние на привлечение инвестиций в экономику города.

Город Томск - крупный образовательный, научный и инновационный центр, на территории которого функционируют 70 общеобразовательных учебных учреждения, несмотря на это в г. Томске наблюдается дефицит учреждений общего образования.

Во-первых, по причине увеличения числа обучающихся. Динамика изменения численности населения положительна, так как наблюдается увеличение численности населения с 2013-2019 г. как в Томске, так и по Октябрьскому району. Вторым фактором является необходимость организации образовательного процесса в одну смену.

В связи с чем возникает необходимость в определении местоположения таких объектов на территории Октябрьского района и поиск свободных земельных участков согласно градостроительным нормативам.

В настоящем исследовании приведены результаты применения информационных технологий для оценки градостроительного потенциала территории на примере г. Томска. В работе представлен ГИС-анализ территории самого крупного района города Томска, который происходил в два этапа. На первом этапе был оценен градостроительный потенциал территории по социально-значимому фактору – потребность в объектах социальной инфраструктуры. С использованием программного обеспечения ArcGIS for Desktop и картографического материала из данных BaseMap была создана схема расположения общеобразовательных учреждений в Октябрьском районе г. Томска. Согласно разработанной схемы видно, что не вся территория жилой застройки Октябрьского района входит в радиус обслуживания школ, что говорит о несоответствии градостроительных нормативов, а также заполняемость школ сверх нормы.

Вторым этапом на основе результатов оценки в исследовании был предложен вариант поиска земельного участка для возможного размещения общеобразовательного учреждения (школа) на исследуемой территории.

**Научный руководитель:** старший преподаватель М.В. Козина

**НАУМОВ М.А.**

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО И  
МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВ В ПРЕДЕЛАХ  
ДЕСТРУКТИРОВАННЫХ СВАЙНЫХ ОСНОВАНИЙ ПАМЯТНИКОВ  
РУССКОЙ АРХИТЕКТУРЫ**

**NAUMOV M.A.**

Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting

**INVESTIGATION OF CHANGES IN THE CHEMICAL AND MINERALOGICAL  
COMPOSITION OF SOILS WITHIN THE DESTROYED PILE FOUNDATIONS OF  
RUSSIAN ARCHITECTURAL MONUMENTS**

В статье рассматриваются особенности одной из причин потери несущей способности грунтов оснований, обусловленной образованием полостей-«стаканов», вследствие сгнивших свайных фундаментов, а именно изменение химического и минералогического состава грунтов на контурах свай. В качестве примера рассмотрены фундаменты церкви Иоанна Богослова в деревне Каменки Московской области.

Памятники русской архитектуры, являясь объектами культурного наследия, нуждаются в охране и сохранении. Памятники архитектуры представляют собой сложную историческую природно-техническую систему (ИПТС). Для правильного управления данной системой требуется особый комплексный специальный подход, который будет учитывать не только инженерно-геологические условия, но и конструктивные характеристики памятника, его историю постройки и эксплуатации. Связано это с тем, что рассматриваемые в работе сооружения, функционируют уже несколько столетий и в большей степени подвержены разрушающему воздействию окружающей среды.

Одной из главных причин разрушений памятников архитектуры является потеря несущей способности грунтов основания. В русской строительной школе прослеживаются определенные тенденции строительства на разных исторических этапах. Для XIV-XVII веков было характерно использование при устройстве фундаментов деревянных свай. Сваи погружались забивным способом и носили, по-видимому, уплотнительную функцию, что явилось своего рода приемом технической мелиорации грунтов. Использование свай принесло свои плоды, что связано в первую очередь с повышением несущей способности грунтов оснований за счет их уплотнения, однако оно не исключило развития деформаций зданий во времени, что объясняется неустойчивостью древесины к воздействиям окружающей среды.

В результате гниения древесины в массиве грунтов образуются открытые полости-«стаканы». При действии дополнительных напряжений от веса здания памятника происходит разрушение структуры грунта и потеря им несущей способности, что подтверждается экспериментальными данными: снижение модуля общей деформации на этапе деструкции оголовков свай с 9,3 МПа до 4,1 МПа (для покровных суглинков).

Однако, на примере обследования фундаментов церкви Иоанна Богослова мы можем увидеть, что «стаканы» сохранили свою форму и лишь частично заполнены вмещающим грунтом (в верхней части). Обнаружена зона измененного грунта серого цвета, окружающая полость, предположительно, сформированная за счет взаимодействия грунта с органическими веществами. На стенках полости обнаружены корки изме-



ненного грунта. Химический и минералогический состав этих корок до конца не ясен. По данным лабораторных исследований в их составе возможно наличие минералов кальцита и доломита. Предполагается, что их образование связано с вымыванием из бутового фундамента известково-песчаного раствора в полости сгнивших свай.

Исходя из полученных данных, можно выдвинуть несколько гипотез причин сохранности открытых полостей-«стаканов»:

- отложение на стенках полостей минеральных веществ вымытых из известково-песчаного раствора;
- взаимодействие грунтов с органическими кислотами;
- взаимодействие грунтов и микроорганизмов, вследствие чего - появление новых структурных связей.

Дальнейшее изучение вопроса требует более точных лабораторных исследований. Понимание данного процесса изменения грунтов основания необходимо для правильной оценки состояния фундаментов памятников архитектуры и прогноза их дальнейшей работы.

**Научный руководитель:** к.г.-м.н., доцент И.А. Дёмкин; к.г.-м.н., доцент Ф.К. Буфеев

**ПЕРШИН В.А.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **РЕВИТАЛИЗАЦИЯ НАБЕРЕЖНЫХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

**PERSHIN V.A.**

St. Petersburg Mining University

## **REVITALIZATION OF SEAFRONT ST. PETERSBURG**

На основе сравнительного анализа современного Российского и зарубежного опыта ревитализации прибрежных и общественных зон в работе рассматриваются различные подходы по её организации. Идёт анализ принципов и основных критериев существующих проектов организации общественных пространств. Выявлена и обоснована необходимость решения существующих проблем городской среды.

На сегодняшний день актуальной проблемой г. Санкт-Петербург является эстетическая и функциональная ограниченность набережных с большим количеством наземного транспорта. Припаркованные и движущиеся автомобили занимают большую часть поверхности объекта и отнимают потенциальное пешеходное пространство.

Ни один из городов мира в XVIII и XIX веках не знал столь значительных градостроительных мероприятий по укреплению берегов рек и каналов, как Петербург. Наряду с набережными Невы возводятся гранитные берега Екатерининского (теперь Грибоедова) и Крюкова каналов, рек Фонтанки и Мойки, осуществляется облицовка гранитом стен Петропавловской крепости и т. д. Только за 25 лет, в 60–80-е годы XVIII столетия, было построено свыше 30 км гранитных набережных. Для этого понадобилось расчистить русла рек, вырыть новые каналы, укрепить берега сотнями тысяч свай, уложить десятки тысяч кубических метров гранита и еще больше бутовой плиты.

Начиная с 70-х годов XX века и по сей день доступ к воде является новой городской ценностью. В эпоху приоритета экологических ценностей прибрежные территории приобрели особое значение в городской среде.

Существует 13 ключевых принципов создания общественных пространств на набережных. Их вывела фирма НКО Project for Public Spaces на основании своего опыта трансформации набережных в общественные пространства:

1. приоритетная цель – общественная;
2. согласование концепции с локальным сообществом;
3. создание точек притяжения;
4. соединение точек притяжения парками и зелёными зонами;
5. оптимизация публичной доступности;
6. концепция всегда должна соответствовать ожиданиям жителей;
7. общественная насыщенность территории;
8. умеренный баланс зелёных зон;
9. проектирование зданий с общественным пространством на первых этажах;
10. различные виды общественного транспорта;
11. сезонные мероприятия;
12. создание знаковых многофункциональных объектов;
13. управление территорий.

Обращаясь к мировому опыту ревитализации прибрежных зон можно рассмотреть несколько отличных примеров, таких как:

- набережная Ист-Ривер (Нью Йорк, США);
- набережная района Хафенсити (Гамбург, Германия);
- набережная Осло-фьёрда (Осло, Норвегия).

Российский опыт городов Москвы и Санкт-Петербурга может похвастаться организацией Крымской набережной и порта Севкабель.

Санкт-Петербург нуждается в преобразении прибрежных территорий. Они должны нести необходимую и комфортную для жизни функцию, которая обеспечит людей местами для прогулок и мероприятий, которая сделает тесные от автомагистралей улицы просторными бульварами и площадками с доступом к воде. Всё это станет ближе с появлением комплексного плана развития городских пространств и набережных.

**Научный руководитель:** доцент М.П. Копков

**ПОГОДАЕВА М.И.**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХУРОВНЕВОЙ И ОДНОУРОВНЕВОЙ  
МОДЕЛИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ**

**POGODAEVA M.I.**

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

**COMPARATIVE ANALYSIS OF TWO-LEVEL AND SINGLE-LEVEL  
TERRITORIAL PLANNING MODELS**

В связи с неизбежным ростом урбанизации в мире и в России в частности - проблема эффективного пространственного развития становится все более актуальной. Территориальное планирование может осуществляться по двум моделям – одноуровневой и двухуровневой. Одноуровневая модель представляет собой составление только одного проектного документа – генплана. Двухуровневая – генплана и мастер-плана, которая предполагает разведение компетенций по срокам планирования. Мастер-план в такой модели не заменяет генплан, а является целевым прогнозом, политическим соглашением. Двухуровневую модель планирования выбирает все большее количество городов по всему миру, в особенности крупные города и города-мегаполисы: Париж, Сингапур, Токио, Шанхай. Пермь стала первым городом в отечественной практике, где была применена эта модель. Далее мастер-план был разработан для агломерации Березники–Соликамск–Усолье, Воронежа, Москвы. Однако применение двухуровневой модели для РФ оказалось неоднозначно и неоднократно подвергалось критике. Для проверки гипотезы положительного влияния составления мастер-плана в территориальном планировании в РФ, в данной работе проведен сравнительный анализ реализации проектов в городах РФ, различающихся численностью населения, уровнем финансирования, количеством реализованных задач генплана. Для оценки качества реализованных проектов были изучены критические статьи и доклады правительства о ходе реализации генплана. Анализ подтвердил положительное влияние применения мастер-плана.

**Научный руководитель:** ведущий градостроитель ООО «Гарант кадастр»  
А.А. Галактионова

**САХАПОВА К.Р.**

Санкт-Петербургский горный университет

**УМНЫЙ ГОРОД: ПРЕИМУЩЕСТВА И ПРОБЛЕМЫ**

**SAKHAROVA K.R.**

St. Petersburg Mining University

**SMART CITY: ADVANTAGES AND CHALLENGES**

Каждая эпоха строит свои города, и сегодня человечество вступает в четвертую промышленную революцию. Внедрение и использование технологий умного города

отвечает актуальным тенденциям развития постиндустриального общества. Искусственный интеллект и современные smart-технологии стали играть важную роль во всех сферах деятельности, в том числе, в городском планировании.

Понятие «умный город» – собирательный образ города будущего, в котором работа будет протекать продуктивно и быстро при более интенсивной социальной загруженности. Это интегрированная концепция эффективного развития городского пространства с целью улучшения качества жизни горожан и природосбережения. Предполагается, что цифровой интеллект умного города позволит правильно и рационально расходовать природные и человеческие ресурсы. Умный город – это бережливый мегаполис. Важная роль отводится информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ), влияющим на повышение производительности и экономики, а также интеллектуальным транспортным системам (ИТС), «умной» энергетике, бережному водопользованию, «умному» управлению отходами, безопасности.

Первые концепции умных городов фокусировались на инвестициях в развитии инфраструктуры. Ориентированные на создание комфортной для человека среды экспериментальные поиски, основанные на массиве данных, в настоящее время исследуются при обсуждении городов будущего. Технологии smart-city позволяют в режиме on-line идентифицировать человеческие потребности. Основная проблема проектирования новых пространств или модернизации существующих заключается в быстро меняющихся потребностях человечества и еще более быстро развивающихся технологиях, которые окружают и поддерживают эти потребности. Технология интернета вещей (IoT) способствует развитию идеи построения умных городов.

Одновременно, при реализации концепции умного города следует проанализировать и сократить существующие риски (например, заражения общедоступных online-платформ). Основная опасность заключается в возможности кибератак с целью устройства в критической инфраструктуре нарушений транспортной системы и созданию намеренных ДТП, перебоев в подаче электроэнергии, перехвата управления устройствами и системами, кражи корпоративной информации или личных данных пользователей. Для безопасности умного города необходимо: уделять большое внимание кибербезопасности (осуществлять регулярный контроль качества и тестирование системы на предмет проникновения; настроить аутентификацию и регулировать общественные каналы коммуникации); создать центр реагирования на возможные инциденты; внедрить отказоустойчивую систему; обеспечить стабильное обновление программного софта; настроить ручное управление.

**Научный руководитель:** к. архитектуры, доцент И.В. Поцешковская

**СКРЯБИН П.В.**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

## **ОСОБЕННОСТИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ ЮГА СИБИРИ**

**SKRYABIN P. V.**

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

## **FEATURES OF URBAN DEVELOPMENT IN THE SOUTH OF SIBERIA**

Статья посвящена вопросам выявления факторов, определяющих историческое развитие каркаса расселения, места размещения исторических городов, их типологию и планировочные особенности.

Цель исследования – выявить факторы, определяющие размещение и направление исторического развития системы городов в южной части Сибири. К Югу Сибири автор предлагает отнести пространство, ограниченное с востока берегом Байкала, с севера линией современной Транссибирской железнодорожной магистрали, с юга государственной границей Российской Федерации. В рамках данной цели автором были решены три основные задачи:

1. Выявлены исторические этапы развития системы городов в Сибири. Первый этап «речной» (XVI – начало XVIII века) характеризуется меридиональным направлением вектора градостроительного освоения по рисунку речной сети – все поселения того времени развивались при слиянии нескольких рек. Вторым этапом «дорожный» (первая треть XVIII – конца XIX века) отмечен строительством Московско-Сибирского тракта, соединившего в широтном направлении города: Екатеринбург – Ялуторовск – Ишим – Омск – Колывань – Томск – Ачинск – Красноярск – Иркутск. Третьим этапом железнодорожный (конец XIX – начало XX века), связан со строительством Великой Транссибирской железнодорожной магистрали, соединившей европейскую часть со странами Дальнего Востока (Китаем и Кореей) Строительство Транссибирской магистрали сформировало в Южной части Сибири современный каркас расселения, состоящий из коридоров расселения на основе широтных транспортных осей и меридиональных природных осей расселения – крупных сибирских рек.

2. Выявлена типология территорий размещения исторических городов в Сибири. Дисперсное развитие сельскохозяйственных поселений, сгруппированных вокруг города-центра с веерно-лучевой схемой уличной сети характерное для слияния более двух рек (Барнаул, Колывань, Томск). Линейная форма развития по одной осевой линии, параллельной берегу реки (Минусинск, Бийск) характерная для гор и предгорий Саян. Линейно-осевой тип для городов расположенных на высокой возвышенности в перешейке узких речных петель, замкнутой с трёх сторон водой (Тобольск).

3. Обозначены природно-ландшафтные факторы, обуславливающие планировочные особенности исторических городов на Юге Сибири. Первый природно-ландшафтный фактор – это рельеф. Города размещались с учётом направления по рельефу водного стока. Вторым природно-ландшафтным фактором – это геологические качества земной поверхности, то есть глубина залегания устойчивого скального основания. Третьим фактором – наличие большой реки, как источника пресной воды (во времена освоения Сибири водоснабжение городов обеспечивалось из открытых водоёмов), композиционно городская застройка всегда имела раскрытие на берег реки.

**Научный руководитель:** д. архитектуры, профессор А.Г. Вайтенс

**СОРОКА А.Н.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **РЕВИТАЛИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИНЦИПАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

**SOROKA A.N.**

St. Petersburg Mining University

## **REVITALIZATION OF INDUSTRIAL TERRITORIES ON THE PRINCIPLES OF SUSTAINBLE DEVELOPMENT**

Уже с середины XIX века в связи с ростом городов требовались изменения в их планировочных решениях. Это было связано с обилием рассредоточенных вокруг исторической части города объектов производственного назначения. Развитие научно-технического прогресса повлекло за собой массовую индустриализацию во второй половине XIX – начале XX веков. В это время в крупных городах наблюдается строительство заводов и фабрик ближе к железнодорожным транспортным путям, являвшихся одновременно границами города рубежа веков. Развиваясь территориально в XX веке, города в своей центральной исторической части, сохранили индустриальную застройку XIX века. В конце XX – начале XXI веков возникла проблема выноса промышленных предприятий за черту города, приспособления утративших функциональное значение исторических промышленных зданий (ставших, в большинстве своём, объектами культурного наследия), ревитализации городских пространств, получивших определение так называемого «серого пояса». Ревитализация промышленных территорий означает процесс воссоздания, наполнения новыми функциями городского пространства. В процессе «возвращения к жизни» городских пространств архитекторами и градостроителями проводятся детальные исследования. При ревитализации применяется комплексный подход, учитывающий сохранение аутентичности и идентичности городской пространственной среды.

Особое место здесь отводится прибрежным некогда индустриальным зонам. В крупных городах большой процент территорий у воды занимают именно постройки производственного назначения. Деиндустриализация этих территорий, т. е., «расселение» заводов освободит большие участки для дальнейшего пользования жителями города, произойдёт «социализация» этих участков. Будет возвращён доступ горожанам к воде, прибрежные территории «оживут».

Примерами ревитализации таких районов могут служить прибрежные зоны в относительной близости с исторической застройкой. Например, набережная Кальвебод Брюгге в Копенгагене. Это многоуровневая зона отдыха, представленная дорожками, которые расположены не по берегу, а над водой, была построена в 2013 году бюро JDS Architects.

В Нью-Йорке была разработана «Программа ревитализации береговой линии» (The New-York City Water front Revitalization Program (WRP)), которая регулирует развитие прибрежных территорий.

С 2008 года ведутся масштабные работы по реализации проекта освоения прибрежных пространств Fjord City в Осло. При ревитализации данной территории, помимо непосредственно реставрации исторических промышленных зданий и изменению их функционального назначения, проводятся работы по намыву прибрежных территорий и расширению береговой линии.

В Санкт-Петербурге одним из первых подобных реализованных проектов стал «Порт СевКабель», «оживлением» которого занимается компания Miles&Yards. Главной задачей являлось создание в прибрежной части Васильевского острова «точки притяжения» и выхода к морю открытым общественным пространством. В целом проект можно считать успешно реализованным.

Проблема неиспользуемых промышленных территорий в Северной столице представлена «серым поясом». Это условно выделенная градостроителями территория, «окольцовывающая» или «опоясывающая» центральную часть города. Проводятся конкурсы по её ревитализации, в которых принимают участие отечественные и зарубежные архитектурные бюро.

Среди примеров сохранения аутентичности подобных городских территорий, включающих историческую индустриальную застройку, следует отметить создание общественных функциональных зон с арт-пространствами. В городах набирает обороты уже не новое «loft-явление», выразившееся в приспособлении бывших объектов производственного назначения под новую функцию. Лофт-пространства возникли во многих странах, в большинстве своем, имеют жилую функцию, и наиболее популярны стали в Нью-Йорке.

Следует отметить, что ревитализация – сложный процесс, при котором некогда периферийные или прибрежные промышленные территории, становятся общественными центрами притяжения городской жизни. Это относительно новый метод проектирования новых функциональных городских зон, поскольку массовая перестройка, реконструкция заводов и фабрик под жилые кварталы может «задушить» город. На сегодняшний день к проектам ревитализации промышленных территорий всё ещё подходят с осторожностью из-за необходимости регулирования большого числа городских структур и серьёзных финансовых вложений, однако, необходимость и актуальность этих процессов неоспорима.

**Научный руководитель:** к. архитектуры, доцент И.В. Поцешковская

**УВАРОВА А.А.**

Уральский государственный горный университет

### **ЭКОНОМИКО-СОЦИАЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ ПРОЕКТА РЕВИТАЛИЗАЦИИ ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ГОРОДА ИРБИТ**

**UVAROVA A.A.**

Ural State Mining University

### **ECONOMIC AND SOCIAL EFFECT OF THE REVITALIZATION PROJECT OF THE HISTORICAL CENTER OF IRBIT CITY**

В данной статье рассмотрена экономическая составляющая результатов процесса ревитализации и реконструкции городских территорий малых городов.

Объектом исследования является часть исторического центра города Ирбит, Свердловской области.

Результаты исследования показали, что объекты исторических центров малых городов, в большинстве случаев, были построены до XIX в. Преимущественно, объекты исторического центра не поставлены на государственный кадастровый учет и фактиче-

ски не имеют кадастровой стоимости. Это связано с тем, что подход к оценке уникальных исторических объектов недвижимости не совершенен. Под такими объектами зачастую формируются лишь земельные участки, для расчета кадастровой стоимости которых, применяются утвержденные коэффициенты. Опираясь на информацию из открытых источников, можно предположить, что результаты кадастровой оценки, выполненной до 2010 года, на сегодняшний день не актуальны.

Проект реконструкции и ревитализации территории исторического центра повлечет за собой образование новых земельных участков, изменение видов разрешенного использования и других характеристик объектов недвижимости, что обеспечит комфортность городской среды.

Автором статьи проведен сравнительный анализ существующих данных по кадастровой оценке и перерасчет рыночной стоимости земельных участков с учетом вновь выявленных ценообразующих факторов и, как следствие, изменение кадастровой стоимости и земельного налога.

В результате проведенных исследований продемонстрирована потенциальная привлекательность для инвесторов, что также открывает новые источники пополнения дохода для ограниченного местного и регионального бюджета.

**Научный руководитель:** к.п.н., доцент С.А. Бедрина

**ХАРЛАМОВА Е.В.**

Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова

## **ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ НОВОГО ГОРОДА-ЦЕНТРА В СИСТЕМЕ РАССЕЛЕНИЯ СИБИРИ**

**KHARLAMOVA E.V.**

Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts named after A.D. Kryachkov

## **PREREQUISITES FOR THE FORMATION OF A NEW CITY-CENTER IN THE SETTLEMENT SYSTEM OF SIBERIA**

В работе рассматриваются предпосылки формирования нового города-центра в системе расселения Сибири. Выдвигается предложение по формированию нового города-центра в зоне влияния Новосибирска.

В условиях изменения границ современной России, исторически сложившихся и растущих диспропорций в размещении природных ресурсов и производительных сил страны, на фоне быстрого роста экономического и политического потенциала стран Азиатско-Тихоокеанского региона, градостроительное освоение восточных территорий России сохраняет свою социально-экономическую и геополитическую актуальность и требует, в первую очередь, развития транспортной инфраструктуры, а также формирования в экономически перспективных «точках роста» новых городов - центров расселения, в том числе города со столичными функциями как противовеса непомерной централизации этих функций на западных, ставших окраинными территориях.

В этой связи представляют интерес предложения политиков и учёных, высказавшихся в пользу делегирования на современном этапе части столичных функций государства в Западную Сибирь, по сути - центральную часть России.



Предпосылками к формированию нового города-центра в системе расселения Сибири можно считать следующие факторы: географический, геополитический, геостратегический, социально-экономический, климатический. При этом представляется важным попутное внедрение новых подходов в функционально-планировочном и архитектурно-пространственном формировании новой градостроительной системы.

Строительство нового города на необжитых территориях – это достаточно прямой и бесспорной инициатива, требующая серьёзных инвестиций, сопряжена с определённым риском. Максимальный учёт начальных условий для его формирования может предотвратить большую часть возможных рисков. Поэтому очевидно, что формировать новый город-центр предпочтительнее на базе уже существующей градостроительной системы.

Образующий опорный каркас Сибирского региона, новый город-центр может быть размещён в зоне влияния такого крупного города, как Новосибирск, с его естественной региональной столичной функцией. Он должен стать и крупным финансово-экономическим центром, что позволит получить синергетический эффект от бизнеса для восточных территорий страны.

Город-центр в Сибири позволит добиться более равномерного и справедливого распределения общественных ресурсов и возможностей, а также будет способствовать интеграции России с Азиатско-Тихоокеанским регионом.

**Научный руководитель:** д-р архитектуры, профессор Г.Н. Туманик

**ШАПИРО С.Л.**

Санкт-Петербургский горный университет

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ НАБЕРЕЖНЫХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

**SHAPIRO S.L.**

St. Petersburg Mining University

### **RECONSTRUCTION OF THE HISTORICAL EMBANKMENTS OF SAINT PETERSBURG**

В работе предлагается оценка и обоснование возможности создания и использования на исторических набережных зоны свободной от автомобильного транспорта.

I. Правовые аспекты:

- существующие городская и федеральная законодательная база;
- инициатива городских властей в части адаптации законодательной базы и стимулирование инвестиций.

Проекты, предусматривающие концепцию пешеходных набережных с велодорожками (максимум электротранспорт) это масштабные проекты. А все знаковые и масштабные проекты реконструкции прибрежных территорий осуществляются по инициативе или при участии городских властей. Это обеспечивает единую стратегию развития городской территории, управление проектом с учетом необходимости предоставления особых градостроительных режимов, а также стимулирование инвестиций за счет предоставления льгот и преференций девелоперам.

Набережные водных объектов являются публичными территориями по Водному кодексу (режим береговой полосы), которыми должен заниматься субъект РФ

II. Исторические аспекты застройки набережных, прибрежных территорий и их функционального использования в Санкт-Петербурге.

В период 1712-1724 годов Петр I несколько раз менял план застройки Петербурга, но каждый план включал застройку вдоль набережных, т.к. движение осуществлялось водным транспортом. Складывалась система сухопутных, морских и речных дорог и трасс. Акватория Невы и вновь прокладываемые каналы были включены в транспортную систему города. Таким образом, набережные в центральных районах города с одной стороны исторически сложившиеся транспортные магистрали города, а с другой стороны это зоны наиболее значимых историко-культурных объектов, подлежащих охране.

Набережные, расположенные в зоне исторического центра, характеризуются сложившимся фронтом застройки. Данное обстоятельство ограничивает возможности внесения радикальных изменений в планировочную структуру этих территорий

III. Обзор нереализованных концепций разграничения транспортных и пешеходных потоков в исторической части Санкт-Петербурга.

Начиная с конца XX века предлагалось достаточно много проектов предусматривающих возможность подземного строительства в центральной исторической части города, например устройство входа в Русский музей, проект по Дворцовой площади, а в более поздние годы появились проекты связанные с разгрузкой набережных от машин. Одним из таких проектов являлся проект Невского тоннеля М.Я. Ицкова.

IV. Обзор зарубежного опыта. На сегодняшнем этапе развития общества акценты смещаются в сторону создания устойчивой системы, при которой главным становится необходимость сохранения природного и экологического баланса. Также смещаются приоритеты в проектировании в сторону создания комфортной среды для пешеходов и велосипедистов. Важность транспортной функций при этом уменьшается, на первый план выходит рекреационное значение набережных. Обеспечивается проницаемость территорий и улучшается связь прилегающих территорий с акваторией. Примером этому является ряд проектов, реализованных в последние несколько лет.

Важной частью зарубежных стандартов является формирование подхода к определению пространственных границ прибрежной территории. Они включают в себя не только набережную до красных линий застройки, но и прилегающие улицы, связанные визуально с набережной и влияющие на восприятие водной поверхности.

Классификация прибрежных территорий начинается с определения функциональной принадлежности рассматриваемого пространства, а также места размещения набережной в городской структуре. При этом оцениваются объекты, расположенные в непосредственной близости и участвующие в формировании восприятия пространства, а также природные и экологические факторы.

V. Обзор современных проектов в зонах индустриальной застройки.

VI. Предложения по концепции. Научно-исследовательский и проектный центр Генерального плана Санкт-Петербурга разработал концепцию, сейчас концепция проходит корректировку и будет представлена на общественное рассмотрение летом 2020 года.

**Научный руководитель:** доцент кафедры архитектуры М.П. Копков

**ШАЦКОВА С.А., ИВАНОВА Ю.А.**

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

## **ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ БЫВШИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ ШВЕЦИИ**

**SHATSKOVA S.A., IVANOVA J.A.**

St. Petersburg State University of Economics

## **URBAN TRANSFORMATIONS OF FORMER INDUSTRIAL TERRITORIES IN LARGE CITIES OF SWEDEN**

В данной работе рассматривается вопрос градостроительных преобразований промышленных территорий в современных городах на примере городских государственных проектов Швеции.

Сегодня наследие бывших индустриальных центров представляет собой обширные территории не функционирующих заводов, речных портов, складских зон, обремененных неблагоприятным экологическим состоянием окружающей среды. За рубежом проекты модификаций таких пространств направлены на «переосмысление» самого города, с фокусированием на его ключевых стратегических достоинствах, обуславливающих комплекс мер, предпринимаемых муниципалитетами с целью повышения конкурентоспособности города.

На государственном уровне была принята программа (1998 г.), целью которой ставилось достижение устойчивой модернизации в планировании, строительстве и управлении недвижимостью; использование новых технологий в строительстве и в энергетической и экологической политике.

В третьем по величине городе Швеции Мальмё в качестве наглядной демонстрации возможностей городского развития в 2001 г. была организована выставка «Vo01: город завтрашнего дня». Расположение выставочного района было выбрано на северо-западе города, на месте бывшей судовой верфи и фабрики.

Согласно стратегии развития в проекте должны были реализоваться такие идеи как: связанность среды и взаимодействие социальных групп, мелкомасштабность жилых объектов с различными характеристиками и арендной платой, устойчивое развитие новых направлений максимальной интеграции с природной средой на разных уровнях.

Относительно Стокгольма в начале 1990-х был задуман проект развития городского района Hammarby Sjostad (швед. Город вокруг озера). Идеология проекта предполагала уменьшение потребления ресурсов в два раза, требуя от жителей самоорганизации, а от застройщика соблюдения предписанных инструкций экологической программы, где оговаривались все нюансы строительства. Территорию разделили на 12 микрорайонов, для каждого из которых был выбран дизайн-код, в котором оговаривались пункты характеристик (расположение, дизайн, конструкция, архитектурный стиль, типология зданий и т.п.).

Шведский опыт показывает, что для достижения успеха нужно выстраивать продуманную схему, имеющую целостный характер, где государство заинтересовано в развитии городов и технологий, а потребитель же получает экологичную среду.

**Научный руководитель:** к.э.н., доцент Н.А. Ермакова

**ШАШКОВА М.А.**  
Санкт-Петербургский горный университет

**ОРГАНИЗАЦИИ ГОРОДСКОЙ ОБЩЕСТВЕННОЙ СРЕДЫ:  
МНОГОВАРИАНТНОСТЬ РЕШЕНИЙ**

**SHASHKOVA M.A.**  
St. Petersburg Mining University

**ORGANIZATIONS OF THE URBAN PUBLIC ENVIRONMENT:  
DIVERSITY OF DECISIONS**

Организация городской среды оказывает непосредственное влияние на качество и уровень жизни населения. В современных условиях преобразования городской среды одной из наиболее актуальных проблем является формирование общественных пространств. Наиболее востребованными становятся многоцелевые объёмно-пространственные образования (магистральные улицы общегородского значения и районного значения, улицы местного значения, пешеходные улицы и площади).

Функционально-пространственные характеристики городской среды определяют выбор методов и параметров проектирования. Функциональная классификация и правила проектирования подразделяют улицы в зависимости от назначения, типа застройки, интенсивности (пропускной способности) транспортного и пешеходного потоков, что, в целом, влияет на параметры городских пространств.

Термин «street life» вошёл в обиход специалистов по организации пространств городских улиц и отражает, в том числе, многовариантность. Общим остаётся подход на принципах гуманизации среды. Доступность для разных групп населения и комфортность общественного транспорта во взаимосвязи с решением проблемы парковки, внедрение альтернативных видов транспорта (например, велосипеда), использование новых технологий за счёт использования альтернативной энергии должны способствовать экоустойчивости среды.

Немаловажным фактором становится интеграция зелёной растительности как разграничительного барьера, экрана между транспортными и пешеходными потоками, введение небольших зон отдыха (посредством организации небольших кафе на первых этажах или со стороны прежних «островных» парковочных карманов). Искусственные формы рельефа с зелёной растительностью также повышают комфортность городской среды. При ревитализации бывших промышленных территорий возможно воссоздание зелёного каркаса города с вкраплением разнотематических зон (от тихих до динамически активных), развивающихся, как правило, линейно.

Подсветка в вечернее и ночное время суток меняет дизайн городских пространств, дополняя образ. Чередование зон размещения «зелёных» модулей, мест отдыха с малыми архитектурными формами и декоративных скульптурных композиций также может украсить пешеходное пространство улиц, парковые зоны.

Площади и набережные являются центрами притяжения городского населения. Эти общественные пространства необходимо полностью избавить от присутствия наземного транспорта, уведя его в подземную часть. Также бережно следует относиться к трансформации общественных пространств в центральной исторической части городов, сохраняя пространства для пешеходов и формируя их многофункциональными.

**Научный руководитель:** к. архитектуры, доцент И.В. Поцешковская

**ШУВАЛОВ Я.И.**

Уральский государственный горный университет

**ВОПРОСЫ РЕКОНСТРУКЦИИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ РЕВИТАЛИЗАЦИЮ  
ИСТОРИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ГОРОДОВ УРАЛА (НА  
ПРИМЕРЕ ГОРОДА ИРБИТ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ)**

**SHUVALOV YA.I.**

Ural State Mining University

**ISSUES OF RECONSTRUCTION, PROVIDING REVITALIZATION OF  
HISTORICAL CENTERS OF SMALL AND MEDIUM CITIES OF URAL (ON THE  
EXAMPLE OF CITY IRBIT OF THE SVERDLOVSK REGION)**

Анализ понятий ревитализация и реконструкция городских территорий показал, что ревитализация, в контексте урбанистики, обозначает процесс воссоздания и оживления городских пространств. Цель ревитализации - раскрытие новых возможностей исторически застроенных городских территорий, цель реконструкции – устранение недостатков в их пространственной и функциональной организации.

В данном исследовании рассмотрены основные моменты, обеспечивающие реконструкцию исторических центров городов и их ревитализацию.

Основные методы исследования - аналитический, графический, метод моделирования.

Результаты исследования показали, что исторические центры многих малых и средних городов Урала, возникших в XVII-XVIII века, зачастую представлены старой, ветхой застройкой и имеют низкий уровень благоустройства, не соответствующий современным санитарным, эстетическим, техническим и др. нормам и требованиям российского законодательства. Данный факт снижает привлекательность территории с точки зрения посещаемости жителями и туристами, соответственно кадастровую земель и рыночную стоимость недвижимости.

Для обеспечения комфортной, безопасной и привлекательной для людей среды обитания, т.е. ревитализации, необходимо проведение работ по реконструкции территорий исторических центров. Перечень и последовательность мероприятий по реализации во многом зависит от уникальных особенностей населенного пункта, истории возникновения и развития, возраста, историко-экономических аспектов, современного землепользования и состояния застройки реконструируемой территории. Требуется выполнение многофакторного анализа и комплексной оценки технического состояния строительного фонда, объектов культурного наследия, уровня развития социальной, транспортной и инженерной инфраструктур, наличия объектов и элементов, обеспечивающих организацию и функционирование зон отдыха и туризма.

Объектом исследования был выбран фрагмент исторического центра г. Ирбит который знаменит своими ярмарками. На рассматриваемой территории выявлено большое количество объектов культурного наследия, в том числе требующих реставрации, отсутствие туристической инфраструктуры, зон отдыха. Кроме того, выявлено, что часть территории находится в санитарно-защитной зоне действующего предприятия. На основании данного исследования автором подготовлена концепция (модель) реорганизации фрагмента исторического центра города.

**Научный руководитель:** к.э.н., доцент М.Е. Колчина

**XVIII Всероссийская конференция-конкурс студентов и аспирантов: Тезисы докладов**  
В 851 / Санкт-Петербургский горный университет. СПб, 2020. 421 с. (15-17 апреля  
2020 г.)

ISBN 978-5-94211-906-5

УДК 00 (622+55+665.6/7+620.9+621+669(082)

ББК 2 (65.304.11+33.36+31+34.3/4я43)

Все права на размножение и распространение в любой форме  
принадлежат Санкт-Петербургскому горному университету

Научное издание

**XVII ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ-КОНКУРС  
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ**

15-17 апреля 2020 г.

*Тезисы докладов*

Статьи публикуются в авторской редакции  
Печатается с оригинал-макета, подготовленного Советом по НИРС

Сборник включен в базу данных  
Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)  
Научной электронной библиотеки <http://elibrary.ru>

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.02

Подписано к печати 28.04.2020. Формат 60×84/8. Уч.-изд.л. 35,75.  
Тираж 100 экз. Заказ 266.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

## КОМПАНИИ-ПАРТНЕРЫ



**СИБУР**



**Санкт-Петербургский горный университет**

Россия, 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, д. 2

Тел. (812) 327 7360. Факс (812) 327 7359

<http://www.spmi.ru>. E-mail: [rectorat@spmi.ru](mailto:rectorat@spmi.ru)

