

0- 775333

На правах рукописи



**Корженевская Татьяна Арнольдовна**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ИССЛЕДОВАНИЕ  
УПРАВЛЯЕМОГО ДЕПРЕССИОННО-ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
НА ПРИСКВАЖИННУЮ ЗОНУ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ**

Специальность 25.00.17 –

Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени

кандидата технических наук

Бугульма – 2009

Работа выполнена в обществе с ограниченной ответственностью Волго-Уральский Центр научно-технических услуг «Нейтрон»

Научный руководитель: доктор технических наук, с.н.с.  
Гарифов Камиль Мансурович

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
Мусабиров Мунавир Хадеевич  
  
кандидат технических наук,  
Баженов Владимир Валентинович

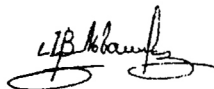
Ведущее предприятие: Федеральное государственное  
унитарное предприятие «Институт  
геологии и разработки горючих  
ископаемых» (г.Москва)

Защита диссертации состоится 2 апреля 2009 года в 16-00 часов на заседании диссертационного совета Д.222.018.01. в Татарском научно-исследовательском и проектном институте нефти (ТатНИПИнефть) ОАО «Татнефть» по адресу: 423236, республика Татарстан, г.Бугульма, ул. М.Джалиля, д. 32.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Татарского научно-исследовательского и проектного института нефти

Автореферат разослан 27 февраля 2009 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук



Львова И.В.

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000506661

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Состояние экономики России во многом определяется эффективной и устойчивой работой нефтяной промышленности, одной из немногих отраслей, способных обеспечить потребности не только внутреннего, но внешнего рынка. Повышение эффективности извлечения углеводородов из недр, максимальное использование каждой скважины в соответствии с потенциальными возможностями эксплуатируемого продуктивного объекта в значительной мере зависит от создания новых технических и технологических средств управления процессами в прискважинной зоне. Это обусловлено необходимостью учёта геологических и технических факторов при выборе и применении динамических режимов воздействия на пласт исходя из горно-геологических условий разрабатываемого месторождения. В последние годы для интенсификации добычи нефти всё более широко используются волновые методы, отличающиеся большим разнообразием по частотным и энергетическим показателям и эффективности их применения.

Поэтому научный поиск новых решений воздействия на прискважинную зону продуктивных пластов в управляемом режиме для повышения продуктивности скважин в современных условиях развития нефтяной отрасли является актуальным.

**Цель диссертационной работы.** Разработка и исследование кабельных технологий управляемого депрессионно-волнового воздействия на продуктивные интервалы для обеспечения наиболее эффективной эксплуатации нефтедобывающих и нагнетательных скважин.

**Основные задачи исследований.** Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

1. Аналитический обзор технологических факторов, влияющих на состояние коллекторских свойств прискважинных зон продуктивных пластов

нефтедобывающих и нагнетательных скважин в процессе их строительства и эксплуатации.

2. Анализ технологий обработки прискважинных зон продуктивных пластов и оценка их эффективности.

3. Обоснование теоретических предпосылок для разработки технологии управляемого воздействия на прискважинную зону продуктивных пластов с применением кабельно-контейнерных технологических систем.

4. Разработка и опытно-промышленное опробование новых технологий управляемого депрессионно-волнового воздействия на продуктивные пласты для повышения эффективности эксплуатации скважин.

5. Обоснование и разработка принципов совершенствования кабелей для реализации разработанных технологий и выполнения нефтепромысловых работ в сложных геолого-технических условиях.

6. Сравнительная оценка эффективности кабельных ударно-депрессионных технологий.

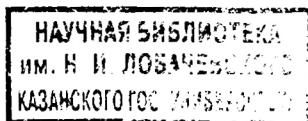
**Методы решения поставленных задач.** Поставленные задачи решались путём аналитических и экспериментальных исследований, анализа и обобщения результатов промысловых испытаний разработанных технологий.

#### **Научная новизна**

1. Установлены зависимости величины и длительности депрессии от степени открытия депрессионных камер при последовательном включении клапанных фильтров для формирования депрессионно-волнового воздействия на продуктивный пласт.

2. На основе экспериментальных данных получена зависимость величины репрессионного воздействия на продуктивный пласт от энергии депрессионного импульса, инициирующего гидроволновой процесс.

3. Установлена возможность выделения зон локального раскрытия трещин в продуктивном пласте по динамике изменения давления при репрессионном воздействии.



4. Новизна предложенных технических решений защищена 9 патентами Российской Федерации на изобретения.

#### **Защищаемые положения**

1. Кабельная технология управляемого депрессионного воздействия на продуктивный пласт для стимуляции работы скважин.

2. Обоснование конструкции многоэлементного депрессионного снаряда с применением пневмогидроуравновешенных клапанных систем для депрессионно-волновой обработки скважин.

3. Использование потенциальной энергии гидродинамической системы «скважина - пласт» в управляемом режиме для депрессионно-волновой обработки продуктивного пласта.

4. Научное обоснование конструктивных и технологических решений при проектировании различных типов грузонесущих кабелей для работы с приборами в скважинах сложного профиля на основе применения многослойного композиционного покрытия применительно к геолого-техническим условиям нефтяного региона.

#### **Практическая ценность работы.**

1. Обоснована, разработана и испытана в производственных условиях технология управляемого депрессионно-волнового воздействия на продуктивный пласт с использованием многоэлементного депрессионного снаряда.

2. Разработан и испытан кабельный аппаратурно-технологический комплекс для гидропромывки забоя скважин на основе применения гидравлически уравновешенных клапанных систем осевого действия.

3. Обоснованы новые кабельные конструкции с многослойным бронированием. На основе разработанных принципов изготовлены и внедрены в производство грузонесущие кабели с разрывной прочностью 120, 140, 160 кН и более с включением в Стандарт отрасли – «Кабели грузонесущие геофизические бронированные». ОСТ – 153-39.1-005-00.

Технология управляемого депрессионно-волнового воздействия на продуктивный пласт испытана в десяти скважинах. Технологическая успешность составила 70% при увеличении дебита по нефти от 13 до 160%, а проницаемости – в 1,8 и более раз. При гидропромывке забоя за один спуск устройства достигается очистка 2,5 метров забойной зоны с извлечением осадка на поверхность.

Разработанные способы и устройства для управляемого воздействия на забой и прискважинную зону продуктивных пластов, отличаются простотой и технологичностью промышленного применения, малой трудоёмкостью, наличием информационного обеспечения для контроля и оценки эффективности получаемых результатов. Это позволяет значительно расширить область эффективного применения кабельно-контейнерных технологий, выполняемых в период подземного или капитального ремонта скважин, для повышения их продуктивности. Разработка грузонесущих кабелей многослойной конструкции и многоэлементных депрессионных снарядов с пневмогидроуравновешенными клапанными системами позволяет применять технологию управляемого воздействия в наклонно-направленных и горизонтальных стволах.

**Апробация работы.** Основные результаты по теме диссертации докладывались и обсуждались на третьем международном семинаре «Горизонтальные скважины» в РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, г.Москва, 2000г.; 55-ой Юбилейной межвузовской студенческой конференции, г.Москва, 2001г.; научном симпозиуме «Новые технологии в геофизике», г.Уфа, 2001г.; семинарах для специалистов НГДУ «Азнакаевскнефть», г.Азнакаево, 17.03.2006г., 20.01.2009г.; совещании в ОАО «Татнефть» по новым технологиям ООО ВУ ЦНТУ «Нейтрон», г.Альметьевск, 14.09.2006г.; заседании технического комитета ОАО «Татнефть» по вопросам использования технологий МУН пластов и КРС, г.Альметьевск, 25.05.2007г.; совещании в ОАО «Татнефть» о результатах производственных испытаний технологии депрессионно-волновой обработки скважин, г.Альметьевск, 29.12.2008г.

**Публикации.** Научно-методические разработки по теме диссертации опубликованы в 14 печатных работах, включающих 9 Патентов Российской Федерации на изобретения и две статьи в научных журналах, рекомендованных ВАК РФ.

**Структура и объём работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы. Работа содержит 139 страниц машинописного текста, 39 рисунков, библиографический перечень из 134 наименований на 19 страницах.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** характеризуется современное состояние сырьевой базы основных нефтяных регионов, обосновывается актуальность разработки новых технических средств и технологий управляемого воздействия на продуктивный пласт для повышения эффективности эксплуатации нефтедобывающих и нагнетательных скважин, сформулированы основные задачи исследований, научная новизна, защищаемые положения, практическая ценность работы.

**Первая глава** посвящена аналитическому обзору технологических факторов, влияющих на состояние коллекторских свойств прискважинных зон продуктивных пластов нефтедобывающих и нагнетательных скважин в процессе их строительства и эксплуатации. Скважина является сложным горнотехническим сооружением, с помощью которого осуществляется извлечение нефти и газа из продуктивных пластов и их подъём на поверхность. От совершенства гидродинамической связи продуктивного пласта со скважиной зависит её производительность, степень использования потенциальных добычных возможностей и, в конечном итоге, уровень добычи и степень выработки запасов. Известно, что в процессе строительства и эксплуатации скважин в прискважинной зоне продуктивных пластов происходят изменения природных коллекторских свойств, вследствие формирующихся гидродина-

мических условий в стволе скважины. Ухудшение проницаемости прискважинной зоны приводит к снижению продуктивности скважин, что влечёт за собой и снижение эффективности нефтегазоизвлечения из пласта. Со ссылкой на работы Амияна В.А., Амияна А.В., Васильева Н.П., Джавадяна А.А., Белова В.П., Ибрагимова Л.Х., Мищенко И.Т., Челоянца Д.К., Полякова В.Н., Ишкаева Р.К., Лукманова Р.Р. рассмотрено большое разнообразие факторов, вызывающих ухудшение проницаемости прискважинной зоны пласта при вскрытии их в условиях высоких репрессий, и выделено два основных, – это блокировка части пор твёрдой фазой промывочного раствора и проникновение фильтрата в пласт.

Проанализированы технологии вторичного вскрытия продуктивных пластов с целью оценки возможности создания достаточно совершенной гидродинамической связи между скважиной и продуктивным пластом при снижении отрицательных последствий первичного вскрытия и минимизации дополнительного влияния на ухудшение коллекторских свойств прискважинной зоны.

Снижение отрицательных последствий перечисленных выше факторов, достижение максимальной продуктивности скважин возможно при системном подходе к выбору технологий первичного вскрытия продуктивных пластов, не допускающих ухудшения их коллекторских свойств, применении технологий вторичного вскрытия продуктивных пластов в условиях депрессии, разработке методов управляемого депрессионного воздействия на продуктивные пласты, вскрываемые кумулятивной перфорацией.

**Во второй главе** приводится обзор методов, применяемых для воздействия на прискважинную зону продуктивных пластов с целью интенсификации добычи нефти, и даётся оценка их эффективности. Изучению свойств пластовых систем с целью повышения производительности скважин и совершенствования разработки нефтяных месторождений в целом посвящены работы многих специалистов и учёных, таких как В.А.Амиян, А.В.Амиян, К.С.Басниев, Р.Н.Дияшев, В.В.Дрягин, В.М.Добрынин,



В.П.Дыбленко, И.Н.Гайворонский, К.М.Гарифов, Ю.И.Горбачёв, Р.Р.Ибатуллин, М.М.Иванова, А.И.Иванов, Н.Г.Ибрагимов, Р.К.Ишкаев, В.И.Кудинов, И.Кузнецов, М.Р.Мавлютов, Р.Х.Муслимов, И.Т.Мищенко, М.Х.Мусабилов, Г.А.Орлов, В.Н.Поляков, И.Ф.Садыков, Б.М.Сучков, Э.М.Симкин, В.П.Тронов, Р.Т.Фазлыев, Р.С.Хисамов, И.Г.Юсупов, Р.С.Яремичук, В.Н.Щелкачёв, В.И.Щуров. Из зарубежных специалистов следует выделить М. Кристиана, А.Константинеску.

В Татарстане из общего объёма ОПЗ около половины составляют химические методы, а для карбонатных коллекторов кислотные методы являются универсальными и наиболее эффективными. Солянокислотные и глинокислотные обработки являются основными методами ОПЗ. Технологическая успешность их в добывающих скважинах составляет 55%, а в нагнетательных – 61-66%.

Из группы физических методов наиболее широкое применение находят методы создания многократных депрессий на пласт (до 13% от всех ОПЗ), позволяющие восстанавливать и увеличивать продуктивность скважин за счёт эффективной очистки ПЗП и улучшения условий фильтрации жидкости. Трубные пластоиспытатели были одними из первых устройств, с помощью которых возможно уверенно осуществлять гидродинамическое воздействие на пласт в режиме многократных депрессий на основе использования импюзии. Импульсное воздействие трубным пластоиспытателем – один из методов ударно-депресссионного воздействия на прискважинную зону продуктивного пласта, несмотря на достаточно высокую эффективность его применения, является трудоёмким методом. Появление кабельных ударно-депресссионных желонков, разработка технологии воздействия на пласт с помощью струйных аппаратов явилось дальнейшим развитием физических методов ОПЗ.

В подгруппу вибрационно-волновых методов включены технологии, осуществляемые пороховыми генераторами давления импульсно-волнового и акустического действия, отличающиеся многоэлементной конструкцией

пороховых зарядов с различной скоростью горения, что создаёт волнообразный режим процесса газообразования.

Из волновых методов следует выделить электрогидравлический метод, акустические методы и метод сейсмоакустического воздействия на пласт, разработанный ВНИИЯГГ. Одним из направлений применения вибрационно-волновой технологии для воздействия на продуктивный пласт является разработка специальных устройств – вибраторов, преобразующих механическую энергию закачиваемой жидкости в ударные импульсы давления различной амплитуды с широким спектром частотных гармоник.

Уплотнение перфорации или повторная перфорация продуктивных пластов как один из способов очистки фильтра, пробития дополнительных каналов для улучшения гидродинамической связи пласта со скважиной с целью повышения продуктивности скважин применяется в Татарстане с 1978 года. Очень быстро метод повторной перфорации вошёл в производственную практику как самостоятельный метод ОПЗ.

Гидравлический разрыв пласта является одним из высокоэффективных методов воздействия на пласт как для повышения эффективности эксплуатации скважин, так и для совершенствования системы разработки месторождения в целом. Практика показывает, что при гидравлическом разрыве пластов очень часто дебиты увеличиваются кратно и нередко скважины вновь становятся фонтанирующими, если текущее пластовое давление достаточно высокое.

Для добычи высоковязких нефтей наиболее эффективными являются тепловые методы с применением таких теплоносителей как водяной пар, горячая вода, внутрипластовое горение, парогаз для различных геолого-физических условий нефтяных месторождений.

Наибольший практический интерес представляют комплексные технологии, включающие сочетание физико-химических, тепловых и гидродинамических факторов воздействия. Рациональное сочетание отдельных факторов в зависимости от геолого-физических характеристик обрабатываемого

пласта может существенно повысить эффективность воздействия за счёт сложения эффектов каждого из комплекслируемых методов. Из комплексных технологий следует выделить термоимплозионный метод, комплексирование кумулятивной перфорации с депрессионным воздействием. Однако наибольший эффект достигается при сочетании кумулятивной перфорации с многоцикловой депрессионной обработкой, обеспечивающей технологическую успешность на уровне 83-85%. Наилучшие результаты достигаются при комплексировании повторной перфорации с ТГХВ и многоцикловым депрессионным воздействием. При временном разрыве между операциями ТГХВ и импульсной депрессионной обработкой не более 4-5 часов достигается наибольшее увеличение производительности скважин, технологическая успешность при этом достигает 90-100%.

Комплексирование солянокислотной обработки с многоцикловым депрессионным воздействием повышает успешность работ в добывающих и нагнетательных скважинах до 80-84%.

Из других широко применяемых технологий комплексного воздействия на пласт следует выделить технологию акустико-химической стимуляции скважин, основанную на синхронизации во времени физико-химических эффектов, усиления процесса очистки пласта за счёт гидродинамического режима обработки.

Рассматривая весь перечень существующих технических средств и технологий, направленных на решение проблемы повышения эффективности эксплуатации нефтяных скважин, чётко просматривается развитие двух направлений:

- технические средства и технологии, основанные на применении скважинных устройств на насосно-компрессорных трубах с использованием сложного наземного оборудования, требующих больших материальных и трудовых затрат для их реализации – это «тяжелые» и наиболее эффективные методы, являющиеся основой в решении проблемы интенсификации добычи нефти;

- технические средства и технологии, реализуемые на геофизическом кабеле с использованием комплексного, многофакторного подхода к решению проблемы повышения эффективности эксплуатации нефтедобывающих и нагнетательных скважин – это «лёгкие» методы или «кабельные технологии», не требующие больших материальных затрат для их проведения.

Недостатками современного состояния кабельных технологий являются:

- отсутствие режима управления и регулирования технологическими процессами;
- отсутствие концептуальной проработки выполнения работ в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах;
- низкая эффективность ударно-депресссионных устройств в связи с узлокальным воздействием на обрабатываемый интервал.

Рассматривая перспективность кабельного направления развития методов обработки продуктивных пластов для повышения эффективности эксплуатации скважин, определены задачи исследований диссертационной работы:

- изучение теоретических предпосылок и проведение экспериментальных исследований для разработки технологии управляемого депрессионного воздействия на прискважинную зону продуктивных пластов с применением кабельно-контейнерных депрессионных систем;
- экспериментальные исследования функциональных связей многоэлементных депрессионных систем на технологические показатели депрессионно-репрессионного воздействия на продуктивный пласт;
- исследование и опытно-промышленные испытания технологии управляемого воздействия на забой и прискважинную зону продуктивных пластов для повышения эффективности эксплуатации скважин;
- промысловые испытания технологического комплекса для промывки забоя скважин с извлечением на поверхность осадка и мелких металлических предметов;

- разработка специальных кабелей для выполнения нефтепромысловых работ в сложных геолого-технических условиях.

**Третья глава** посвящена разработке технологии управляемого депрессионно-волнового воздействия на продуктивный пласт, которая основана на создании с помощью многоэлементного депрессионного снаряда в скважинных условиях заданной по величине, длительности и протяжённости действия депрессионной зоны для формирования интенсивного притока флюида из продуктивного пласта с целью извлечения кольматирующего материала из перфорационных каналов и прискважинной зоны и последующего инициирования ударноволнового процесса в инфразвуковом диапазоне частот с возможностью локального раскрытия трещин.

Основой многоэлементного депрессионного снаряда является унифицированный клапанный фильтр, отличающийся простотой конструкции и широкими функциональными возможностями, обеспечивающими:

- применение насосно-компрессорных труб диаметром 73 мм в качестве депрессионных камер;
- оперативную установку проходных каналов диаметром от 10 до 50 мм с соответствующей заменой клапанов;
- изменение направления потока жидкости с радиально-осевого на осевое и наоборот в зависимости от целевого назначения применяемых депрессионных систем;
- надёжную герметичность резьбовых соединений;
- возможность компоновки многоклапанной системы приёмных фильтров;
- работоспособность в вертикальных, наклонно-направленных и горизонтальных скважинах;
- удобство в разборке, сборке и компоновке блоков на скважине.

В процессе экспериментальных исследований депрессионных устройств в скважинных условиях установлен коэффициент возможного использования гидростатической энергии для создания депрессионных воздействий

на уровне 80-90%, подтверждена возможность последовательного открытия клапанных фильтров в двухклапанных депрессионных устройствах. Полученные результаты экспериментальных исследований приняты за основу при создании многоэлементного депрессионного снаряда для управляемой депрессионно-волновой обработки прискважинной зоны пластов.

На рис. 1 приведена зависимость величины депрессии от степени открытия депрессионных камер, полученная на основе экспериментальных измерений.

Корреляционные связи величины репрессивного воздействия от энергии депрессионного импульса и продолжительности депрессии от числа депрессионных блоков приведены на рис. 2 и 3.

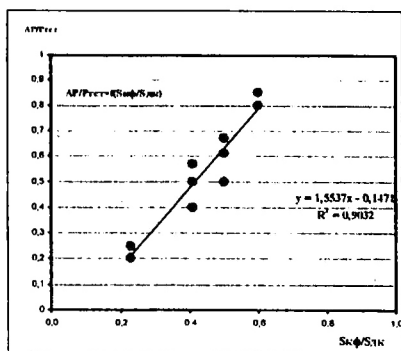


Рис.1

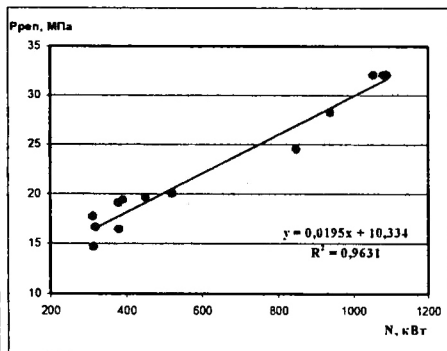


Рис.2

Рис.1. Зависимость депрессии от степени открытия депрессионных камер

По оси абсцисс: отношение  $S_{кф}/S_{дк}$  при  $S_{дк}=30.2 \text{ см}^2$  и объеме  $V_{дк}=0,01 \text{ м}^3$ , где  $S_{кф}$  – площадь сечения клапана,  $\text{см}^2$ ; по оси ординат: отношение величины депрессии  $\Delta P$  к величине гидростатического давления -  $\Delta P / P_{гст}$ .

Рис.2. Зависимость величины репрессивного воздействия ( $P_{реп}$ , МПа) на продуктивный пласт от энергии депрессионного импульса ( $N$ , кВт)

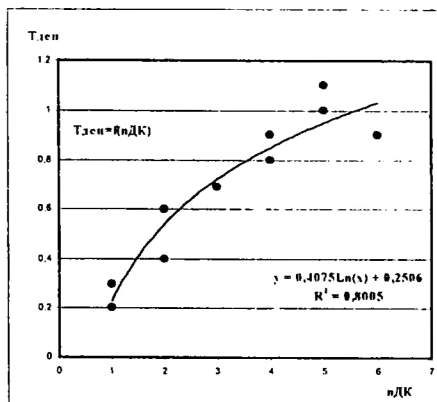


Рис. 3. Зависимость продолжительности депрессии от числа депрессионных блоков многоэлементного депрессионного снаряда

По оси абсцисс: число депрессионных блоков nДК при объеме камер 0,01 м<sup>3</sup>,  
по оси ординат: продолжительность депрессии - Тден, сек.

Депрессионные снаряды в многоэлементном исполнении испытаны в скважинных условиях. Испытывался депрессионный снаряд на геофизическом кабеле под шифром ДСК-1. На рис. 4 приведена технологическая схема ДСК-1 и диаграммы двух циклов депрессионного воздействия в двух- и трёхклапанном вариантах компоновки прибора. На диаграммах давления зафиксирован диапазон гидродинамического воздействия - Дгдв на уровне 21,0 – 21,5 МПа.

На рис. 5 приведена динамика изменения давления при первом цикле депрессионно-волнового воздействия на продуктивный пласт, на котором фиксируется время затухания волнового процесса, составившее 90 сек., и увеличение уровня жидкости в стволе скважины (заштрихованная область на диаграмме), обусловленная притоком флюида из пласта, свидетельствующая об очистке прискважинной зоны.

На рис. 6 приведена развёртка депрессионной зоны первого цикла с регистрацией величины и длительности депрессии при двухклапанной компоновке ДСК-1. Время действия депрессии составило 0,6 сек., а величина депрессии от 8,5 до 13,3 МПа или 0,53 – 0,83 Ргст.

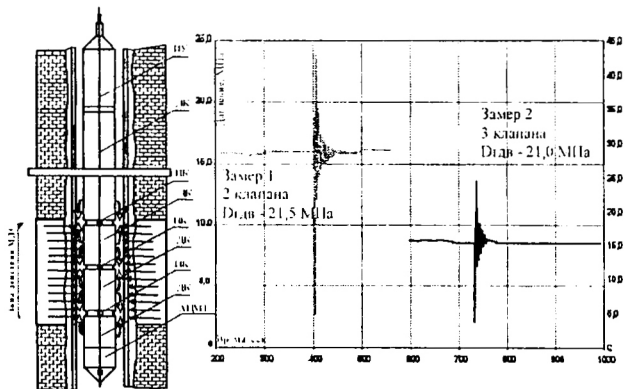


Рис. 4. Результаты скважинных испытаний ДСК-1

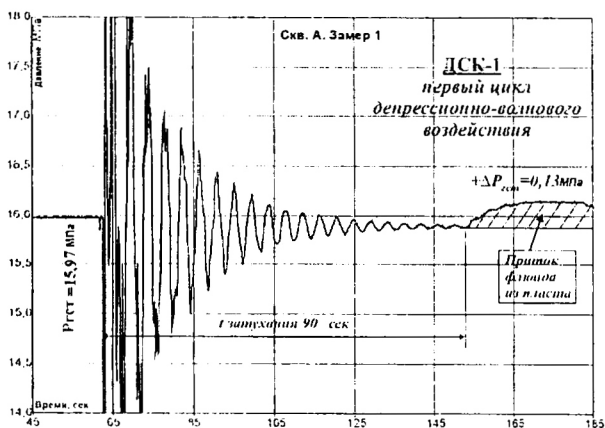


Рис. 5. Динамика изменения давления при первом спуске ДСК-1

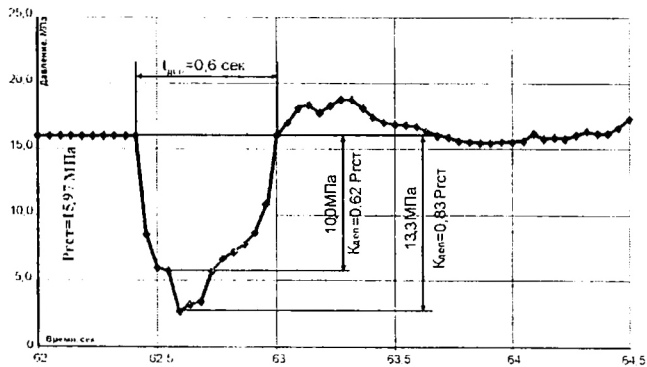


Рис. 6. Результаты аппаратного управления величиной и длительности депрессии при двухклапанной компоновке ДСК-1



На рис. 7 приведена динамика изменения давления при втором спуске депрессионного устройства в трёхклапанной компоновке. На диаграмме чётко зафиксировано сокращение времени затухания волнового процесса до 66 сек. и снижение уровня жидкости в стволе скважины, свидетельствующие об очистке прискважинной зоны в результате первого цикла депрессионно-волнового воздействия.

На рис. 8 приведена развёртка депрессионной зоны второго цикла с регистрацией величины и длительности депрессии при трёхклапанной компоновке ДСК-1. Время действия депрессии составило 0,9 сек., а величина депрессии от 6,0 до 11,7 МПа или 0,4 – 0,74 Ргст.

Промышленные испытания депрессионно-волновой технологии с применением многоэлементных депрессионных систем проведены в 10 скважинах, в 7 из них получено увеличение дебита или приёмистости.

При обработке девонских песчаников в трёх добывающих скважинах из четырёх впервые по динамике изменения давления репресссионной полу-волны зафиксированы зоны локального раскрытия трещин, обусловленные резким снижением давления ниже гидростатического. Пример выделения зон локального раскрытия трещин приведён на рис. 9.

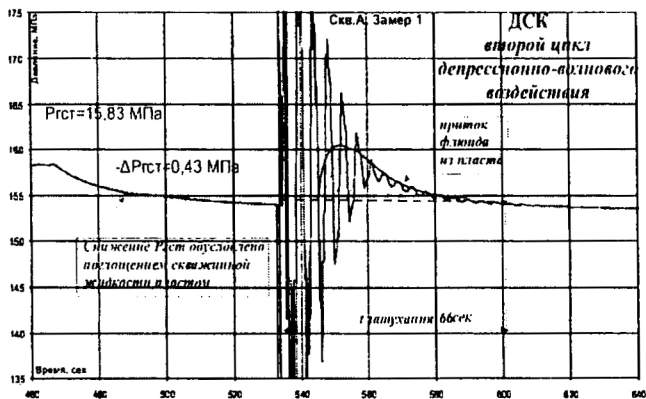


Рис. 7. Динамика изменения давления при втором спуске ДСК-1

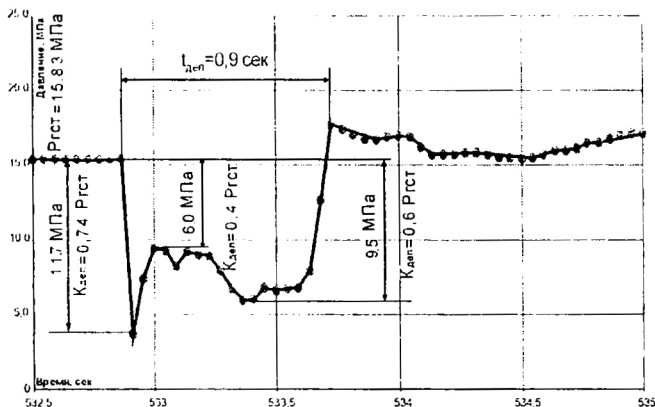


Рис. 8. Результаты аппаратного управления величиной и длительностью депрессии при трехклапанной компоновке ДСК-1

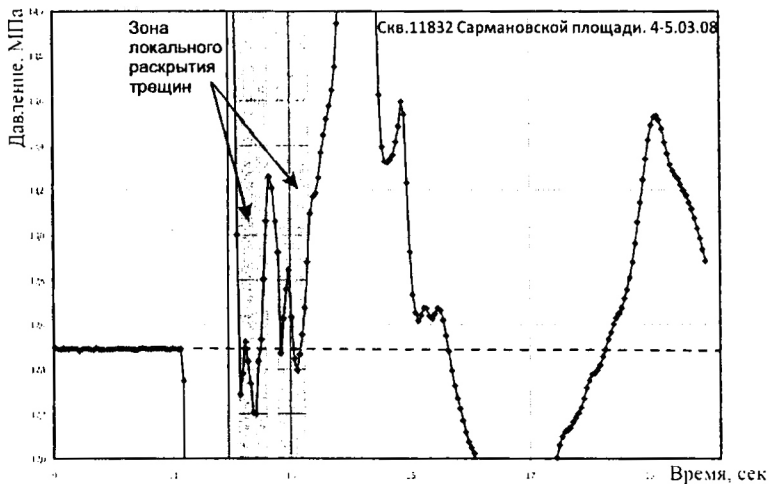


Рис. 9. Динамика репрессивного воздействия на продуктивный пласт с отражением зон локального раскрытия трещин

При испытании технологии в нагнетательных скважинах, в двух из трёх испытанных скважин, где перфорация оказалась неэффективной, получено кратное увеличение приёмистости с включением в режим нагнетания ранее неработающих интервалов. Полученные результаты подтверждены геофизическими исследованиями после перевода скважин на рабочий режим.

В результате целевых исследований и скважинных испытаний завершена разработка кабельного аппаратурно-технологического комплекса, реализующего депрессионно-волновой способ воздействия на пласт и отличающегося от известных способов и устройств, опускаемых на геофизическом кабеле, тем, что применены многоэлементные депрессионные устройства, позволяющие программировать величину и длительность депрессии и изменять направление потока жидкости. На основе новых капанных систем создан многоэлементный депрессионный снаряд, обеспечивающий компоновку требуемого набора отдельных элементов в различных вариантах, создавая управляемый режим депрессионного воздействия с охватом всего интервала перфорации.

Унифицированная конструкция приёмных клапанных фильтров с возможностью изменения направления потока жидкости с радиальноосевого на осевое и наоборот позволяет использовать аппаратуру и для гидропромывки забоя скважин.

**В четвёртой главе** изложены физические основы и технологические показатели, характеризующие гидродинамические возможности метода, приведены расчёты энергетических параметров, дана оценка глубинности метода и возможного влияния депрессионного воздействия на состояние цементной крепи эксплуатационных колонн, приведены гидродинамические показатели депрессионно-волновой обработки скважин по результатам промысловых испытаний.

Важным показателем для любой технологии является глубинность воздействия на пласт. Для изучения динамики изменения давления в пласте во времени и по глубине при импульсном депрессионном воздействии на пласт применён метод математического моделирования, исходя из теории упругого режима фильтрации плоскорадиального потока жидкости:

$$\Delta P (r, t) = \frac{Q \mu}{4 \pi k h} \left[ - Ei \left( - \frac{r^2}{4 \alpha t} \right) \right]$$

где  $\Delta P$  – элементарное изменение давления;  $k$  – проницаемость пласта;  $Ei$  – табулированная интегральная показательная функция;  $t$  – время;  $\mu$  – вязкость пластовой жидкости;  $Q$  – дебит;  $h$  – толщина пласта;

$\alpha$  - коэффициент пьезопроводности;  $r$  - радиус зоны воздействия.

В результате расчётов, выполненных А.Ф.Гильманшиным в БашНИИнефть и М.Я.Аглиуллинным в ОАО «Татнефтегеофизика», получено, что максимальные градиенты давления от 0,12 до 0,07-0,04 МПа/см при импульсном воздействии пластоиспытателем охватывает зону пласта в радиусе до полуметра (рис.10). Приведённые результаты предлагается применить и для оценки глубинности воздействия с помощью многоэлементных депрессионных систем, с помощью которых создаются депрессии, соизмеримые с депрессиями, получаемыми при работе трубных пластоиспытателей.

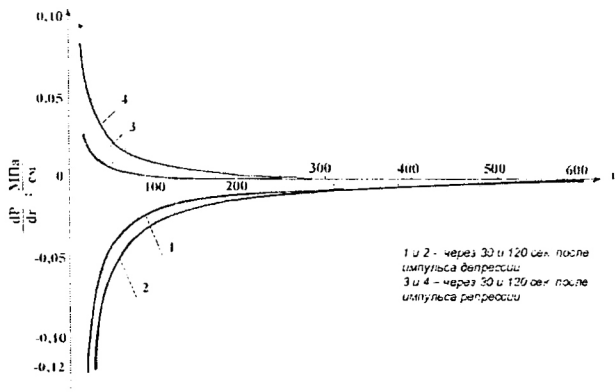


Рис.10. Динамика изменения градиента давления в пласте при ИДВ

Анализ гидродинамических исследований, выполненных на нефтяных месторождениях Удмуртии и Татарстана трубными пластоиспытателями с целью изучения влияния величины депрессии на состояние цементной крепи, показывает, что при хорошем сцеплении цемента с колонной и горной породой по данным акустической цементометрии кратковременные депрессии, достигающие 4,0 МПа/м, не приводят к нарушению герметичности цементной крепи. Во всех случаях установленной негерметичности цементной крепи по результатам гидродинамических исследований сцепление цемента с колонной по данным акустики было частичным. Промысловые испытания депрессионно-волновой технологии подтвердили, что в условиях качественного цементирования эксплуатационных колонн депрессия до 10 МПа и репрессия до 25 МПа не приводят к гидропрорыву цементной крепи. Во всех

добывающих скважинах обводнённость продукции после депрессионно-волновой обработки не изменилась.

По результатам количественной обработки волновых диаграмм, полученных с помощью многоэлементных устройств в двух-- шестиклапанной компоновке в процессе скважинных испытаний, установлено:

- потенциальная энергия депрессионных импульсов достигает  $250\div 982,0$  кДж, что в тротиловом эквиваленте соответствует  $59,0\text{-}234,0$  г тротила с возможностью формирования интенсивности воздействия на стенки скважины от  $52$  до  $101$  кВт/м<sup>2</sup>;

- градиент давления –  $0,011 - 0,019$  МПа/м;

- доминирующая частота гидроволнового процесса  $0,1 - 0,3$  Гц, что соответствует инфразвуковому диапазону частот.

По энергетике и частотному признаку предложенный метод управляемого депрессионно-волнового воздействия относится к высоко энергетическим методам воздействия на прискважинную зону продуктивного пласта.

Показано, что для объективной оценки различных технологий необходимо применять не абсолютные значения  $\Delta R_{деп}$  и  $R_{реп}$ , а их отношения к  $R_{гст}$ . Введён показатель длительности депрессии –  $T_{деп}$ . В существующих ударно-депрессионных желонках  $T_{деп}$  составляет  $0,2\text{-}0,3$  сек., а в многоэлементных депрессионных системах длительность депрессии регулируется и может составлять  $0,6 - 1,2$  сек.

Для оценки степени воздействия на пласт беспакерных технологических систем вводится новый показатель – коэффициент воздействия на пласт  $K_{вп}$ , определяемый отношением совокупной площади проходных каналов приёмных клапанных фильтров для притока жидкости к зазору между прибором и эксплуатационной колонной. В одноэлементных УДЖ этот показатель не превышает  $0,15$ . В многоэлементных системах этот показатель регулируется и может иметь значения до  $1,0$  и более.

Важным показателем эффективности депрессионного воздействия на пласт является величина интервала действия депрессии. По таким показателям как величина, продолжительность и интервал действия депрессии много-

элементная депрессионная система имеет явное преимущество в сравнении с другими кабельными технологиями (Рис. 11).

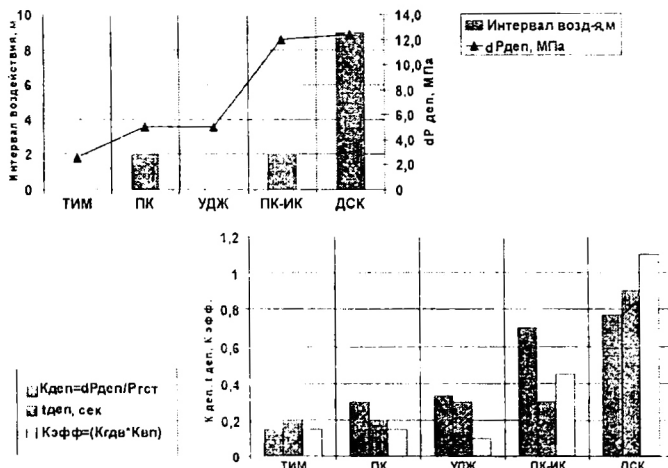


Рис. 11. Сравнительные показатели эффективности кабельных методов воздействия на ОПЗ

ТИМ – термомпложный метод, ПК – перфоратор кумулятивный, УДЖ – ударно-депрессионная желонка, ПК-ИК – перфоратор кумулятивный с импложной камерой, ДСК – депрессионный снаряд кабельный.

Исключительно важным преимуществом многоэлементных депрессионных систем является возможность управления величиной депрессии в диапазоне 0,2 – 0,8 Pгст. путём соответствующей компоновки снаряда при спуске в скважину. Однако с увеличением депрессии возрастают ударные нагрузки на грузонесущий тракт, используемый для спуска технологических установок в скважину.

В пятой главе приводятся результаты исследований нагрузок на кабель при работе с многоэлементными депрессионными снарядами.

Результаты анализа диаграмм давления показывают, что максимальные значения ΔP деп, создаваемые существующими одноэлементными ударно-депрессионными желонками, не превышают 30-45% Pгст. Ударная нагрузка на кабель при этом не превышает 30 кН, что позволяет проведение работ на серийном кабеле. В условиях увеличения депрессий до значений 0,8 - 0,9 Pгст ударные нагрузки на кабель возрастают до 60 кН и более, вызывая необходимость применения кабеля с более высокой разрывной прочностью.

Поэтому для работы с многоэлементными депрессионными системами обоснованы конструктивные и технологические решения, позволяющие при проектировании различных типов грузонесущих кабелей достигать требуемых технических параметров для работы с приборами в скважинах сложного профиля на основе применения многослойного композитного покрытия применительно к геолого-техническим условиям нефтяного региона.

## **ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ**

1. На основе анализа технологических факторов, влияющих на состояние коллекторских свойств продуктивных пластов нефтедобывающих и нагнетательных скважин в процессе их строительства и эксплуатации, и применяемых методов воздействия на пласт установлена необходимость развития кабельных методов обработки продуктивных пластов и сформулированы основные задачи исследований для создания технологий управляемого воздействия на продуктивный пласт.

2. Разработана технология управляемого депрессионно-волнового воздействия на продуктивный пласт на основе использования потенциальной энергии гидродинамической системы «скважина-пласт», включающая регулирование величины и длительности депрессии с обеспечением инструментального контроля всего технологического процесса для документирования и оценки результатов обработки.

3. Получены эмпирические зависимости величины репресссионного воздействия от энергии депрессионного импульса, инициирующего гидроволновой процесс; установлена связь величины и длительности депрессии от степени открытия и объёма депрессионных камер.

4. Установлена возможность выделения зон локального раскрытия трещин по динамике изменения давления при репресссионном воздействии на продуктивный пласт.

5. Результаты опытно-промышленных испытаний доказано, что депрессионно-волновая обработка скважин при депрессии до 10 МПа и репресс-

сни до 25 МПа не приводят к гидропрорыву цементной крепи в условиях качественного цементирования эксплуатационных колонн.

6. Экспериментальными и расчётными данными установлена необходимость создания кабеля с разрывной прочностью до 120 кН для реализации разработанных технологий в скважинах сложного профиля. Предложенная конструкция кабеля включена в Стандарт отрасли – «Кабели грузонесущие геофизические бронированные». ОСТ – 153-39.1-005-00.

7. Для скважин глубиной более 2500 метров разработан вариант многоэлементного депрессионного снаряда для спуска на насосно-компрессорных трубах.

8. Сравнительной оценкой эффективности кабельных ударно-депрессионных устройств установлено преимущество многоэлементных депрессионных систем.

9. Успешность работ по результатам испытаний депрессионно-волновой технологии составила 70% при увеличении дебита от 13 до 160%, а приёмности в 1,8 и более раз.

10. Предложенные в работе технологические решения защищены девятью патентами Российской Федерации на изобретения.

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ**

1. Грузонесущие геофизические кабели нового поколения для нефтепромысловых работ и геофизических исследований скважин / Корженевская Т.А. [и др.] // Третий конгресс нефтегазопромышленников России. Научный симпозиум «Новые технологии в геофизике». 2001. С.129-131.

2. Исследования горизонтальных скважин, оборудованных штанговыми насосами / Корженевская Т.А. [и др.] // Нефть Татарстана. 2001. №2. С.10-12.

3. Патент РФ на изобретение №2138834; заявл. 25.12.1998; опубл. 27.09.1999, Бюл. №27. Геофизический кабель (варианты) и способ исследования скважин / Корженевская Т.А. [и др.]



4. Патент РФ на изобретение №2171367; заявл. 15.11.1999; опубл. 27.07.2001, Бюл. №21. Способ вторичного вскрытия продуктивных пластов в нефтяных и газовых скважинах под депрессией / Корженевская Т.А. [и др.]
5. Патент РФ на изобретение №2176403; заявл. 05.07.2000; опубл. 27.11.2001, Бюл. №33. Устройство и способ возбуждения упругих колебаний и гидроразрыва пласта / Корженевская Т.А. [и др.]
6. Патент РФ на изобретение №2182656; заявл. 23.05.2000; опубл. 20.05.2002, Бюл. №14. Устройство для термогазокислотной обработки продуктивных пластов / Корженевская Т.А. [и др.]
7. Патент РФ на изобретение №2183259; заявл. 22.06.2000; опубл. 10.06.2002, Бюл. №16. Устройство и способ вторичного вскрытия продуктивных пластов / Корженевская Т.А. [и др.]
8. Патент РФ на изобретение №2199009; заявл. 09.04.2001; опубл. 20.02.2003, Бюл. №5. Устройство и способ гидродинамических исследований и испытаний скважин / Корженевская Т.А. [и др.]
9. Патент РФ на изобретение № 2209450; заявл. 14.01.2002; опубл. 27.07.2003, Бюл. №21. Грузонесущий геофизический кабель (варианты) и способ исследования наклонных и горизонтальных скважин / Корженевская Т.А. [и др.]
10. Патент РФ на изобретение №2275496; заявл. 22.07.2004; опубл. 27.04.2006, Бюл. №12. Способ и устройство для кумулятивной перфорации нефтегазовых скважин (варианты) / Корженевская Т.А. [и др.]
11. Решение о выдаче патента РФ на изобретение от 23.09.2008г. по заявке №2007117263/03 (018777) 08.05.2007: Способ и устройство для стимуляции работы нефтегазовых скважин (варианты) / Корженевская Т.А. [и др.]
12. Управляемая депрессионно-волновая обработка продуктивного пласта – эффективный метод интенсификации нефтепритока / Корженевская Т.А. [и др.] // Геология, геофизика, разработка нефтяных и газовых месторождений. 2008. №11. С.41-45.
13. Геофизические кабели нового поколения для исследований наклонных и горизонтальных скважин // Корженевская Т.А. [и др.] // 5-й Российско-китайский научный симпозиум по промысловой геофизике. 2008. С.106-113.

14. Исследование герметичности цементной крепи скважин гидродинамическим методом / Корженевская Т.А. [и др.] // Нефтяное хозяйство. 2009. №1. С.69-71.



10=

Отпечатано в секторе оперативной полиграфии  
института «ТатНИПинедь» ОАО «Татнефть»  
тел.: (85594) 78-656, 78-565  
Подписано в печать 25.02.2009 г.  
Заказ №25020902 Тираж 100 экз.