

---

# ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Август 2014 г.

№ 4

Издается с 2001 г.  
Выходит 6 раз в год

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### Геологические, геофизические исследования и аппаратура

*Алиев К.Р., Алиев Р.Н.* О применении современных геофизических методов (4D съемки) для улучшения разработки нефтяных месторождений азербайджанского сектора Каспийского моря ..... 4

### Машины и оборудование

*Сериков Д.Ю., Гаффанов Р.Ф.* Анализ напряженного состояния центробежно-объемно-армированного косозубого вооружения ведомых венцов шарошечного бурового инструмента ..... 8

*Капелюховский А.А.* Система управления частотой излучения гидроимпульсного генератора ..... 15

*Максимов Е.А., Васильев В.И.* Исследование работы установок для очистки нефтесодержащих и промышленных сточных вод ..... 19

### Материалы и реагенты

*Новикова Е.В., Абрамова Л.Н.* Энергетические показатели процесса регенерации насыщенных растворов аминокислот в процессе аминовой очистки ..... 31

*Дулов В.О., Дорфман М.Б.* Пенная нефть: особенности и механизмы образования ..... 34

### Новые методы и технологии

*Муллакаев М.С., Прокопцев В.О.* Разработка ультразвукового автоматизированного скважинного комплекса и сонохимической технологии повышения продуктивности скважин ..... 37

*Федорова А.Э.* Способы сокращения технологических потерь углеводородов при сборе и подготовке нефти ..... 45

*Мамедтагизаде А.М., Кулиева А.Ю.* Способ заканчивания скважин горизонтальным стволом с определением оптимальной длины горизонтального фильтрационного интервала ..... 48

*Рожко Я.В., Чечегов П.Я., Великий С.В.* Повышение энергетической эффективности трубопроводного транспорта природных газов путем оптимизации системы компримирования компрессорной станции ..... 51

*Келбалиев Г.И., Рзаев Аб.Г., Расулов С.Р., Гусейнова Л.В., Оруджев В.В.* Модели фильтрации аномальных нефтей в пористом пласте ..... 54

*Матвеев Ю.А., Кузнецов В.А., Мулгачев А.Ю., Бутузев А.А.* Установка улавливания паров нефтепродуктов с периодической работой холодильного блока на автозаправочных станциях ..... 59

*Кропачев Д.Ю., Гаврилов И.И.* Способы мониторинга температуры в вечномёрзлых грунтах ..... 63

*Неделько А.Ю.* Приборы для автономного мониторинга температуры ..... 69

### Памятные даты

К 95-летию со дня рождения А.А. Куликова ..... 73

Информационные сведения о статьях ..... 76

УДК 550.830:553.981/982

### О ПРИМЕНЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ (4D СЪЕМКИ) ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО СЕКТОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ (с. 4)

**Кянан Расим оглы Алиев**

**Институт геофизики – Гипроморнефтегаз**  
Азербайджан, г. Баку, просп. Зардаби, 88А.  
Тел.: 8(1099455) 778-19-23.  
E-mail: Keraliyev@co.nz

**Расим Наджафович Алиев**

**АГНА**  
Az 1010 Азербайджан, г. Баку, просп. Азадлыг, 20.  
Тел.: 8(1099455) 859-17-23.  
E-mail: rasim\_aliyev@yahoo.com

Освоение месторождений нефти и газа на море требует решения многих разнообразных и связанных между собой проблем (организационных, технических, экономических, экологических, правовых, технологических и других), особое место среди которых на современном этапе развития занимают геофизические исследования.

Существует несколько видов сейсмических измерений (2D, 3D), используемых в нефтеразведке. Эти методы позволили найти и разработать огромные запасы углеводорода в акватории Каспийского моря, а также во всем мире. 4D сейсмика – новая техника, используемая в разработке нефтяных месторождений, эффективно применяется для прослеживания движения жидкостей в подземном резервуаре. Современный метод сейсмики 4D существенно отличается от методов обработки геофизических 2D и 3D. Основное отличие заключается в том, что внедряется дополнительный параметр "время", т. е. трехкомпонентные наблюдения повторяются через определенный промежуток времени.

Интерпретация результатов сейсмики-4D поможет уточнить границы нефтеводяного контакта, а также определить участки, насыщенные водой и нефтью. Это позволит в дальнейшем определить направление разработки на морских месторождениях.

**Ключевые слова:** сейсмические исследования; измерения 2D, 3D и 4D; интерпретация; нефтеводяной контакт; разработка морских нефтегазовых месторождений.

УДК 622.24.051.55

### АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНО-ОБЪЕМНО-АРМИРОВАННОГО КОСОЗУБОВОГО ВООРУЖЕНИЯ ВЕДОМЫХ ВЕНЦОВ ШАРОШЕЧНОГО БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА (с. 8)

**Дмитрий Юрьевич Сериков**

**Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина**  
119991 Россия, г. Москва, Ленинский просп., 65.  
Тел./факс: 8(915) 372-77-79.  
E-mail: serrico@rambler.ru;

**Рустем Флитович Гаффанов**

**ЗАО "Энергопоток"**

101000 Россия, г. Москва, Милютинский пер., 20/2.  
E-mail: marat-rust@yandex.ru

Проведен анализ напряженного состояния центробежно-объемно-армированного косозубого вооружения ведомых венцов шарошечного бурового инструмента. Выявлены основные нагрузочные факторы, действующие на вооружение бурового инструмента, и направления их воздействия. На основе расчетов установлена зависимость распределения напряжений по ширине рабочей поверхности косозубого асимметричного центробежно-объемно-армированного вооружения. Исследовано напряженно-деформированное состояние двух соседних зубьев вооружения, одновременно находящихся в соприкосновении с забоем скважины.

Проведенный в статье анализ напряженного состояния центробежно-объемно-армированного косозубого асимметричного вооружения ведомых венцов бурового инструмента позволил сделать вывод, что работа инструмента сопровождается неравномерным распределением нагрузки между двумя соседними зубьями вооружения, одновременно работающими на забое. Напряженно-деформируемое состояние зубьев центробежно-объемно-армированного вооружения характеризуется ярко выраженной зависимостью, т. е. максимальные напряжения возникают в привершинной зоне со стороны, противоположной углу наклона зуба к поверхности забоя, с последующим плавным уменьшением к основанию зуба.

**Ключевые слова:** шарошечное буровое долото; косозубое вооружение; центробежно-объемно-армированное вооружение; метод конечных элементов.

УДК 624.042.7

### СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЧАСТОТОЙ ИЗЛУЧЕНИЯ ГИДРОИМПУЛЬСНОГО ГЕНЕРАТОРА (с. 15)

**Андрей Анатольевич Капелюховский**

**Омский государственный технический университет**  
644050 Россия, г. Омск, просп. Мира, 11.  
Тел./факс: (3812) 62-90-92.  
E-mail: vesto4ka@bk.ru

Для проведения вибросейсмического воздействия на нефтеносный пласт используют скважинные гидродинамические генераторы упругих волн. Эффективность работы этих устройств зависит от точности согласования частоты пульсаций давления, создаваемых вибратором, с доминантной частотой пласта. Предложена система автоматического управления расходом нагнетающего насоса на устье скважины, позволяющая регулировать частоту излучения гидроимпульсного генератора. Учтено наличие длинной гидравлической линии, в которой передача возмущений происходит с запаздыванием, что может приводить к потере устойчивости. Оценено влияние коэффициента передачи системы и постоянной времени регулятора расхода на устойчивость системы управления, а также установлены пределы изменения этих параметров.

**Ключевые слова:** повышение нефтеотдачи; скважинный генератор; частота вибросейсмического воздействия; устойчивость системы управления.

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ УСТАНОВОК ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ И ПРОМЫШ- ЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД (с. 19)

**Евгений Александрович Максимов,  
Виктор Иванович Васильев**

**Южно-Уральский государственный университет**  
450080 Россия, г. Челябинск, просп. Ленина, 76.  
E-mail: maksimov50@mail.ru

Рассмотрены конструкции установок для сбора нефтепродуктов с поверхности водных акваторий, для нейтрализации аварийных выбросов нефтепродуктов при их транспортировании по дну естественных водных акваторий с помощью подводного трубопровода, а также установок для очистки нефтесодержащих сточных вод промышленных предприятий. Дано описание работы оборудования и технологии для доочистки нефтесодержащих сточных вод, включающие электрофлотаторы с неоднородным электрическим полем, с автоматическим регулированием плотности тока, с двумя камерами.

**Ключевые слова:** очистка вод от нефтепродуктов; поверхность водных акваторий; авария подводного трубопровода; очистка нефтесодержащих сточных вод промышленных предприятий; электрофлотаторы с неоднородным электрическим полем, с автоматическим регулированием.

УДК 66.074.5.081.3

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА РЕГЕНЕРАЦИИ НАСЫЩЕННЫХ РАСТВОРОВ АМИНОКИСЛОТ В ПРОЦЕССЕ АМИНОВОЙ ОЧИСТКИ (с. 31)

**Елена Владимировна Новикова,  
Любовь Николаевна Абрамова**

**ООО "Грин Солюшен"**  
125364 Россия, г. Москва, Химкинский б-р, 7, корп. 1/1.  
Тел.: 8(495) 258-90-45.  
E-mail: greensoltechnology@gmail.com

Приводятся экспериментальные данные по регенерации 20%-го раствора лизината калия. Сравниваются показатели энергии регенерации растворов солей аминокислот с применяемым в промышленности раствором моноэтаноламина. Показано, что затраты энергии на регенерацию 20%-го раствора лизината калия ниже, чем в случае глицината натрия, и не более чем на 10 % выше в случае моноэтаноламина. Приведены данные по теплоемкости растворов, рассчитаны энергии активации. Показана принципиальная возможность использования данного сорбента для поглощения диоксида углерода в промышленных процессах.

**Ключевые слова:** диоксид углерода; лизинат калия; десорбция; теплоемкость.

УДК 552.578.2

### ПЕННАЯ НЕФТЬ: ОСОБЕННОСТИ И МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ (с. 34)

**Валерий Олегович Дулов,**

**Михаил Борисович Дорфман**

**Северный (арктический) федеральный университет  
им. М.В. Ломоносова**  
163002 Россия, г. Архангельск, Набережная Северной  
Двины, 17.  
Тел.: 8(911) 212-99-07.  
E-mail: valera.arh@gmail.com.  
Тел.: 8(8182) 65-78-80.  
E-mail: info@plc-oil.ru

На месторождениях тяжелых нефтей, разрабатываемых на естественном режиме, при снижении давления ниже давления насыщения газ часто не выделяется в свободную фазу, а остается в нефтяной фазе в виде мельчайших диспергированных пузырьков. При этом сжимаемость такой системы выше, чем сжимаемость нефти, поэтому происходит поддержание пластового давления, как при режиме растворенного газа, но, в отличие от него, режим движения жидкости в пласте – однофазный.

В статье проанализирован мировой опыт изучения пенной нефти, выделены основные особенности явления, которые оказывают влияние на разработку месторождений, а также описаны современные взгляды ученых на причины образования таких систем. Показано влияние пенных свойств на такие параметры нефти, как объемный коэффициент, плотность, газовый фактор, вязкость.

**Ключевые слова:** пенная нефть; псевдо давление насыщения; эмульсия; режим растворенного газа; повышенный КИН.

УДК 681.5:622.276:665.6

### РАЗРАБОТКА УЛЬТРАЗВУКОВОГО АВТОМАТИЗИ- РОВАННОГО СКВАЖИННОГО КОМПЛЕКСА И СОНО- ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ПРО- ДУКТИВНОСТИ СКВАЖИН (с. 37)

**Марат Салаватович Муллакаев,**

**ФГБУН Институт общей и неорганической химии им.  
Н.С. Курнакова Российской академии наук (ИОНХ РАН)**  
119991 г. Москва, ГСП-1, Ленинский просп., 31.  
Тел/факс.: 8 (495) 978-23-46.  
E-mail: mullakaev@mail.ru;

**Владимир Олегович Прокопцев**

**ФГБОУ ВПО "Амурский государственный универси-  
тет"**  
675027 г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 21.  
Тел.: 89141680260.  
E-mail: azp\_prokoptsev@mail.ru

В статье освещен вопрос разработки ультразвукового автоматизированного скважинного комплекса и сонохимической технологии повышения продуктивности скважин.

Проведенные опытно-промышленные испытания скважинного модуля на месторождениях Западной Сибири и Самарской области свидетельствуют о высокой эффективности разработанного оборудования и технологии.

Разработанное оборудование и технология могут быть предложены нефтедобывающим компаниям как один из перспективных методов повышения коэффициента извлечения нефти.

**Ключевые слова:** нефть; ультразвук; призабойная зона скважины; коэффициент извлечения нефти; ультразвуковой автоматизированный скважинный комплекс; сонохимическая технология; дебит нефти; обводненность скважин; опытно-промышленные испытания.

УДК 622.276.8

## СПОСОБЫ СОКРАЩЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ СБОРЕ И ПОДГОТОВКЕ НЕФТИ (с. 45)

**Анна Эдиковна Федорова**

**Татарский научно-исследовательский и проектный институт нефти ОАО "Татнефть"**

423236, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Бугульма, ул. М. Джалиля, 32.  
Тел.: 8 (85594)78-863.  
E-mail: oilgas@tatnipi.ru

Обеспечение необходимых объемов добычи нефти в условиях ограниченности ресурсов нефти, удорожания и трудоемкости добычи, предопределяет важность рационального и комплексного использования углеводородного сырья, включая сокращение технологических потерь углеводородов. Под технологическими потерями углеводородного сырья понимаются безвозвратные потери, связанные с реализуемыми техническими проектами обустройства месторождений, обусловленные технологическими особенностями производственного цикла, а также физико-химическими характеристиками добываемой из недр нефти. Потери углеводородов невозможно полностью предотвратить, но их можно в значительной степени уменьшить путём рациональной организации работ, оптимизации технологического процесса, модернизации оборудования. Рассмотрены наиболее распространённые способы и применяемое оборудование для сокращения потерь углеводородов при сборе и подготовке нефти от испарения нефти, уноса капельной нефти потоком нефтяного (попутного) газа, а также потоками нефтепромысловых дренажных вод.

**Ключевые слова:** углеводороды; технологические потери; сокращение; сбор и подготовка нефти.

УДК 622.245+622.243.24

## СПОСОБ ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ СТВОЛОМ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ОПТИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ФИЛЬТРАЦИОННОГО ИНТЕРВАЛА (с. 48)

**Алиназим Мурад оглы Мамедтагизаде,  
Айтан Юсиф кызы Куллева**

**Азербайджанская государственная нефтяная академия**  
AZ 1000 Азербайджан, г. Баку, просп. Нефтяников, 73.  
Тел.: 8(1099455) 631-20-99.  
E-mail: moonlike\_azeri@mail.ru

В данной работе описан способ заканчивания скважин горизонтальным стволом с определением оптимальной длины горизонтального интервала. Задачей при применении способа является увеличение эффективности и надёжности бурения и эксплуатации горизонтальной скважины, умень-

шение горизонтального фильтрационного интервала и снижение вероятности возникновения осложнений. Технический результат достигается вскрытием продуктивного пласта на оптимальную длину горизонтального фильтрационного интервала скважины. Сущность способа заключается в том, что вскрытие продуктивного пласта производят на оптимальную длину с расширением или без расширения фильтрационного интервала, при этом уменьшается длина горизонтального интервала скважины, снижаются вероятность осложнений и затраты на бурение и эксплуатацию горизонтальной скважины.

При мягких и слабоцементированных породах расширение производят гидромеханическими или гидромониторными расширителями, при твёрдых породах – механическими или гидромеханическими расширителями. После расширения фильтрационного интервала, промывки скважины и подъема бурильного инструмента из скважины производят спуск в скважину эксплуатационной колонны с фильтром-хвостовиком с щелевидными отверстиями длиной, равной длине интервала расширения. Производят цементирование эксплуатационной колонны, оставляя нецементированным фильтр.

**Ключевые слова:** бурение; скважина; эксплуатация; заканчивание скважин; горизонтальный ствол; продуктивный пласт; фильтрационный интервал; фильтр-хвостовик; эксплуатационная колонна.

УДК 622.691

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ КОМПРИМИРОВАНИЯ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ (с. 51)

**Ярослав Валерьевич Рожко,  
Павел Ярославович Чечегов,  
Сергей Владимирович Великий**

**РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина**  
119991, Россия, г. Москва, Ленинский просп., 65, корп. 1.  
Тел.: 8(499) 137-81-20.  
E-mail: teksertgubkin@yandex.ru.

Приводятся результаты сопоставления и выбора системы компримирования компрессорной станции магистрального газопровода. Показана важность решения задачи оптимизации схемы компримирования магистрального газопровода, работающего в режиме недозагрузки, с целью снижения энергетических затрат.

**Ключевые слова:** магистральный газопровод; компрессорная станция; система компримирования; оптимизация схемы компримирования; повышение энергетической эффективности.

УДК 622.692.4

## МОДЕЛИ ФИЛЬТРАЦИИ АНОМАЛЬНЫХ НЕФТЕЙ В ПОРИСТОМ ПЛАСТЕ (с. 54)

**Гудрет Исфендияр оглы Келбалиев**

**Институт химических проблем НАН Азербайджана**  
AZ 1143 Азербайджан, г. Баку, просп. Джавида, 29.  
Тел.: 8(1099450) 320-40-28.  
E-mail: kkelbaliev@yahoo.com;

**Аббас Гейдар оглы Рзаев**

**Институт кибернетики НАН Азербайджана**  
AZ 1141 Азербайджан, г. Баку, ул. Б. Вакабзаде, 9.  
Тел.: 8(1099450) 395-40-08.  
E-mail: abbas\_r@mail.ru;

**Сакит Рауф оглы Расулов,  
Лала Вагиф кызы Гусейнова,  
Вусал Вагиф оглы Оруджев**

**Азербайджанская государственная нефтяная академия**  
AZ 1010 Азербайджан, г. Баку, просп. Азадлыг, 20.  
Тел.: 8(1099450) 212-08-35.  
E-mail: rasulovsakit@gmail.com

Рассматриваются проблемы моделирования процессов фильтрации аномальных структурированных нефтей с наличием коагуляционных структур в пористом пласте. Выведено и предложено новое уравнение фильтрации бингамовских жидкостей в нефтяном пласте, учитывающее зависимость скорости фильтрации от градиента давления и от напряжений сдвига. Показано, что некоторые аномальные жидкости, в том числе и нефть, обладая пределом текучести и являясь бингамовскими, при повышении напряжения сдвига могут проявлять псевдопластические свойства, а при дальнейшем повышении напряжения – вести себя как дилатантные или ньютоновские жидкости. Аномальные нефти и их продукты при определенных условиях течения могут относиться также к реологическим степенным жидкостям типа Освальда–де Вилля и описываться степенными реологическими уравнениями. Разработаны модели для расчета эффективной вязкости и подвижности нефти в зависимости от изменения градиента давления и концентрации частиц. Разработанные модели сравниваются с литературными экспериментальными данными для различных скважин.

**Ключевые слова:** процесс фильтрации; пористый пласт; аномальные жидкости; скважина; вязкость.

*УДК 622.692.234.28*

#### **УСТАНОВКА УЛАВЛИВАНИЯ ПАРОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПЕРИОДИЧЕСКОЙ РАБОТОЙ ХОЛОДИЛЬНОГО БЛОКА НА АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ (с. 59)**

Патент РФ на полезную модель

**Юрий Алексеевич Матвеев,  
Владимир Алексеевич Кузнецов,  
Андрей Юрьевич Мулгачев,  
Алексей Александрович Бутузов**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ульяновский государственный университет"**  
432017 Россия, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, 42.  
Тел.: 8 (8422) 67-50-53.  
E-mail: bgd020762@mail.ru

Установка позволяет эффективно улавливать пары нефтепродуктов из баков машин и из резервуаров за счет снижения температуры в теплообменнике с помощью периодической работы холодильного блока и дальнейшей абсорбции дизельным топливом. Установка включает промежуточный резервуар для сбора паров из топливных баков, общий паропровод для отвода паров, компрессор, подземный резервуар с дизельным топливом, оборудованный валом с центробежными колесами, теплообменник с холодильным блоком, реле и электродвигатель.

**Ключевые слова:** топливный бак; резервуар; паропровод; компрессор; теплообменник; холодильный блок; периодическая работа; реле; электродвигатель; насос; вал; центробежное колесо; абсорбция.

*УДК 551.341:622.276+656.3*

#### **СПОСОБЫ МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРЫ В ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ (с. 64)**

**Денис Юрьевич Кропачев**

**ОАО НПП "Эталон"**  
644009 Россия, г. Омск, ул. Лермонтова, 175.  
Тел.: 8(3812) 36-75-85.  
E-mail: fgup@omsketalon.ru;

**Игорь Ильич Гаврилов**

**Мерзлотная станция Центра ИССО ОАО "РЖД"**  
676282 Россия, Амурская обл., г. Тында, ул. Мерзлотная, 1, а/я 216.  
Тел.: 8(41656) 7-36-63.  
E-mail: iigavrilov@bk.ru

Для безопасности функционирования объектов транспортной инфраструктуры и нефтегазового комплекса в северных районах России предложено осуществлять температурный мониторинг объектов с целью выявления и устранения аварийных ситуаций в районах вечномерзлого грунта с помощью различных систем мониторинга температур.

**Ключевые слова:** криолитозона; многолетние изменения; мониторинг; температура грунтов; тренд, термокоса; контроллер; система.

*УДК: 621.317.799*

#### **ПРИБОРЫ ДЛЯ АВТОНОМНОГО МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРЫ (с. 69)**

**Александр Юрьевич Неделько**

**ОАО НПП "Эталон"**  
644009 Россия, г. Омск, ул. Лермонтова, 175.  
Тел.: 8(3812) 36-99-67.  
E-mail: fgup@omsketalon.ru

Описан логгер цифровых датчиков температуры с батарейным питанием, предназначенный для автономного считывания результатов измерения температуры многозонных цифровых термокос с заданной периодичностью и применя-

---

емый для проведения измерений с целью определения распределения температуры грунтов, трубопроводов и других протяженных объектов.

**Ключевые слова:** логгер; цифровой преобразователь температуры; геотехнический мониторинг; мониторинг; трубопроводы; многозонная цифровая термокоса.