

КОЛОСОВ ДЕНИС СЕРГЕЕВИЧ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И РЕШЕНИЯ ПО
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ПОГЛОЩЕНИЯМИ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН**

Специальность 25.00.15 – Технология бурения и освоения скважин

Автореферат диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Тюмень – 2006

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Тюменский государственный нефтегазовый университет» (ТюмГНГУ)

Научный руководитель — доктор технических наук
Ишбаев Гиният Гарифуллович

Официальные оппоненты: — доктор технических наук, профессор
Спасибов Виктор Максимович

— кандидат технических наук
Аржанов Андрей Феликсович

Ведущая организация — Общество с ограниченной ответственностью «Тюменский научно-исследовательский и проектный институт природных газов и газовых технологий» (ООО «ТюменНИИГипрогаз»)

Защита состоится 14 апреля 2006 г. в 9.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.273.01 при ТюмГНГУ по адресу: 625039, г. Тюмень, ул. 50 лет Октября, 38.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотечном информационном центре ТюмГНГУ по адресу: 625039, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 72, каб. 32.

Автореферат разослан 14 марта 2006 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор

В.П. Овчинников

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

Наиболее распространённым осложнением при бурении нефтяных и газовых скважин является на сегодняшний день поглощение технологических жидкостей, потери которых при разбуривании отдельных месторождений достигают тысячей кубометров в год, являясь причиной материальных затрат, связанных с простоем оборудования и рабочей силы, ухудшением коллекторских свойств продуктивных пластов и некачественным цементированием обсадных колонн.

В результате промыслового опыта установлено, что очень часто существующие способы борьбы с поглощениями оказываются недостаточно эффективными. Это связано в первую очередь с тем, что борьба с этим видом осложнения в отдельно взятом случае требует учёта большого количества факторов – технических данных скважины, геолого-физических характеристик горных пород и данных о гидродинамическом состоянии и поведении системы «скважина-проницаемый пласт».

Сложность технологических процессов изоляции проницаемых пластов, высокая изменчивость геолого-технических условий бурения, низкая технологическая эффективность способов ликвидации поглощений буровых и тампонажных растворов, недостаточный уровень квалификации исполнителей работ, отсутствие обеспечения поддержания необсаженного ствола скважины в технически надёжном состоянии приводят к тому, что мероприятия по ликвидации поглощения, показавшие высокие результаты на одной скважине, могут оказаться совершенно неэффективными для другой.

Кроме того, одно и то же поглощение промывочной жидкости может быть ликвидировано различными способами и с различными показателями успешности работ. В связи с тем, что выбор адекватного способа борьбы с этим видом осложнения в процессе бурения должен производиться качественно и в короткие сроки, наиболее подходящим решением этой задачи является

разработка и внедрение методического комплекса, который должен содержать эффективные методы предупреждения и ликвидации поглощений и разработанное на их основе программное обеспечение. Такой подход позволит повысить успешность работ по борьбе с поглощениями независимо от квалификации исполнителей работ.

Цель работы

Повышение качества и эффективности изоляционных работ при строительстве нефтяных и газовых скважин в сложных и изменяющихся геолого-промысловых условиях разработкой и реализацией модернизированного комплекса по борьбе с поглощениями.

Основные задачи исследований

1. Аналитическая оценка состояния работ по развитию и совершенствованию технологий борьбы с поглощениями.
2. Обоснование научно-методических подходов и принципов по совершенствованию технологических процессов изоляции проницаемых пород.
3. Совершенствование методов расчёта параметров технологического контроля и управления механизмами изоляции проницаемых пород при борьбе с поглощениями.
4. Разработка программного обеспечения по борьбе с поглощениями и его апробация.

Научная новизна выполненной работы

1. Результаты научных обобщений и аналитической оценки состояния работ по развитию методических, оптимизационных и технологических разработок при борьбе с поглощениями. Установлено, что большинство современных научно-технических направлений и методических подходов не имеют под собой системной базы, а их развитие происходит в условиях неупорядоченности и низком уровне организации и управления этими созидательными процессами (состоянии энтропии).

2. Развиты современные научно-технологические основы

совершенствования методов расчёта параметров контроля и регулирования механизма изоляции проницаемых пород при борьбе с осложнениями при бурении скважин.

3. Впервые реализованы системные принципы при разработке программного продукта по контролю и регулированию нестационарных процессов гидроизоляции проницаемых пород (механизма взаимодействия проницаемой среды и изолирующих систем в пристволенной и призабойной зонах пластов-коллекторов).

Практическая ценность и реализация

1. Разработан модернизированный комплекс по оптимизации методов предупреждения и борьбы с поглощениями в условиях конкретных скважин.

2. На основе аналитических исследований и методических разработок создано программное обеспечение «Борьба с осложнениями при строительстве нефтяных и газовых скважин», обеспечивающее выбор наиболее оптимального способа борьбы с поглощениями и расчёт технологических параметров его реализации независимо от квалификации исполнителей работ.

3. Разработана комплексная методика по борьбе с осложнениями при строительстве скважин, обеспечивающая расчёт оптимальных параметров снижения проницаемости пород с эффективной реализацией соответствующих механизмов (водоотделения, структурообразования и эффекта расклинивающего давления).

4. На основе опубликованных материалов промысловых работ и результатов апробации на конкретных скважинах подтверждена эффективность разработанного методического комплекса.

Апробация результатов исследований

Основные положения работы докладывались и получили одобрение на Шестой всероссийской конференции молодых учёных, специалистов и студентов по проблемам газовой промышленности России (Москва, 2005) и Международной научно-технической конференции «Нефть и газ Западной

Сибири» (Тюмень, 2005).

Разработанный методический комплекс прошёл успешную промышленную апробацию на двух поглощающих скважинах Зюзеевского нефтяного месторождения.

Публикации

По материалам исследований опубликовано 4 научные работы.

Объём и структура работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх разделов, основных выводов и рекомендаций, списка использованных источников (147 наименований) и пяти приложений. Изложена на 146 страницах машинописного текста, содержит 13 таблиц и 17 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформирована цель, обозначены задачи и изложены основные пути решения рассматриваемой проблемы.

В первом разделе рассматривается причина поглощения промывочных жидкостей при бурении нефтяных и газовых скважин, факторы, к ней приводящие, и проводится анализ существующих способов расчёта технологических параметров проведения изоляционной операции методом закачивания в проницаемый пласт твердеющих тампонажных растворов и смесей.

Непосредственно причиной поглощений промывочной жидкости и тампонажных растворов при бурении является формирование гидравлической связи скважины и вскрытых проницаемых интервалов. Всё остальное является факторами негативного воздействия на технологические процессы бурения и эксплуатации скважин (технологические факторы) или связанные с ними последствиями (геологические факторы), под действием которых и возникает осложнение. К основным технологическим факторам, оказывающим влияние на поглощение технологических жидкостей, относятся: повышенная плотность,

вязкость и статическое напряжение сдвига промывочной жидкости, уменьшение кольцевого зазора между стенкой скважины и буровым инструментом, скорость спуска бурового инструмента, высокие давления при проведении различных работ в скважине (нагнетание цементных и тампонажных смесей), гидравлический разрыв пород при проведении технологических операций. Геологическими факторами большинства встречаемых поглощений являются раскрытые трещины, трещины гидроразрыва и каналы с изменяемой геометрией фильтрации.

В настоящее время можно выделить три основных механизма снижения проницаемости поглощающих пластов: расклинивающего давления (кольматация проницаемых пород гидромониторными струями полидисперсных растворов), структурообразования (закупоривание каналов фильтрации проницаемых пород нетвердеющими тампонажными растворами и смесями) и водоотделения (тампонирование поглощающих пород твердеющими растворами). В связи с тем, что обоснованный выбор механизма применительно к конкретным параметрам поглощающей скважины оказывает непосредственное влияние на эффективность и успешность проведения изоляционных работ, в работе подробно рассмотрен каждый из перечисленных механизмов. При этом сделан вывод, что из всех рассмотренных методов снижения проницаемости поглощающих пластов управляемыми являются только два – гидромониторная кольматация (ГМК) и закачивание в проницаемый пласт твердеющих растворов и смесей, которые позволяют управлять самим механизмом снижения проницаемости через изменение технологических параметров проведения изоляционной операции.

Далее в разделе проводится сравнительный анализ существующих методов расчёта объёма тампонажного раствора, необходимого для изоляции зон поглощения. Рассматриваются методики таких авторов как Ивачёв Л.М., Крылов В.И., Максимович В.А., Мессенджер Д.Ю., Мищевич В.И., Семёнов Н.Я., Тянь П.М., Шахмаев З.М. и Ясов В.Г. Сравнительный анализ методик

(таблица 1) позволяет сделать вывод, что они не рассматривают объём тампонажного раствора, необходимого для полной изоляции поглощения, как функцию ряда групп параметров – технических данных скважины, геолого-физических характеристик поглощающего пласта, свойств применяемого тампонажного раствора и технологических параметров регулирования изоляционной операции.

Таблица 1 – Сводная таблица методов расчёта объёма тампонажного раствора, необходимого для изоляции поглощения

Автор метода расчёта	Технические данные скважины и геолого-физические характеристики поглощающего пласта					Технологические параметры проведения изоляционной операции			
	Номинальный диаметр	Коэффициент проницаемости	Раскрытость трещин	Толщина поглощающего пласта	Коэффициент трещиноватости	Пластическая прочность тампонажной смеси	Перепад давления нагнетания	Расход нагнетания	Время нагнетания
Ивачёв Л.М.	–	–	–	+	+	+	+	–	–
Крылов В.И.	–	–	–	+	–	–	–	+	+
Максимович Н.А.	+	–	–	+	–	–	–	–	–
Мессенджер Д.Ю.	–	–	+	–	–	–	+	–	–
Мищевич В.И.	+	–	–	+	–	–	–	–	–
Семёнов Н.Я.	+	–	–	+	–	–	–	–	–
Тян П.М.	+	–	–	+	–	–	–	–	–
Шахмаев З.М.	+	+	–	+	–	–	–	–	–
Ясов В.Г.	+	–	–	+	–	–	–	–	–

Другим общим недостатком рассмотренных методов является то, что они направлены на расчёт только объёма необходимой для изоляции поглощения тампонажной смеси, а не ряда параметров управления технологическим процессом изоляции. Учитывая недостатки вышеперечисленных методов

расчёта, были сформулированы требования к создаваемой методике, которая должна включать в себя следующие этапы:

1. Определение фильтрационных характеристик проницаемого интервала.
2. Выбор механизма снижения проницаемости поглощающих пластов.
3. Расчёт оптимальных технологических параметров, обеспечивающих реализацию выбранного механизма снижения проницаемости.
4. Проведение изоляционной операции.

Во втором разделе обосновываются научно-методические принципы и технологические подходы разработки методики расчёта технологических параметров производства изоляционной операции.

Различие типов проницаемых коллекторов, изменение их фильтрационных характеристик в широком диапазоне, сложность гидравлического состояния скважины обуславливают индивидуальный подход к обоснованию и выбору метода изоляции каждого поглощения. Решение задачи выбора наиболее эффективного для конкретного объекта метода изоляции, который бы при минимуме затрат средств и времени обеспечивал максимальную эффективность и успешность проводимых работ, возможно только при учёте взаимодействия основных частей системы (фильтрационные характеристики проницаемой среды, механизм гидромеханических процессов их изоляции и технологические параметры управления механизмом изоляционной операции), каковой является технологический процесс снижения проницаемости поглощающих пород.

Как известно, решение проблемы с применением системного подхода характеризуется такими понятиями как информация, организация и управление. Исходя из этого, а также из ранее сформулированных требований к разрабатываемому методическому комплексу, становится возможным составить технологическую схему производства изоляционных работ на основе системного подхода, включающую в себя следующие этапы (рисунок 1):

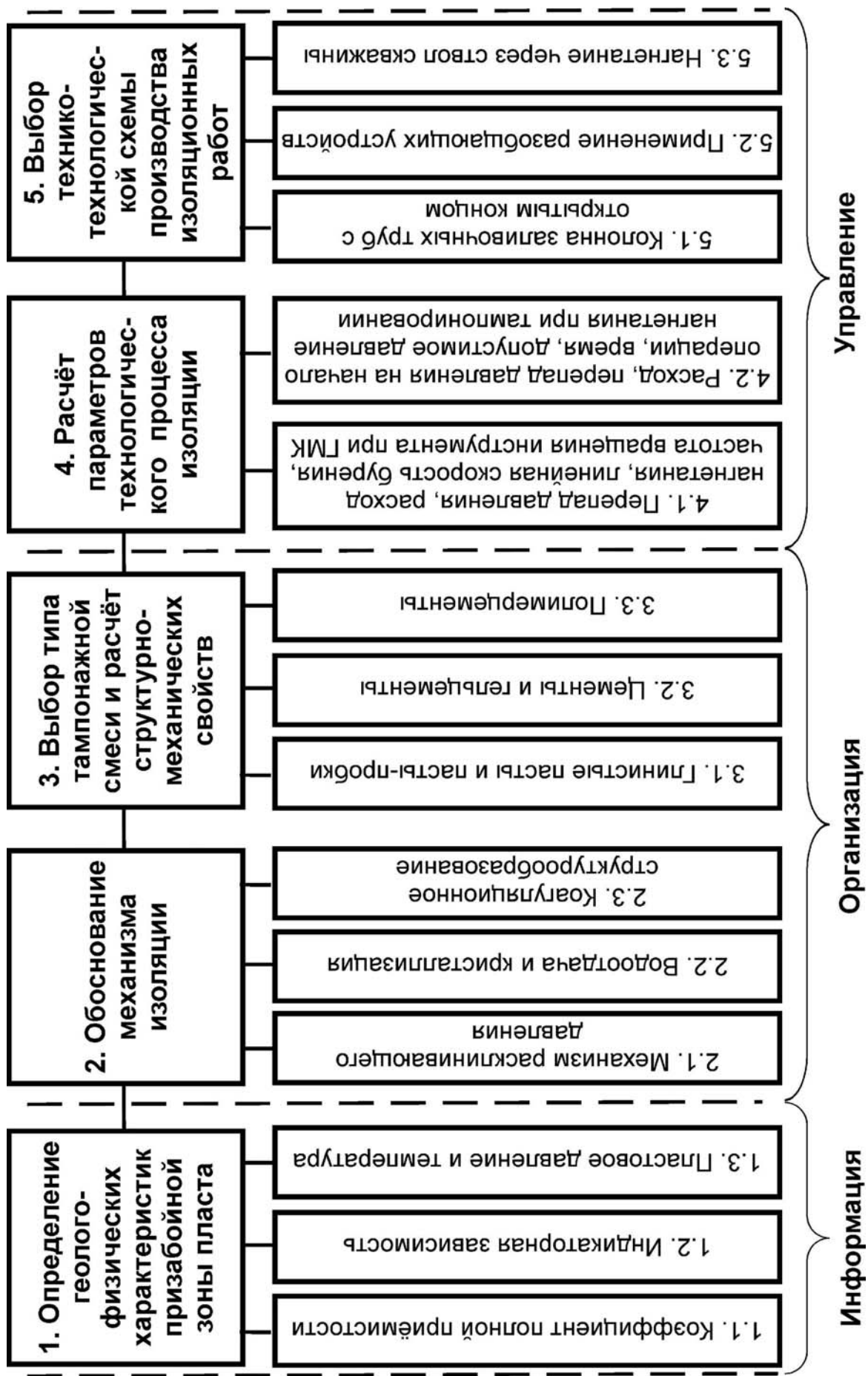


Рисунок 1 – Технологическая схема производства изоляционных работ

1. Определение фильтрационных характеристик проницаемого интервала.
2. Обоснование механизма изоляции, включающего в себя выбор одного из трёх рассмотренных ранее механизмов снижения проницаемости.
3. Выбор типа тампонажной смеси и расчёт её структурно-механических свойств в случае, если выбран механизм водоотдачи и кристаллизации.
4. Расчёт оптимальных технологических параметров, обеспечивающих реализацию выбранного механизма снижения проницаемости.
5. Выбор технико-технологической схемы производства изоляционных работ в случае, если применяется тампонирование проницаемого интервала.

Как известно, под термином «система» в общем случае понимается совокупность материальных тел с известными свойствами и связями как между собой, так и с внешней средой, располагающейся за границей рассматриваемой системы. С этой точки зрения систему применительно к борьбе с поглощениями характеризует объект воздействия, внешняя среда и параметры воздействия на процесс изоляции.

При проведении технологической операции по предупреждению поглощений гидромониторной обработкой ствола скважины высоконапорными струями глинистых растворов и суспензий геолого-техническая система «скважина – проницаемый пласт» включает в себя объект воздействия – скважину и проницаемый пласт, внешнюю среду – затопленную струю и параметры воздействия – технологические параметры управления гидромониторной кольматацией (элементы 1.1 – 1.3, рисунок 2). При этом факторы 1.1.1.6, 1.1.1.7, 1.2.3 и 1.2.4 являются параметрами, целенаправленное управление которыми на практике невозможно, однако они также оказывают непосредственное влияние на эффективность работы затопленной струи.

Применительно к системе «скважина – проницаемый пласт» при ликвидации поглощений в качестве объекта воздействия рассматриваются скважина и проницаемый пласт, внешней среды – тампонажные смеси, при

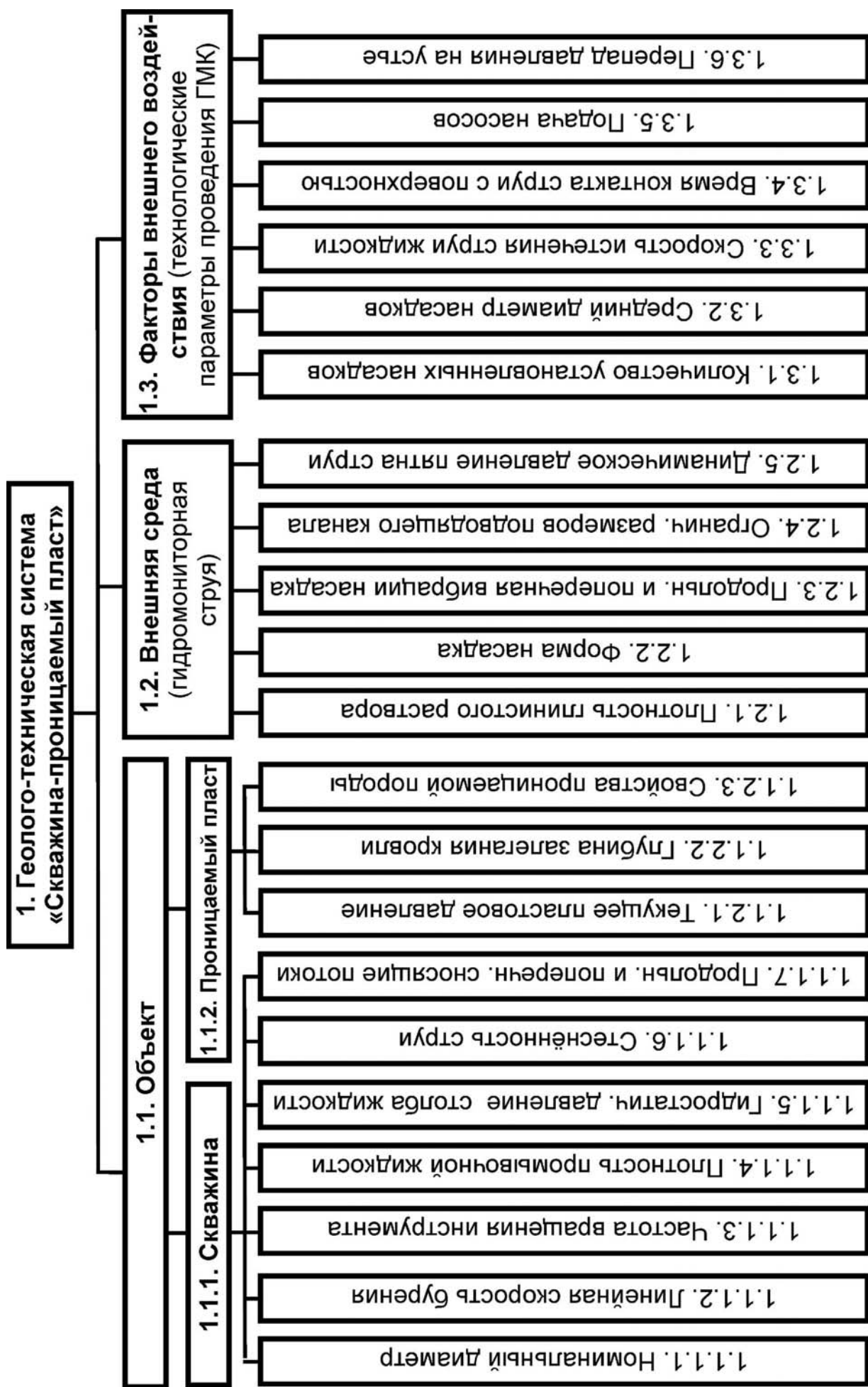


Рисунок 2 – Геолого-техническая система «Скважина-проницаемый пласт» при предупреждении поглощений

помощи которых происходит воздействие, а параметров воздействия – технологические параметры управления изоляционной операцией (элементы 1.1 – 1.3, рисунок 3).

Таким образом, технологический процесс борьбы с поглощениями в процессе бурения нефтяных и газовых скважин при системном подходе включает в себя две составляющие – статическую (геолого-техническая система «скважина – проницаемый пласт» при предупреждении и ликвидации поглощений) и динамическую (регламентирование самих технологических операций и последовательности их выполнения).

Для оперативного получения достоверной информации о наличии и характеристиках поглощающих пластов требуется выбор и обоснование метода исследования проницаемых интервалов, который бы отвечал таким требованиям как оперативность, достоверность и не требовал дополнительных специальных средств, т.е. максимально совмещался с производственным процессом бурения. Для этого был проведён сравнительный анализ существующих способов исследований поглощающих пластов. Рассмотрены такие способы исследования как наблюдение за гидравлическим состоянием и поведением скважины в процессе бурения, расходометрия, телеметрия, каверно- и профилометрия, термометрия, радиоактивный каротаж и гидродинамические исследования. В работе показано, что среди рассмотренных методов поставленным требованиям отвечает только метод гидродинамических исследований скважин, который включает в себя метод опрессовки и метод нагнетания жидкости на нескольких режимах, позволяющий получить гидродинамическую (интегральную) характеристику – индикаторную зависимость поглощающего пласта.

В данном разделе также рассмотрены существующие способы предупреждения поглощений (технологическая остановка процесса бурения, регулирование подачи буровых насосов, снижение скорости спуска инструмента, кольматация интервала поглощающих пород гидромониторными

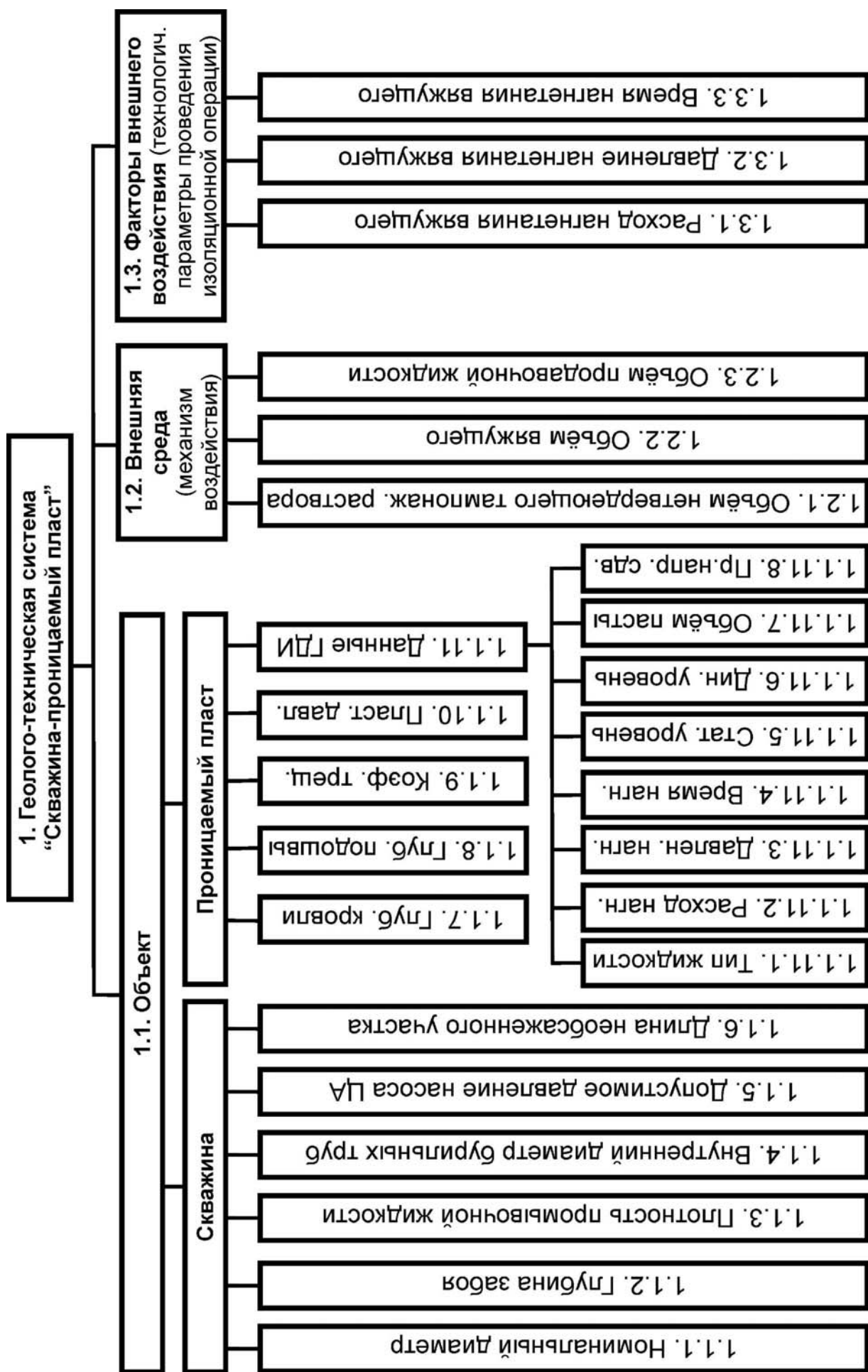


Рисунок 3 – Геолого-техническая система «Скважина-проницаемый пласт» при ликвидации поглощений

струями, регулирование плотности, реологических и закупоривающих свойств промывочной жидкости). Показано, что из всех методов наиболее эффективным является управляемая обработка проницаемых пород высоконапорными гидромониторными струями глинистого раствора, совмещённая с процессом бурения скважин, обладающая двумя важными преимуществами перед другими технологиями:

Во-первых, она позволяет устранить саму причину поглощений – гидродинамическую связь ствола скважины с проницаемым интервалом.

Во-вторых, при рассмотрении процесса строительства скважины с системной точки зрения гидромониторная кольматация позволяет создать условия, близкие к оптимальным для проведения следующего этапа борьбы с поглощениями – изоляции поглощающих пластов высокой проницаемости, т.е. непосредственно ликвидации поглощений.

Далее в разделе рассматриваются механизмы снижения проницаемости флюидонасыщенных пород при применении методов малых и глубоких проникновений тампонажных систем, а также факторы, интенсифицирующие гидромеханические процессы кольматации и тампонирувания проницаемых сред. Показано, что основными технологическими параметрами, определяющими гидравлический режим взаимодействия тампонажных систем с проницаемыми породами, являются перепад давления нагнетания на начало операции (ΔP_n), подача насосов (расход Q_n) и время нагнетания (T_n). При этом основное влияние оказывает перепад давления нагнетания. Как показывают исследования, воздействие давления приводит во времени к повышению концентрации твёрдой фазы суспензии, её реологических характеристик и сокращению сроков формирования цементного камня, что позволяет эффективно изменять свойства тампонажной системы во времени в технологически требуемом направлении. Исходя из этого, становится возможным уточнить требование к разрабатываемой методике: подобрать такое технологически обоснованное сочетание вышеперечисленных параметров,

которое будет соответствовать интегральной характеристике поглощающего пласта и обеспечивать наиболее эффективное воздействие гидравлических факторов на процессы кольтматации и закупорки проницаемых пород.

В третьем разделе описывается методика, которая находится в основе разрабатываемого программного обеспечения по борьбе с поглощениями при строительстве нефтяных и газовых скважин.

Разрабатываемая методика и основанный на ней программный комплекс предназначен для оптимизации технологических процессов предупреждения поглощений и их гидроизоляции методами малых (гидромониторная кольтматация) и регулируемых (режимные нагнетания нетвердеющих и твердеющих тампонажных смесей) проникновений тампонажных растворов и смесей. В соответствии с системными принципами, объём необходимой информации для эффективной борьбы с поглощениями промывочной жидкости и принятия обоснованных решений должен включать максимально полные данные объекта воздействия (скважина и проницаемый пласт). На основе этого создана база данных исходных параметров разрабатываемого программного обеспечения, включающая исходную промысловую информацию по скважине, геолого-физические характеристики и гидравлическое состояние скважины и данные гидродинамических исследований.

Повышение эффективности работ по борьбе с поглощениями возможно за счёт создания методов расчёта, которые бы учитывали такой важный фактор как фильтрационные свойства проницаемого пласта и механизм нагнетания тампонажного раствора. Режим течения вязкопластичных жидкостей при тампонировании трещинных коллекторов определяют следующие факторы: геологическое строение проницаемых сред, реологические и структурно-механические свойства тампонажных растворов и технологические параметры режима фильтрации в зону поглощения. В предлагаемой методике все встречаемые поглощения относятся к одному из 3-х случаев. Это определяется тем, что в настоящее время известно три основных схемы нагнетания

тампонажных растворов из скважины в интервал проницаемых пород: схема бокового, переходного и донного течения, каждая из которых определяет выбор способа расчёта наиболее оптимального объёма тампонажного раствора, необходимого для ликвидации поглощения.

Схема бокового течения выполняется в условиях, когда производительность насоса больше, чем производительность (приёмистость) изолируемого интервала. В данном случае создаваемое в изолируемой зоне избыточное давление обеспечивает необходимые гидравлические условия для движения смеси из ствола скважины в пласт в горизонтально-радиальном, вертикальном и наклонном направлениях одновременно по всей его толщине. По промысловому опыту установлено, что при боковой схеме нагнетания гидродинамическое поведение скважины характеризуется следующими особенностями. Статический уровень жидкости при восстановлении циркуляции поднимается на устье скважины, и жидкость частично поступает из ствола в приёмную ёмкость буровых насосов. Перепад давления на кровлю пласта по манометру на устье $\Delta P \geq 3,0$ МПа, коэффициент полной приёмистости $K = (0,2 - 1,3) \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{МПа})$, показатель интенсивности поглощения $C = 7,0 - 50 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Схема переходного течения жидкости характеризуется на первой стадии технологического процесса изоляции основными показателями донного режима, на второй – с периодическим изменением от донного к боковому и на завершающей стадии – при боковом нагнетании. Внешними признаками поглощающих пластов, изолируемых по переходной схеме, является то, что при гидродинамических исследованиях циркуляция промывочной жидкости не восстанавливается, давление динамического столба жидкости изменяется от 1,1 до 2,5 МПа, коэффициент полной приёмистости – $K = (1,0 - 2,5) \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{МПа})$, интенсивность поглощения $C = 40 - 90 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Схема донного (гравитационного) нагнетания тампонажных смесей характеризуется формированием зоны повышенного давления в подошвенной

области поглощающего пласта и зоны пониженного давления в кровле. При опрессовках поглощающих интервалов, при изоляции которых реализуется донная схема нагнетания тампонажных растворов, циркуляция промывочной жидкости как правило не восстанавливается, давление динамического столба жидкости менее 1,0 МПа, коэффициент начальной приёмистости $K > 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{МПа})$, интенсивность поглощения $C > 90 \text{ м}^3/\text{ч}$. В этом случае для проведения исследования используется высокоструктурированная паста для оценки закупоривающих свойств тампонажных систем, так как применение промывочной жидкости не обеспечивает создания требуемого перепада давления на устье.

В соответствии с принятой классификацией поглощающих пластов для каждого из трёх случаев разработан свой алгоритм расчёта. На рисунке 4 представлен алгоритм расчёта технологических параметров изоляции проницаемых пластов при реализации наиболее распространённой – боковой схемы нагнетания (1 метод).

В данном разделе также представлены параметры управления гидромеханическим процессом кольматации проницаемых сред гидромониторными струями применяемых суспензий и критерии его оптимизации: скорость истечения гидромониторной струи, сила динамического удара струи о преграду, динамическое давление пятна струи на проницаемую поверхность горной породы и время контакта пятна струи с преградой. Показано, что в условиях скважины на эффективность воздействия гидромониторной струи действует большое количество факторов: форма насадка, свойства промывочной жидкости, гидростатическое давление, наличие механических примесей в среде, продольный и поперечный сносящие потоки, фактор деформации растяжения, действующий на бурильную колонну, продольная и поперечная вибрации насадка, ограниченность размеров подводящего канала, свойства горной породы, низкочастотные и высокоамплитудные изменения динамических давлений на забое скважины. В

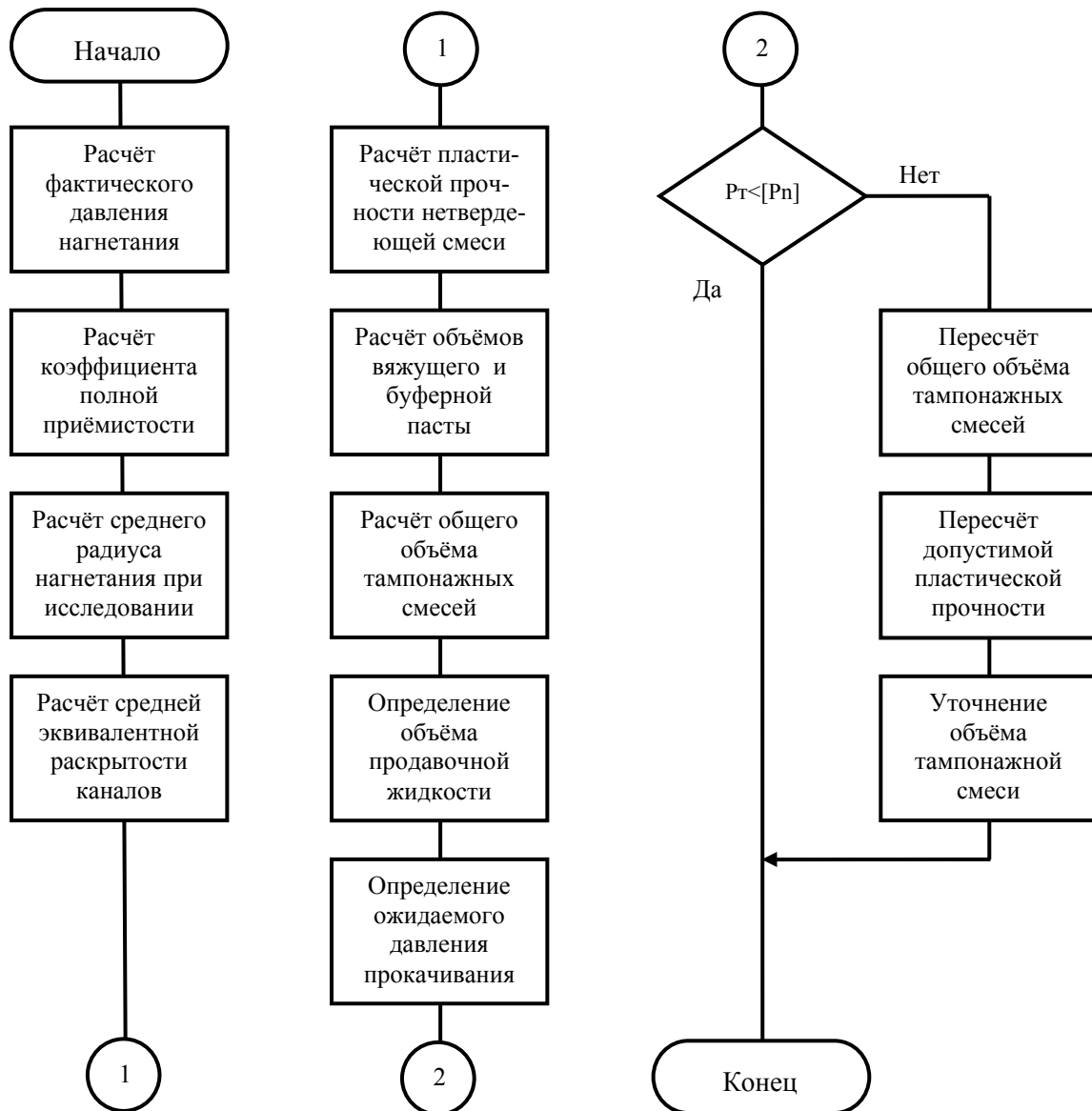


Рисунок 4 – Алгоритм расчёта технологических параметров поглощающих пород при реализации боковой схемы нагнетания (1 метод)

работе рассматривается влияние каждого из перечисленных параметров и на основе этого приводятся требования к устройству для гидромониторной кольматации с целью повышения эффективности проведения работ по гидромониторной обработке ствола скважины.

В четвёртом разделе приводится структура программного обеспечения, схема производства изоляционных работ и результаты апробации

разработанного методического комплекса.

В соответствии с рассмотренным ранее алгоритмом работы разработана структура программного комплекса, которая содержит модуль предупреждения и модуль ликвидации поглощений. Структура каждого из модулей одинакова и включает три основные группы интерфейсных окон, содержащие исходные данные, графику и выходные данные. Раздел программы с графикой позволяет производить графическое моделирование технологических процессов по предупреждению и ликвидации поглощений в реальном режиме времени для прогнозирования результатов и эффективности проводимых изоляционных работ.

Порядок проведения изоляционных работ по предупреждению и ликвидации поглощений был скорректирован с учётом рассмотренных ранее системных принципов и применения разработанного программного комплекса.

Комплекс работ по предупреждению поглощений включает этапы, представленные на рисунке 5, а. Проведение изоляционной операции при ликвидации поглощения (рисунок 5, б) включает в себя следующие основные этапы:

1. Предварительная обработка изолируемого интервала глинистым раствором с повышенными структурно-механическими свойствами для замещения в изолируемом интервале промывочной жидкости на раствор с повышенными закупоривающими свойствами, замещение пластовых флюидов на раствор с повышенными закупоривающими свойствами на радиусе нагнетания вяжущего и повышения гидравлических сопротивлений на радиусе тампонирувания поглощающих пород.

2. Закачивание вяжущего в режиме, параметры которого приводят к интенсивному обезвоживанию цементного раствора и эффективной реализации механизма снижения проницаемости пород-коллекторов с различными фильтрационными характеристиками за счёт интенсификации процесса кольтматации и закупорки проницаемых пород регулированием величин расхода

жидкости и давления нагнетания за счёт повышения вязкости, динамического напряжения сдвига, плотности и сокращения сроков схватывания и твердения вяжущего.

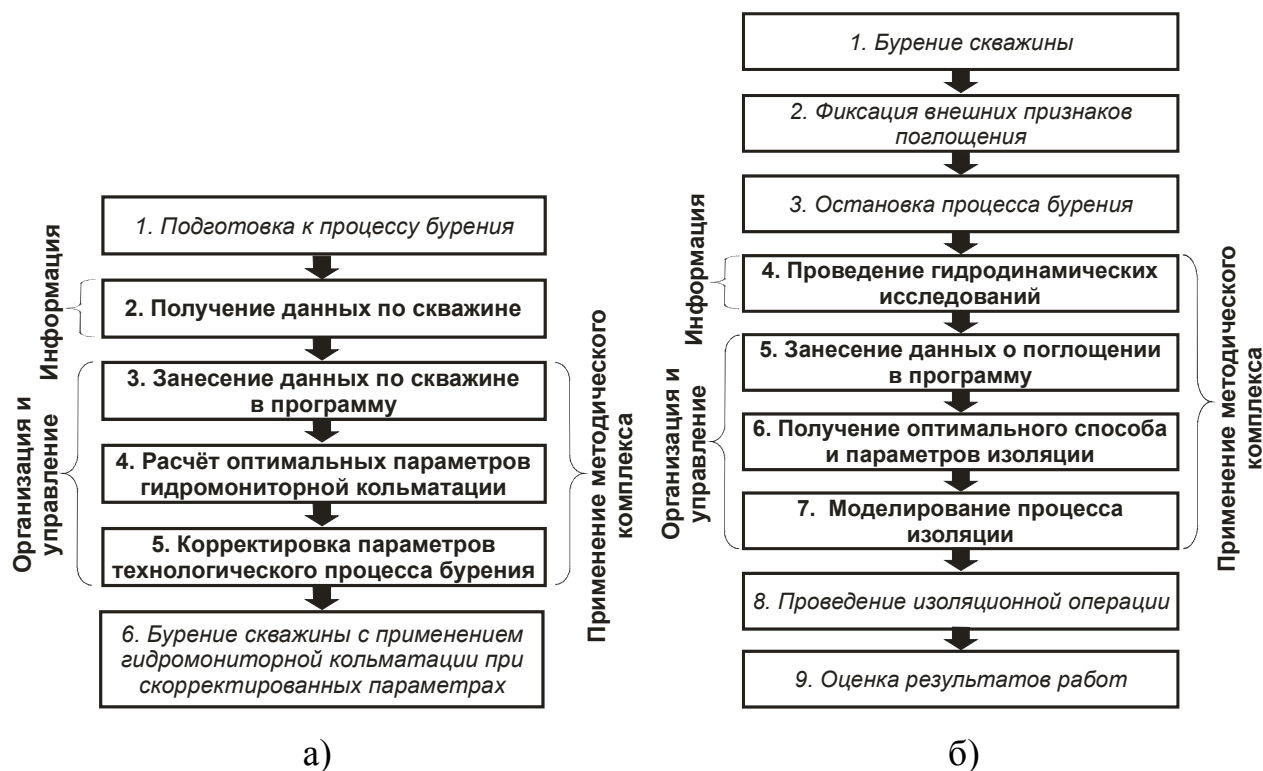


Рисунок 5 – Технологическая схема производства изоляционных работ:

а) при предупреждении поглощений; б) при ликвидации поглощений

3. Закачивание буферных высокоструктурированных объёмов продавочной жидкости с целью предупреждения смешивания цементного раствора с буровым, повышения эффективности использования вяжущего за счёт его полного продавливания в поглощающий пласт и уменьшения вероятности нарушения тампонирующего зацементированного участка в случае перепродавливания смеси.

При этом для исключения нарушения процесса тампонирующего и появления возможных осложнений (гидроразрыв горных пород, раскрытие каналов тампонирующего и т.д.) допустимые пределы изменения давления

нагнетания в начальной стадии процесса тампонирования должны составлять 3-5 МПа, а в конечной – не превышать 8-10 МПа.

Общий вид разработанного программного обеспечения «Борьба с осложнениями при строительстве нефтяных и газовых скважин» приведён на рисунке 9.

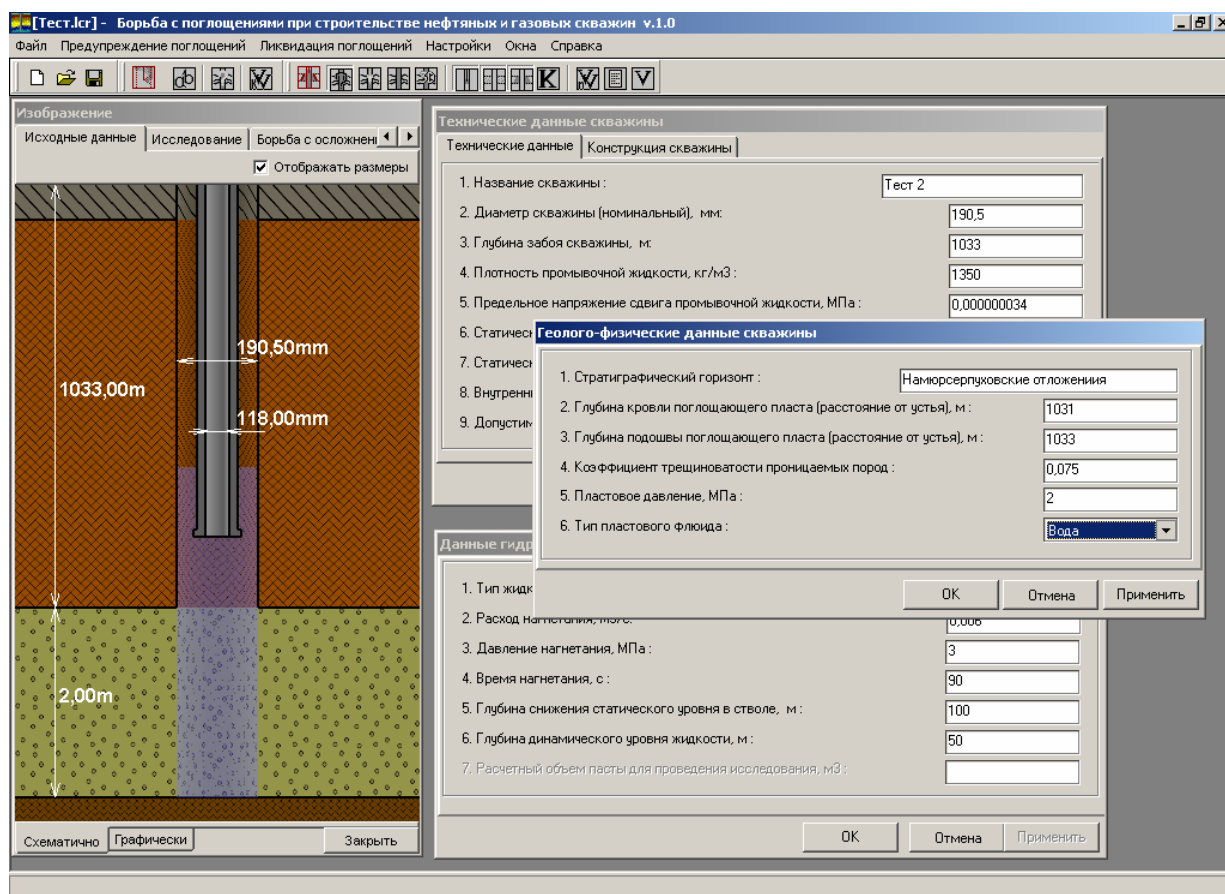


Рисунок 9 – Общий вид программного обеспечения «Борьба с осложнениями при строительстве нефтяных и газовых скважин»

В данном разделе также обозначена область эффективного применения разработанной технологии:

1. В случае, если предполагается применение методического комплекса на скважине, имеющей два и более проницаемых пласта, т.е. систему «скважина – n пластов», необходимо её приведение к системе «скважина – 1 пласт» применением разобщающих устройств.

2. Для ликвидации поглощения за одну изоляционную операцию интенсивность поглощения проницаемого пласта не должна превышать $90 \text{ м}^3 / \text{ч}$.

Промышленная апробация программного комплекса была проведена на поглощающих скважинах №№ 2318 и 2386 Зюзеевского нефтяного месторождения. В соответствии с принятой классификацией скважина № 2386 относится ко второй категории сложности (интенсивность поглощения $45 \text{ м}^3 / \text{ч}$), скважина № 2318 – к самой сложной, третьей категории (интенсивность поглощения $108 \text{ м}^3 / \text{ч}$). По результатам проведённых гидродинамических исследований фильтрационных характеристик поглощающих пластов применение программы «Борьба с осложнениями при строительстве нефтяных и газовых скважин» позволило обосновать механизм их изоляции и рассчитать его оптимальные параметры.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Аналитическая оценка современного состояния технологии работ по борьбе с осложнениями показала, что характеризуется он низким уровнем упорядоченности (информация, организация, управление). В теории и практике недостаточно развиты вопросы информационного обеспечения организации и управления механизмами изоляции проницаемых пород, оптимизации параметров тампонажных смесей, совершенствования методов расчёта параметров контроля и управления процессом изоляции. До настоящего времени в этой области отсутствуют разработки по созданию программного продукта по борьбе с поглощениями.

2. При ликвидации поглощений фильтрация глинистых и тампонажных растворов из скважины в проницаемый пласт может происходить при различных режимах нагнетания: боковом, донном или переходном. Реализация одного из режимов в конкретном случае определяется комплексом параметров, основными из которых являются геолого-физические характеристики поглощающих пород, реологические и структурно-механические свойства

жидкости и технологические параметры режима нагнетания. На основе анализа различных схем нагнетания подтверждено, что режим бокового нагнетания является наиболее эффективным применительно к борьбе с поглощениями интенсивностью до $90 \text{ м}^3/\text{ч}$. Он создаёт оптимальные гидродинамические условия для процессов закупорки проницаемых пород и формирования тампонажного камня, а также повышения эффективности и успешности проводимых изоляционных операций.

3. Сформулированы принципы геолого-технических обоснований выбора алгоритма расчёта технологических параметров проведения изоляционных работ на основе современных представлений о физической сущности гидромеханического процесса тампонирувания проницаемых пород при комплексном воздействии основных факторов – геолого-физических свойств поглощающего пласта, свойств тампонажных систем и параметров нагнетания тампонажного раствора. Геолого-техническая система «скважина – проницаемый пласт» при предупреждении поглощений включает объект воздействия (скважина и проницаемый пласт), внешнюю среду (затопленная струя) и параметры воздействия (технологические параметры управления гидромониторной кольматацией). В случае ликвидации поглощений система также включает объект воздействия (скважина и проницаемый пласт), внешнюю среду (тампонажные растворы и смеси) и параметры воздействия (технологические параметры управления изоляционной операцией).

4. На основе созданной методики разработан программный комплекс «Борьба с осложнениями при строительстве нефтяных и газовых скважин», который включает в себя современные технические решения по технологии обработки ствола в процессе бурения и заканчивания скважин гидромониторными струями промывочных жидкостей, а также методы изоляции поглощающих пластов тампонажными смесями при оптимизированных режимах нагнетания, методические подходы по выбору технологических схем производства изоляционных работ, эффективных

механизмов снижения проницаемости флюидонасыщенных пластов, расчёты технологических параметров контроля и управления процессом изоляции, а также свойств и параметров тампонажных смесей. Кроме того, программный комплекс позволяет производить графическое моделирование технологических процессов по предупреждению и ликвидации поглощений в реальном режиме времени для прогнозирования результатов и эффективности проводимых изоляционных работ.

5. Результаты промысловой апробации программного комплекса показали, что при соблюдении методических требований и реализации рассчитанных программой технологических параметров регулирования и процесса гидроизоляции проницаемых пород, а также рекомендаций по выбору, приготовлению и применению тампонажных смесей, эффективность операций при борьбе с поглощениями (в сравнении с достигнутыми производством) возрастают нелинейно. При этом в расчёте на одно поглощение интенсивностью 50-100 м³/ч коэффициент успешности работ в среднем возрос в 2,5 раза ($K_{yc} > 0,7$), расход тампонажных материалов (бентонит, глинопорошок, цемент) снижен в 3,6 раза (со 100 т до 27,5 т), затраты времени производства изоляционных работ сокращены в 4,3 раза (с 30 сут. до 7 сут.). Результатом проведённых работ является полное восстановление герметичности ствола скважины и повышение гидромеханической прочности до градиента горного давления (0,018-0,022 МПа/м).

Основные положения диссертации нашли отражение в следующих печатных работах:

1. Колосов Д.С. Программное обеспечение «Борьба с поглощениями при строительстве нефтяных и газовых скважин» // Новые технологии в газовой промышленности: Тез. докл. шестой всерос. конф. молодых учёных, специалистов и студентов по проблемам газовой промышленности России. – М., ОАО «Газпром», РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2005. – С. 76.

2. Колосов Д.С. Эффективное использование гидромониторной

обработки ствола скважины для предупреждения поглощений // Нефть и газ Западной Сибири: Материалы междунар. науч.-техн. конф. – г. Тюмень, ТюмГНГУ, 2005. – Т.1. – С. 118-119.

3. Свидетельство 2005613196 РФ об официальной регистрации программы для ЭВМ. Борьба с осложнениями при строительстве нефтяных и газовых скважин / Д.С. Колосов, В.Н. Поляков (Россия). – № 2005613212; Заявлено 06.12.2005; Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 16.12.2005. Оpubл. в бюл. «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем», 2006, № 1.

4. Колосов Д.С. Совершенствование методов борьбы с поглощениями при строительстве нефтяных и газовых скважин. – Тюмень: Изд-во "Вектор Бук", 2006. – 100 с.

Соискатель

Д.С. Колосов