

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА
имени И.М. ГУБКИНА

На правах рукописи

БАЛАБА Владимир Иванович

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ
БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН
НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА**

Специальность 25.00.15. – Технология бурения и освоения скважин

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Москва - 2010

Работа выполнена в Российском государственном университете нефти и газа имени И.М. Губкина.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор,
Гусман Александр Михайлович,
ОАО «Буровая техника» - ВНИИБТ;

доктор технических наук,
Повалихин Александр Степанович,
ООО «Интеллект Дриллинг Сервисиз»;

доктор технических наук, профессор
Степин Юрий Петрович,
РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина.

Ведущая организация: Общество с ограниченной ответственностью
«Газпром бурение».

Защита состоится 12 октября 2010 г. в 15.00 часов в ауд. 731 на заседании диссертационного совета Д.212.200.08 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук при РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина по адресу: Ленинский пр-т, 65, Москва, В-296, ГСП-1, 119991.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина.

Автореферат разослан «____» _____ 2010 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
д.т.н., профессор

Б.Е. Сомов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В структуре ежегодных капиталовложений в нефтегазодобычу затраты на строительство и реконструкцию скважин по разным оценкам составляют от 30 до 50 %. При этом доля дефектных законченных строительством скважин достигает десятков процентов. Поэтому в большинстве случаев потребность в их ремонте возникает уже после нескольких лет эксплуатации и расходы на поддержание технического состояния скважин достигают 20 % ежегодных суммарных издержек добывающих предприятий. Отсюда следует, что улучшение качества скважин и, как следствие, сокращение издержек на поддержание их технического состояния - это важный резерв повышения прибыльности нефтегазовых компаний.

Переход на рыночные отношения в России привел к реорганизации производственной деятельности в бурении путем выделения из нефтегазовых компаний буровых предприятий и образования рынка буровых подрядчиков. Приобретая статус самостоятельных хозяйствующих субъектов, они стали перед выбором - обанкротиться или повысить уровень конкурентоспособности: улучшать качество работ, совершенствовать технологии, снижать издержки и т.д. Кроме того, значительно расширился круг субъектов, с которыми буровое предприятие связано договорными и иными обязательственными отношениями (субподрядчики, поставщики, инвесторы, страховщики, акционеры и т.д.). Каждый из них, стремясь снизить свой риск, выбирает делового партнера, ориентируясь на его конкурентоспособность, которая определяется, главным образом, результативностью и эффективностью его деятельности.

Теория и практика бурения оказались не достаточно подготовленными к таким изменениям. Особое отставание при этом проявляется в области методологии (терминология, структура, логическая организация, методы и средства) обеспечения результативности (степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов) и эффективности (связь между достигнутым результатом и использованными ресурсами) бурения скважин. Таким образом, существует практическая потребность в решении крупной научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение, - совершенствовании методологических основ повышения результативности и эффективности бурения скважин в соответствии с изменившимися условиями производственной деятельности в бурении.

Актуальность исследований подтверждается также тем, что они осуществлялись в соответствии с государственными планами научно-исследовательских работ (1987-1999 г.г.), решением секции «Бурение и строительство скважин» Научно-технического совета ОАО «Газпром» (ноябрь,

2006), инновационной образовательной программой «Развитие инновационных профессиональных компетенций в новой среде обучения – виртуальной среде профессиональной деятельности» приоритетного национального проекта «Образование» (2005-2008 г.г.).

Степень разработанности проблемы. Для структурирования исследуемой проблемы и выявления задач, подлежащих решению в приоритетном порядке, в диссертации проанализированы работы, авторами которых являются: Аветисов А.Г., Аветов Р.В., Агзамов Ф.А., Ангелопуло О.К., Ашрафьян М.О., Байдюк Б.В., Басарыгин Ю.М., Бастриков С.Н., Белорусов В.О., Близнюков В.Ю., Буглов Н.А., Будников В.Ф., Будько А.В., Булатов А.И., Вартумян Г.Т., Василенко И.Р., Гасумов Р.А., Гноевых А.Н., Горонович С.Н., Григулецкий В.Г., Гусман А.М., Евсеев В.Д., Живаева В.В., Зозуля В.П., Зозуля Г.П., Ипполитов В.В., Исмаков Р.А., Кашкаров Н.Г., Коновалов Е.А., Кочетков Л.М., Кошелев В.Н., Крылов В.И., Крысин Н.И., Куксов А.К., Кулиев К.Н., Куликов В.В., Кульчицкий В.В., Курбанов Я.М., Курумов Л.С., Леонов Е.Г., Лихушин А.М., Лушпеева О.А., Мавлютов М.Р., Мирзаджанзаде А.Х., Мнацаканов В.А., Никитин Б.А., Нифантов В.И., Новиков В.С., Овчинников В.П., Овчинников П.В., Оганов А.С., Оганов Г.С., Пеньков А.И., Повалихин А.С., Подгорнов В.М., Поляков В.Н., Потапов А.Г., Пуля Ю.А., Рябоконь С.А., Рябченко В.И., Сеид-Рза М.К., Сердюк Н.И., Симонянц С.Л., Спивак А.И., Третьяк А.Я., Уляшева Н.М., Урманчеев В.И., Усынин А.Ф., Федоров В.Н., Хузина Л.Б., Чубик П.С., Шарипов А.У., Ширин-Заде С.А., Штоль В.Ф. и др. Зарубежными авторами, труды которых составили теоретическую базу исследования, являются: Алдрид У., Алимжанов М.Т., Борк Ж., Войтенко В.С., Гаджиев М.А., Зарубин Ю.О., Егер Д.О., Карабалин У.С., Коцкулич Я.С., Мыслюк М.А., Тернер Л., Тюдор Ф., Ханмамедов М.А., Яремийчук Р.С., Ясов В.Г. и др.

В результате анализа научных публикаций и опыта бурения скважин выявлены два аспекта состояния проблемы. Во-первых, установлено, что теория не полностью соответствует потребностям практики бурения скважин, так как технологические процессы и операции рассматриваются автономно, а не в виде целостной системы, результатом функционирования которой является законченная строительством скважина. Во-вторых, в результате анализа и обобщения теоретической базы исследования выявлены новые и нерешенные, методологически мало изученные аспекты проблемы, относящиеся, прежде всего, к системному обеспечению качества скважин и эффективности бурения, промывке скважин, техническому регулированию строительства скважин. Противоречия между практикой бурения и ее теоретическим осмыслением, между разными объяснениями, интерпретациями практики бурения составля-

ют сущность сформулированной нами проблемы, заключающейся в несовершенстве методологических основ повышения результативности и эффективности бурения скважин.

Цель исследования. Повышение результативности и эффективности бурения скважин путем системного совершенствования его методологических основ.

Основные задачи исследования. Для достижения поставленной цели в диссертационной работе были поставлены следующие основные задачи.

1. Выполнить анализ и обобщение состояния проблемы обеспечения результативности и эффективности бурения скважин.
2. Разработать методологические основы управления качеством в бурении.
3. Теоретически и экспериментально обосновать пути повышения результативности и эффективности бурения скважин путем совершенствования процесса промывки скважин.
4. Развить научные и методологические основы технического регулирования экологических аспектов обеспечения результативности и эффективности бурения скважин.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является бурение скважин, предметом – методологические и технологические основы повышения результативности и эффективности бурения скважин.

Методологическая, теоретическая и эмпирическая база исследования. Методологической базой исследования являются подходы, методы, использованные в диссертационном исследовании. Для решения поставленных задач применялись: методы системного анализа, методы аналитических исследований и научных обобщений, статистическая обработка и анализ фактических промысловых данных; специально разработанные методики исследований и экспериментальные установки; стендовые и промысловые исследования. Кроме того, использовались методы микроскопического, химического, рентгеноструктурного и термографического анализов. Изучение свойств буровых технологических жидкостей и технологических отходов бурения осуществлялось стандартизованными и апробированными в исследовательской практике методами. Достоверность экспериментальных исследований обеспечена как путем использования принятых в исследовательской практике методик планирования экспериментов и математической обработки их результатов, так и как путем сопоставления промысловых и экспериментальных данных.

Теоретической базой исследования являются теоретические работы отечественных и зарубежных ученых и специалистов в изучаемой области.

Эмпирическая база исследования — изученная выборочная совокупность свойств объекта исследования: результативность и эффективность бурения скважин.

Научные результаты, выносимые на защиту. 1. Структурно-функциональная модель буровой технологической системы (БТС), которую предложено использовать в качестве объекта управления результативностью и эффективностью бурения скважин.

2. Методологические основы оценки соответствия в бурении, базирующиеся на выделении двух основных объектов (технологических процессов бурения и законченной строительством скважины), что позволяет авторизовать ответственность за результаты деятельности и обеспечить последовательное устранение несоответствий.

3. Обоснование жизненного цикла скважины на основе представлений о скважине как горнотехническом сооружении и горнотехнической системе.

4. Использование в качестве описательной модели БТС рабочего проекта на строительство скважины, дополненного разделами «Заканчивание скважины», «Анализ и оценка технологического риска» и «Оценка соответствия».

5. Методика оценки физико-химического разупрочнения глинистых пород дисперсионной средой промывочной жидкости, основанная на определении скорости пропитки и скорости набухания образцов пород в фильтрате промывочной жидкости, позволяющая повысить результативность и эффективность бурения скважин.

6. Принципы оценки экологической безопасности БТС, учитывающие изменение состава и свойств веществ, обращающихся в технологических процессах бурения скважин.

7. Научное обоснование и методическое обеспечение профессиональной подготовки буровых супервайзеров, направленное на повышение результативности и эффективности бурения скважин.

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические, экономические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны. В диссертации систематизированы, обобщены и развиты научные исследования, выполненные автором в течение 1978-2009 годов.

Научная новизна результатов исследования заключается в разработке и развитии методологических основ повышения результативности и эффективности бурения скважин, что представлено совокупностью следующих положений:

1. Разработана методология повышения результативности и эффективности бурения скважин, основанная на использовании в качестве объекта управления буровой технологической системы (БТС), представляющей собой совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства технологических процессов и операций по бурению скважины. Разработана структурно-функциональная модель БТС.

2. Разработаны методологические основы оценки результативности и эффективности бурения скважин, особенностью которых является выделение в качестве объектов оценки технологических процессов бурения и законченной строительством скважины. Это позволяет авторизовать ответственность участников бурения скважины за результаты деятельности и обеспечить последовательное устранение несоответствий.

3. Разработана методика оценки разупрочняющей способности буровых технологических жидкостей (БТЖ), которая, в отличие от известных, позволяет учесть отдельно влияние скорости пропитки и набухания дисперсионной среды БТЖ на процесс разупрочнения глинистых пород в стенке скважины. Использование этих показателей позволяет повысить результативность и эффективность технологических решений по сохранению деформационной устойчивости ствола скважины.

4. Экспериментально установлено и теоретически обосновано, что в условиях отсутствия достоверной информации о свойствах глинистых пород в стенке скважины существенно повысить результативность ингибирования их разупрочнения можно путем введения в промывочную жидкость микрополидобавок, представляющих собой смесь ингибиторов разупрочнения различной природы. Новизна созданных рецептур реагентов и БТЖ подтверждена авторскими свидетельствами и патентами на изобретения.

5. Установлено и теоретически обосновано, что при оценке экологической безопасности БТС необходимо учитывать отходы не только промывочной, но и других технологических жидкостей, а оценка экологичности веществ, обращающихся в технологических процессах должна осуществляться с учетом изменения состава и свойств БТЖ в процессе циркуляции через скважину.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в том, что методологическое обеспечение повышения результативности и эффективности бурения скважин в науке слабо разработано, имеются противоречивые подходы. Разработка этой темы дополняет представления по ряду теоретических вопросов, открываются новые перспективы для прикладных исследований.

Практическая потребность в методологическом обеспечении повышения результативности и эффективности бурения скважин достаточно выражена. Решение этой проблемы положительно скажется на различных сторонах практики. Практическая значимость работы определяется следующими положениями:

- разработаны научное и методологическое обеспечение и модель системы управления качеством строительства скважин, удовлетворяющие требованиям международных стандартов серии ИСО 9000;

- предложена методика оценки ингибирующей способности БТЖ, позволяющая упростить процедуру выбора их состава и свойств за счет использования менее трудоемких для определения показателей - скоростей пропитки и набухания.

- разработаны в соавторстве на уровне изобретений: составы и способы приготовления буровых промывочных жидкостей, реагентов и материалов для их приготовления и кондиционирования, микрополидобавок (авторские свидетельства №: 1114691, 1266851, 1454822, 1536806, 1623180, 1781281; патенты №: 1745750, 1752752, 1776270, 1788962, 1814652, 1838363, 1838365, 2003658, 2026876, 2051944, 2055089, 2055855, 2064570, 2087513, 2088627, 2177492, 2234598, 2234598), способ очистки горизонтального участка ствола скважины от шлама путем обратной промывки (патент № 2166061), способ ликвидации подземной соляной камеры, содержащей опасные жидкие отходы, с использованием гидроизолирующего состава на основе нефелинсодержащего сырья (патент № 2221148);

- научное и методическое обеспечение технологического надзора (супервайзинга) в бурении реализовано в виде Государственных требований к минимуму содержания и уровню требований к специалистам по дополнительной профессиональной образовательной программе для получения дополнительной квалификации «Специалист технологического надзора при строительстве скважин (супервайзер)», утвержденных Минобрнауки России (регистрационный номер ГТПАК 40/03 от 10.05.2006) и учебных пособий «Безопасность технологических процессов бурения скважин» (РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2007), «Безопасность технологических процессов добычи нефти и газа» (ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008, соавторы Дунюшкин И.И. и Павленко В.П.) и «Управление качеством в бурении» (ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008), получивших гриф Учебно-методического объединения вузов РФ по нефтегазовому образованию.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Решение научных и технических проблем специальности 25.00.15 «Технология бурения и освоения скважин» направлено на разработку технологий и технических

средств для повышения качества и снижения стоимости строительства скважин. Поэтому цель диссертации, заключающаяся в повышении результативности и эффективности бурения скважин путем системного совершенствования его методологических основ, полностью соответствует формуле специальности.

Область диссертационного исследования включает разработку методологических основ повышения результативности и эффективности бурения скважин, моделирование процессов бурения, предупреждение осложнений, предупреждение загрязнения недр, обеспечение охраны окружающей среды, разработку научных основ обоснования и оптимизации рецептур технологических жидкостей, химических реагентов и материалов для строительства скважин. Поэтому область диссертационного исследования соответствует формуле специальности, а именно: пункту 3 «Физико-химические процессы в горных породах, буровых и цементных растворах с целью разработки научных основ обоснования и оптимизации рецептур технологических жидкостей, химических реагентов и материалов для строительства скважин», пункту 4 «Тепломассообменные процессы при бурении скважин с целью разработки технологии и технических средств по улучшению коллекторских свойств призабойной зоны пласта, интенсификации притока пластового флюида, предупреждения загрязнения недр, обеспечения охраны окружающей среды» и пункту 5 «Моделирование и автоматизация процессов бурения и освоения скважин при углублении ствола, вскрытии и разобщении пластов, освоении продуктивных горизонтов, ремонтно-восстановительных работах, предупреждении и ликвидации осложнений».

Апробация результатов исследования. Основные научные, методические и прикладные результаты, полученные в работе, обсуждались на международных и отечественных конференциях, семинарах и совещаниях:

техническом совещании в ПГО «Енисейнефтегазгеология» (Красноярск, 1982); Московской городской научно-практической конференции МУИС по проблемам освоения нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири (1983), где работа была удостоена Почетной грамоты Московского правления НТО им. И.М. Губкина; Всесоюзной конференции МУИС «Проблемы комплексного освоения нефтяных и газовых месторождений» (Учкеек, 1984); научно-технической конференции «Ускорение научно-технического прогресса при поисках и разработке нефтяных и газовых месторождений» (Пермь, 1987); I (1987) и II (1988) Московских конференциях «Молодежь - научно-техническому прогрессу в нефтяной и газовой промышленности»; техническом совещании в НПО «Недра»

(Ярославль, 1991); 2-м, 3-м и 5-м Международных семинарах «Горизонтальные скважины» (Москва, 1997, 2000, 2008); 3-й научно-технической конференции «Актуальные проблемы состояния и развития нефтегазового комплекса России» (Москва, 1999); секции «Техника и технология бурения скважин» НТС ОАО «Газпром» (Тюмень, 1999); Международной конференции стран СНГ «Молодые ученые - науке, технологиям и профессиональному образованию для устойчивого развития: проблемы и новые решения» (Москва, 1999); Международном семинаре «Охрана водных биоресурсов в условиях интенсивного освоения нефтегазовых месторождений на шельфе и внутренних водных объектах Российской Федерации» (Москва, 2000), Научно-техническом семинаре «Декларирование и экспертиза промышленной безопасности» (Оренбург, 2000), Научно-техническом семинаре ООО «Подземгазпром» (Москва, 2000), 1-й Международной конференции «Нефтеотдача-2003» (Москва, 2003), секции «Бурение и строительство скважин» Научно-технического совета ОАО «Газпром» (Тюмень, 2005); Международной научно-технической конференции «Повышение качества строительства скважин» (Уфа, 2005); Научно-практическом семинаре «Техническое регулирование, промышленная безопасность, стандартизация, менеджмент и конкурентоспособность в нефтегазовом комплексе и смежных сферах экономики России» (Москва, 2007); 7-й Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы состояния и развития нефтегазового комплекса России» (Москва, 2007); Всероссийской научно-методической конференции «Управление качеством образовательного процесса в условиях модернизации российского образования» (Ухта, 2008), секции «Строительство скважин» НТС ОАО «Газпром» (Москва, 2009), XVIII Губкинских чтениях «Инновационное развитие нефтяной и газовой промышленности России: наука и образование» (Москва, 2009).

Реализация результатов исследования. Основные положения диссертации использованы в рабочих проектах, технологической документации и реализованы при бурении скважин в Восточной Сибири (скважины № 5 Ванаварская и № 6 Нижне-Тунгусская), сверхглубоких скважин в Прикаспийском регионе (Кузнецовская СГ, Карачаганакская СГ, Коскульская СГ, Деркульская СГ и Утвинская СГ).

Технология очистки горизонтального участка ствола скважины (Патент № 2166061 на изобретение «Способ очистки ствола скважины») внедрена в Степновском УБР. Интерактивная база данных «Промывка скважин» применена в АО «Сибирская технологическая компания» (г. Нижневартовск).

Результаты исследований использованы, в частности, при выполнении автором работ по аудиту промышленной и экологической безопасности (Рос-

сийско-американская компания «BaiTex», Бугуруслан, 1998), консультированию по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) строительства поисково-разведочной скважины Южно-Долгинская в Печорском море (компания «Газфлот» ОАО «Газпром», Москва, 1999), разработке технологической части ОВОС строительства группы скважин на Ванкорском месторождении (компания «Енисейнефть», Красноярск, 1999), экспертизе промышленной безопасности веществ и материалов для бурения и эксплуатации скважин (компания «Халлибуртон интернэшнл инк», Москва, 2000), консультировании создания рекомендаций ОАО «Газпром» «Качество скважины. Оценка соответствия при строительстве скважин» (ОАО «СевКавНИПИгаз», 2009-2010).

Для учебно-методического обеспечения подготовки и повышения квалификации кадров нефтегазовой отрасли разработаны 28 учебно-методических документов. В необходимых случаях эти документы согласованы с Госгортехнадзором России (в н.в. Ростехнадзор). Учебно-методические документы используются:

- в учебном процессе РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина (кафедра бурения нефтяных и газовых скважин, Учебно-исследовательский центр по проблемам повышения квалификации, Тренажерный центр по управлению скважиной);
- при обучении и повышении квалификации персонала (руководителей, специалистов и рабочих) в ОАО «Газпром»;
- для подготовки экспертов по промышленной безопасности в области строительства скважин в Национальном институте нефти и газа.

Публикации. Результаты научных исследований автора опубликованы в 144 работах. По теме диссертации опубликована 131 работа, в том числе: 3 монографии, 9 учебных пособий, 74 статьи (37 из них в изданиях, входящих в перечень ВАК), 19 тезисов докладов, 26 описаний изобретений.

Структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 разделов (1. Состояние проблемы, цель и задачи исследования; 2. Системный анализ процесса бурения скважин; 3. Научные и методологические основы управления качеством в бурении; 4. Совершенствование процесса промывки как средство повышения результативности и эффективности бурения скважин; 5. Научные и методологические основы технического регулирования экологических аспектов обеспечения результативности и эффективности бурения скважин), основных выводов и рекомендаций. Она изложена на 308 страницах машинописного текста, включает 65 рисунков, 66 таблиц, список использованной литературы - 581 наименование.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлена краткая характеристика диссертации, обоснована актуальность темы, сформулирована цель, определены основные задачи исследований, показана научная и практическая значимость полученных результатов.

Первый раздел посвящен анализу состояния проблемы и обоснованию целей и задач исследования.

Резко возросшие требования к качеству скважин, увеличение глубины и нарастание масштабности проблем в процессе бурения скважин при ограничении сроков и ресурсов, отводимых на их решение, — все это значимые факторы, которые предопределяют необходимость системного подхода к решению технологических проблем бурения скважин. Несмотря на это системные исследования в области строительства скважин носят фрагментарный характер. Зачастую системный подход отождествляется с комплексным. Между тем, актуальным является решение не только частных технологических проблем бурения, в том числе комплексное и системное, но, прежде всего, системное обеспечение качества скважин, сроков выполнения работ и их стоимости. Для структурирования этой проблемы и выявления задач, подлежащих решению в приоритетном порядке, в диссертации в хронологическом порядке проанализированы работы в области методологии обеспечения результативности и эффективности бурения скважин, оценки и управления качеством в бурении, авторами которых, в частности, являются: Ахмедов К.С, Бадовский Н.А., Бронзов А.С., Комм Э.Л., Королько Е.И., Морозов С.Г., Пейсиков Ю.В., Сеницын В.А., Федорова Н.Г., Фрумберг В.А., Щепило Ю.Н., Юсупов И.Г.

На основе системного подхода и анализа работ предшественников была идентифицирована проблема, сформулированы изложенные выше цель и задачи исследования, обоснован и разработан алгоритм решения проблемы.

Во втором разделе диссертации приводятся результаты системного анализа процесса бурения скважин.

Системный анализ основывается на множестве принципов, главенствующим из которых является принцип конечной цели, заключающийся в абсолютном приоритете глобальной, системообразующей цели системы над частными целями ее подсистем. Производственный процесс бурения осуществляется с целью получения законченной строительством скважины, качество которой соответствует установленным требованиям. Эффективность процесса определяется затратами ресурсов для достижения этого результата. Исходя из

этого, автором предложено рассматривать в качестве объекта управления буровую технологическую систему (БТС), представляющую собой совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства технологических процессов бурения скважины. Разработана структурно-функциональная модель БТС в виде взаимосвязанных и взаимодействующих процессов – объектов управления, каждый из которых выполняет функцию, так или иначе связанную с ее целевой функцией (рис. 1).

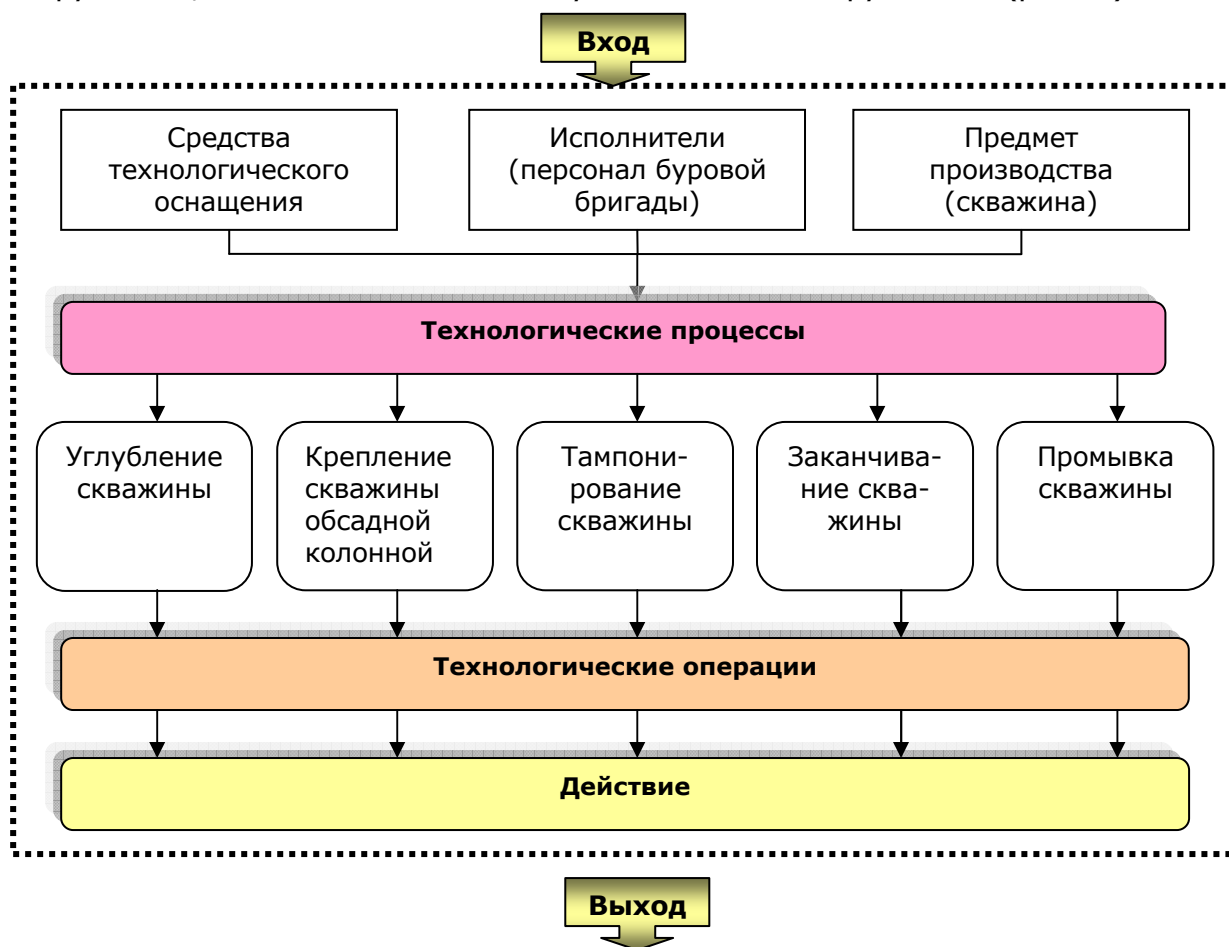


Рис. 1. Структурно-функциональная модель БТС

Функциональный анализ БТС позволил определить ее основные свойства и критерии оценки, а структурный – соответствие элементов системы достижению конечной цели. Для управления подсистемами БТС сформулированы цели их функционирования, обоснованы показатели достижения целей и разработаны средства для определения этих показателей. В связи с этим подчеркнем, что принципиальным является выделение процесса, как совокупности последовательных действий для достижения какого-либо результата и собственно результата процесса – продукции. Это необходимо, прежде всего, потому, что для оценки процесса и

продукции используются разные показатели. Продукция характеризуется показателями качества, а процесс – результативностью и эффективностью.

Автором обосновано выделение 5 технологических процессов бурения, каждый из которых предложено описывать специфической совокупностью показателей режима осуществления процесса и свойств его результата (выхода) при бурении под каждую из обсадных колонн скважины (табл. 1).

Таблица 1

Структура технологических процессов бурения скважины

Технологический процесс	Функциональное назначение процесса	Результат процесса	Примеры характеристик процесса и его результата
Основные процессы			
Углубление ствола скважины	Формирование ствола скважины	Ствол скважины	Нагрузка на долото, длина и диаметр ствола скважины
Крепление ствола скважины обсадной колонной	Размещение в стволе скважины обсадной колонны	Обсадная колонна (ОК)	Скорость спуска ОК, длина и диаметр ОК
Тампонирующее за колонного пространства скважины	Создание герметичной оболочки из тампонажного камня между стенкой скважины и ОК	Оболочка из тампонажного камня между стенкой скважины и ОК	Скорость потока тампонажной жидкости в за колонном пространстве, давление опрессовки оболочки из тампонажного камня между стенкой скважины и ОК
Заканчивание скважины	Формирование системы «скважина - продуктивный пласт»	Система «скважина - продуктивный пласт»	Скорость механического бурения при первичном вскрытии пласта, коэффициент гидродинамического совершенства, отношение реальной продуктивности к потенциальной
Вспомогательный процесс			
Промывка скважины	Создание условий для бурения скважины (углубление, крепление, тампонирующее и заканчивание)	Условия бурения скважины (углубление, крепление, тампонирующее и заканчивание)	Плотность промывочной жидкости, концентрация коллоидной фазы, производительность буровых насосов

Отметим, что конечный продукт может иметь различную природу (материальный объект или некоторые функции преобразования). Например, процесс циркуляции промывочной жидкости, являясь вспомогательным, не создает новый материальный объект, его результатом являются функции преобразования: гидротранспорт бурового шлама, создание давления на стенку скважины и т.д.

В первом, грубом приближении в качестве описательной модели БТС можно рассматривать рабочий проект на строительство скважины. Однако действующий макет рабочего проекта (РД 39-0148052-537-87) уже давно не соответствуют современным требованиям, и не может использоваться с указанной целью. Поэтому его предложено дополнить разделами «Заканчивание скважины», «Анализ и оценка технологического риска» и «Оценка соответствия». В частности, необходимость сосредоточения проектных решений по всему комплексу работ, выполняемых в продуктивном пласте, в разделе «Заканчивание скважины» обусловлена потребностями использования системного подхода к заключительному и наиболее ответственному этапу создания скважины. Подраздел 10 «Испытание скважины» действующего макета рабочего проекта в совокупности с проектными решениями по заканчиванию скважины, излагаемыми в других его подразделах, не дают целостного представления о формировании системы «скважина - продуктивный пласт». Между тем, бурение горизонтальных и многоствольных скважин, количество которых постоянно возрастает, сопровождается, в частности, увеличением продолжительности техногенного воздействия на продуктивный пласт. Это обуславливает потребность в системном решении задач заключительной стадии создания скважины.

В бурении, в отличие от других видов деятельности, строгое следование проектной документации практически невозможно - управление процессом бурения осуществляется, главным образом, на основе оперативной информации. Поэтому в диссертации обоснован тезис, что в современных условиях наряду с рабочим проектом на строительство скважины, который необходим как юридический документ, должен разрабатываться виртуальный аналог БТС, позволяющий визуализировать ее состояние в динамике, осуществлять имитационное моделирование различных ситуаций. Это существенно облегчит взаимодействие и взаимопонимание между всеми заинтересованными сторонами, участвующими в строительстве скважины. Подчеркнем, что речь идет о виртуальном аналоге конкретной БТС, а не об автоматизированном рабочем месте специалиста, оснащенном типовыми программными продуктами.

Классические подходы к управлению процессами основаны на предположении об их детерминированности (обусловленности, предопределенности). Специфика бурения заключается в том, что вместо точного вида математиче-

ской модели объекта лицу, принимающему решение, как правило, доступна только априорная информация о состояниях объекта управления, управляющих воздействиях на него и результатах воздействий. Поэтому автором управление БТС идентифицировано как адаптивное, основанное на принятии управленческих решений на основе корпоративных знаний, в том числе, собственного профессионального опыта, по аналогии, когда для решения текущей проблемы используется ее решение в схожей ситуации - прецедент. Для того, чтобы оно было результативным, лица, принимающие решения, должны делать это не интуитивно, а научно обоснованно. Поэтому обоснована необходимость сопряжения виртуального аналога БТС с мультидисциплинарной системой компьютерной поддержки принятия управленческих решений, включающей помимо традиционных элементов, в том числе, базу данных прецедентов.

В качестве первого шага по созданию виртуального аналога БТС предложено использовать ее структурно-функциональную модель (см. рис. 1). Следующий шаг – анализ этой модели с целью выделения для каждого иерархического уровня БТС: объекта управления, объектов и средств воздействия, параметров управления и контроля (обратной связи), характеристик объектов и средств воздействия, передаточных функций, отражающих взаимодействие структурных единиц анализируемой подсистемы или ее функциональные связи с другими подсистемами. Методологически выверено такой анализ выполнен А.З. Левицким (1992). Возможно также использование современных программных средств, декомпозиции и графического представления процессов, например, на основе известной методологии IDEF, в которой производственный процесс в целях анализа представляют состоящим из совокупности функциональных блоков более низкого уровня иерархии с соответствующими связями, входами и выходами.

Производственный процесс строительства скважины в целях его моделирования автором предложено структурировать следующим образом:

1. Строительно-монтажные и подготовительные работы к бурению скважины (землеустроительные работы, сооружение оснований и фундаментов, монтаж буровой установки, строительство вспомогательных сооружений и монтаж инженерных коммуникаций, подготовительные работы к бурению скважины).

2. Бурение скважины (углубление, промывка и крепление скважины обсадной колонной, тампонирующее за колонного пространства).

3. Заканчивание скважины (первичное вскрытие продуктивного пласта, оборудование призабойной зоны скважины, вторичное вскрытие продуктивного пласта, испытание и освоение скважины, специальные работы в скважине).

4. Заключительные работы по окончании бурения и заканчивания скважины (демонтаж буровой установки, вспомогательных сооружений и инженерных коммуникаций, утилизация и захоронение производственных отходов, рекультивация земельного участка).

На стадии строительно-монтажных и подготовительных работ к бурению скважины идет создание БТС, на стадии бурения и заканчивания скважины – ее эксплуатация, а на стадии выполнения заключительных работ - расформирование БТС.

С использованием методологии системного анализа и процессного подхода научно обосновано, что система процессов БТС не может быть построена произвольным образом, а должна осуществляться с учетом следующих правил:

1. Система процессов должна включать в себя всю деятельность по формированию выходов БТС. Каждый процесс должен добавлять ценность выходу по отношению к входу, то есть не должен совпадать с входом. Количество процессов должно быть необходимым и достаточным для формирования выходов системы. Выделение избыточного количества процессов затрудняет управление системой.

2. Процесс должен иметь как минимум по одному входу и выходу. Вход процесса должен быть выходом другого процесса. Нарушение этого правила приводит к выделению процесса, который либо формирует выход «из ничего», либо не имеет потребителя (является безрезультатным).

3. Для каждого выхода должна существовать последовательность действий внутри процесса, формирующая этот выход из одного или нескольких входов.

4. Процесс не может иметь выхода, совпадающего с выходом другого процесса, и не может содержать виды деятельности, включенные в другой процесс, принадлежащий данной системе процессов.

5. Не менее одной пары входа и выхода должны иметь одинаковую природу, так как нематериальный вход невозможно преобразовать в материальный выход и наоборот - материальный вход в нематериальный выход.

Поскольку результаты реализации отдельных процессов должны быть направлены на достижение цели функционирования БТС, то возникает необходимость в конкретизации понятий скважины и производственного процесса ее строительства. Автором обоснована целесообразность рассмотрения скважины в двух аспектах: как горнотехнического сооружения и горнотехнической системы. В производственной системе недропользователя скважина является сооружением и выполняет функции основного средства производства. Бурение относится к горным работам, поэтому скважину предложено рассматривать как горнотехническое сооружение (сооружение в недрах), жизненный цикл которого включает этапы проектирования, строительства, эксплуатации

и ликвидации. При этом обоснован тезис, что технологические решения в рабочем проекте на строительство скважины должны оцениваться с точки зрения их последствий на протяжении всего ее жизненного цикла (рис. 2).

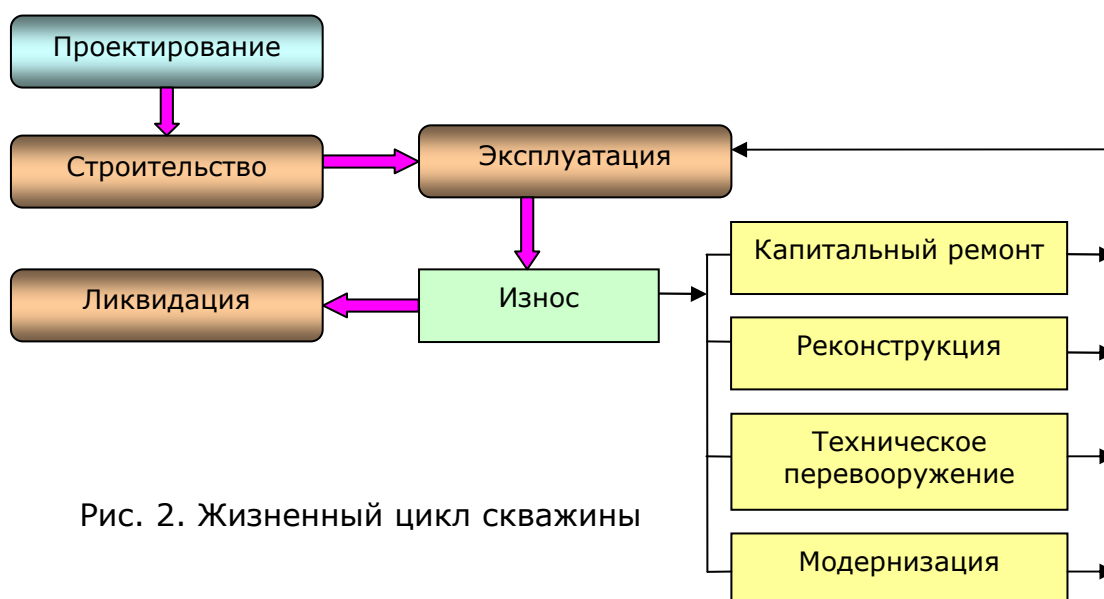


Рис. 2. Жизненный цикл скважины

В геолого-технической системе добычи природных углеводородов скважина рассматривается в совокупности с окружающим ее горным массивом (в частном случае с продуктивным пластом), то есть представляет собой горно-техническую систему. По характеру строения эта система относится к сложным, поскольку характеризуется разветвленной структурой и значительным числом взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих сложные функции, стохастичностью поведения, изменчивостью во времени. Следует подчеркнуть, что скважина рассматривается нами как горнотехническая система в целом, а не только в пределах продуктивного пласта, как в известной системе «пласт-скважина».

К технической подсистеме горнотехнической системы относится подземное и наземное оснащение, являющееся собственностью недропользователя. Основным ее элементом является крепь скважины, последовательно формируемая в процессе бурения.

К горной подсистеме горнотехнической системы относится массив пород вокруг ствола скважины, свойства которого в результате бурения изменились по сравнению с исходными (техногенный массив). Подход к определению границы этой части горного массива зависит от конкретной ситуации на заданном участке недр. В соответствии с методологией системного анализа горная подсистема скважины последовательно декомпозируется на структурные элементы более низкого иерархического уровня, каждый из которых в целях детального изучения также рассматривается как отдельная система.

В третьем разделе диссертации изложены научные и методологические основы управления качеством в бурении.

В теории и практике управления качеством выделяют два основных направления: квалитрию продукции и собственно управление качеством (менеджмент качества). При этом управлять качеством можно только зная квалитрические показатели продукции, так как они являются параметрами объекта управления. Поэтому в третьем разделе диссертации рассмотрены две проблемы: квалитрия скважин и управление качеством в бурении.

Обычно потребителя интересует не процесс производства, а его конечный результат – продукция соответствующего качества. В бурении, в отличие от других видов деятельности, технологические процессы большей частью недетерминированы, то есть их результат является не заданным, а лишь предполагаемым. Следовательно, неукоснительное соблюдение рабочего проекта не обязательно приводит к тому, что качество законченной строительством скважины будет соответствовать проектному. В этом случае претензии к буровому подрядчику по качеству законченной строительством скважины являются неправомерными, так как ее дефекты могут быть обусловлены, например, низким качеством проекта или недостоверной информацией в задании на проектирование, разработанном недропользователем. Таким образом, существует практическая потребность в разграничении ответственности участников строительства скважины путем использования в различных процедурах (тендер, менеджмент качества, оценка соответствия) оценки результативности и эффективности их деятельности (рис. 3).

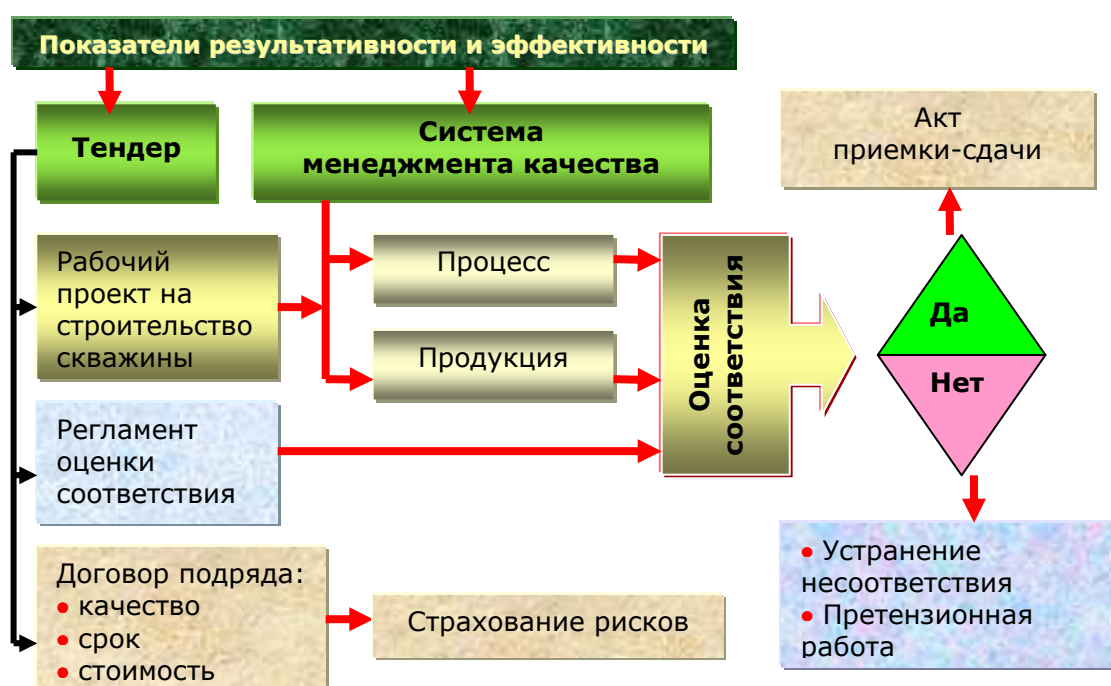


Рис. 3. Использование квалитрии в бурении

Поэтому одно из принципиальных положений разработанной методологии управления качеством в бурении заключается в выделении процесса бурения и законченной строительством скважины как самостоятельных объектов оценки соответствия. Следовательно, перечень показателей, критериев и методик их оценивания и комплексирования для этих объектов оценки соответствия также должны быть разными, учитывающими их специфику.

Внедрение буровыми подрядчиками системы управления качеством сдерживается, по нашему мнению, именно отсутствием теории квалиметрии в бурении. Как следствие, многочисленные предложения по оценке качества в бурении, анализ которых представлен в первом разделе диссертации, недостаточно научно обоснованы и носят фрагментарный характер. Недостатки показателей качества в бурении, предложенных различными авторами, обусловлены следующими основными методологическими упущениями:

1. Процесс строительства скважины и его результат – скважина не выделены в качестве самостоятельных объектов анализа. Как следствие, нет четкого разделения показателей, характеризующих скважину (показатели качества) и процесс (показатели результативности и эффективности).

2. В качестве квалиметрических используются неизмеряемые показатели.

3. Предложения по оценке качества скважин ограничиваются сложными показателями, которые: во-первых, не развернуты до простых единичных, непосредственно измеряемых; во-вторых, не учитывается, что количественная характеристика (мера) одного и того же свойства может быть разной.

4. Понятие показателя качества как количественной характеристики одного или нескольких свойств продукции, зачастую, используется произвольно.

Скважина создается путем последовательного осуществления технологических процессов, цикличность которых соответствует количеству обсадных колонн. Поэтому и оценку соответствия процесса бурения установленным требованиям предложено осуществлять поэтапно, при бурении под очередную обсадную колонну, рассматривая последовательно каждый технологический процесс (см. табл. 1). Теоретически, чем больше показателей используются в качестве характеристик процесса, тем точнее его можно описать. Однако при формировании перечня показателей для оценки соответствия технологических процессов целесообразно придерживаться принципа разумной достаточности – количество показателей должно быть необходимым и достаточным для адекватного описания процесса с учетом того, что значение показателей может быть фиксированным, изменяющимся по глубине скважины, изменяющимся во времени. При разработке перечня показателей оценки соответствия процесса бурения необходимо исключить их дублирование с показателями оценки качества

законченной строительством скважины. Поскольку качество процесса бурения оценивается с точки зрения влияния на него, прежде всего бурового подрядчика, то в перечень включаются только те показатели, величина которых зависит от бурового подрядчика. При этом показатели должны быть: а) количественными; б) простыми, то есть непосредственно измеряемыми; в) документируемыми.

Процессы бурения скважины – это, как правило, специальные процессы в терминологии ГОСТ Р ИСО 9000-2008, то есть такие, подтверждение соответствия результата (продукции) которых затруднено или экономически нецелесообразно. Идентификация специальных процессов – это обязательный элемент процессного подхода в бурении, поскольку обычный и специальный процесс организуются различным образом. Результативность обычного процесса оценивается соответствием результата заданным требованиям, а специального – соответствием действий, выполненных в рамках процесса, установленной технологии. Поэтому для обычного процесса достаточно регламентировать его выход путем измерения результата, для организации специального процесса необходимо регламентировать оценку его соответствия проектной технологии. Отсюда следует, что оценивать результативность процесса строительства скважины только по результатам ее квалитметрии неправильно, должны быть валидированы все процессы в БТС, результаты которых не могут быть верифицированы последующим мониторингом или измерениями. Валидация (подтверждение посредством представления объективных свидетельств) должна продемонстрировать способность этих процессов достигать запланированных результатов, в том числе там, где это применимо (ГОСТ Р ИСО 9001-2008): определенные критерии для анализа и утверждения процессов; утверждение соответствующего оборудования и квалификации персонала; применение конкретных методов и процедур; требования к записям; повторная валидация.

Обобщить известные показатели качества скважин вследствие изложенных выше методологических упущений не представляется возможным. Поскольку скважина как сложная система может быть охарактеризована как минимум десятками показателей, то первоначально целесообразно создать грубую, упрощенную модель, которой присущи немногие, но существенные свойства. Причем она может создаваться как по принципу «от общего к частному», так и по принципу «от частного к общему». В дальнейшем за счет развертывания (в случае использования принципа «от общего к частному») или свертывания (в случае использования принципа «от частного к общему») показателей модель совершенствуется.

Обобщение (комплексирование) единичных показателей для получения итоговой оценки соответствия процесса бурения или законченной строительством скважины сопряжено со значительными трудностями, обусловленными, прежде всего, большим количеством используемых единичных показателей соответствия. В известной методике ТатНИПИнефти итоговая оценка качества скважины рассчитывается как среднее арифметическое показателей качества. В этом случае можно использовать большое количество показателей, которые рассматриваются как равнозначимые. При этом низкие значения одних единичных показателей могут компенсироваться высокими значениями других, что делает конечный результат зависимым от преобладающего вида показателей - в этом недостаток методики. Выходом из этой ситуации является введение для каждого показателя качества коэффициента весомости (значимости). Для ответа на вопрос, во сколько раз или насколько один показатель важнее другого, используют экспертные и аналитические методы. В бурении единственно приемлемым является метод экспертных оценок, хотя весомость показателей может назначить директивно и недропользователь, в том числе, соотносясь с результатами анализа технического состояния фонда скважин на месторождении. Отметим, что в силу специфики бурения скважин процедура определения коэффициентов весомости в значительной степени является субъективной, тем более, в случае замены метода экспертных оценок экспертным опросом членов приемочной комиссии (СевКавНИПИгаз, 2009).

Поскольку сумма коэффициентов значимости должна быть равна 1, то увеличение весомости одного показателя может происходить только за счет уменьшения весомости других. Увеличение количества показателей ведет к нивелированию различий между ними. Например, при использовании, как в методике ТатНИПИнефти, 21 показателя, среднее значение коэффициента значимости составляет 0,0625 (6,25 %). Понятно, что экспертам оценить и ранжировать с такой точностью значимость показателей, по крайней мере, очень трудно. Значительно проще решить указанную задачу путем иерархического структурирования показателей качества. С этой целью автором создана модель качества скважины, представленная на основе теории графов в виде дерева качества, состоящего из трех уровней: нулевого (соответствует интегральной оценке), первого (соответствует комплексному показателю) и второго (соответствует единичным показателям). При оценке соответствия процесса бурения на втором уровне такого иерархического дерева предложено рассматривать ветви: углубление и крепление ствола скважины, тампонирующее заколонное пространство, промывку и заканчивание скважины, при оценке качества законченной строительством скважины – этапы ее создания: направление, кондуктор, про-

межуточные и эксплуатационная колонны, а также систему «скважина - пласт». Таким образом, количество ветвей на втором уровне можно свести к 5-6 при общем количестве показателей 25-30. Это существенно облегчает экспертную оценку коэффициентов значимости каждого показателя.

Обобщение показателей качества с использованием коэффициентов значимости целесообразно при оценке соответствия законченной строительством скважины. В этом случае можно и нужно учитывать вклад элементов конструкции скважины в ее качество как сооружения, предназначенного для долговременной эксплуатации. При этом, как уже отмечалось, еще при проектировании должны быть учтены все воздействия на скважину на последующих этапах ее жизненного цикла (в процессе ремонта, реконструкции, проведения работ по увеличению нефтеотдачи пластов и т.д.). Четкое регламентирование условий эксплуатации скважины в проектных документах позволит, в частности, исключить возникающие в промышленной практике спорные вопросы, связанные с ее ускоренной амортизацией.

При оценке соответствия процессов бурения вместо определения коэффициентов весомости единичных показателей предложено использовать известную в квалиметрии дискретную трехуровневую шкалу. В этом случае после оценивания единичных показателей качества им присваивают методом экспертных оценок уровень: высокий – В (1,0), средний – С (0,5) и низкий – Н (0,0).

В диссертации обосновано положение, что в отличие от показателей качества законченной строительством скважины допущение о равнозначности показателей процесса бурения является правомерным. Поэтому количество применяемых показателей не ограничивается. Важно подчеркнуть, что допущение о равнозначности показателей должно применяться отдельно для показателей, характеризующих процесс (показатели второго уровня), то есть внутри процесса, и отдельно для обобщенных показателей процессов (показатели первого уровня). При необходимости показатели первого уровня могут быть обобщены с использованием коэффициентов значимости.

Отобранные на основе изложенных выше критериев показатели оценки процесса бурения предложено представлять в виде таблицы, содержащей ссылку на методику измерения и процедуру документирования каждого показателя. Это важно для обеспечения возможности решения спорных вопросов правовыми методами, в том числе в судебном порядке. С этой целью предложено дополнить макет рабочего проекта на строительство скважины разделом «Оценка соответствия». На основе этого раздела, как приложение к договору подряда на строительство скважины, а при необходимости и к субподрядным договорам, предло-

жено разрабатывать «Регламент оценки соответствия процесса бурения скважины» и «Регламент оценки соответствия законченной строительством скважины» в объеме, необходимом и достаточном для практической реализации оценки соответствия без обращения к другим документам. «Регламент оценки соответствия процесса бурения скважины» является основным документом для бурового супервайзинга, а «Регламент оценки соответствия законченной строительством скважины» – для приемки скважины заказчиком.

Особенностью геолого-технической системы по добыче углеводородов является то, что скважины находятся в собственности недропользователя, а недра – государства. Отсюда и разное отношение собственников к этой системе. Абсолютным приоритетом недропользователя как субъекта экономической деятельности является извлечение прибыли при соблюдении, разумеется, законодательных требований, в том числе, в области промышленной и экологической безопасности. Государство как собственник недр заинтересовано в получении экономической выгоды от предоставления в пользование своей собственности при условии обеспечения безопасности производственной деятельности.

Именно безопасность недропользования и рациональное использование недр являются основным камнем преткновения во взаимоотношениях государства и недропользователя. Главным образом эти проблемы имеют отношение к этапу эксплуатации скважин, однако первопричиной большинства из них является неудовлетворительное качество законченных строительством скважин. Стремление недропользователей получить прибыль является доминирующим, зачастую в ущерб безопасности производственной деятельности и рациональному использованию недр. Примерами тому являются низкий конечный коэффициент извлечения углеводородов, техногенное образование месторождений с трудно извлекаемыми запасами, десятки тысяч скважин с заколонными перетоками и межколонными давлениями. При этом государство в оценке качества скважин не участвует, хотя бы потому, что такой обязательной процедуры не существует. Государственное регулирование безопасности недропользования и рационального использования недр осуществляется путем установления ограничений и нормативов с последующей оценкой соответствия в форме государственного надзора контроля, государственной экспертизы, экспертизы промышленной и экологической безопасности. Реализовать эти процедуры в полном объеме можно только, используя количественные показатели соответствия скважины в составе геолого-технической системы по добыче углеводородов. С этой целью автором предложено использовать модель качества скважины, включающую комплексные показатели: функциональности (со-

ответствие назначению скважины), надежности (свойство сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров функциональности), безопасности (свойство обеспечивать приемлемый уровень опасности на всех стадиях жизненного цикла скважины) и ресурсоемкости (уровень затрат ресурсов на всех стадиях жизненного цикла скважины). Каждое из этих комплексных свойств путем последовательного многоуровневого разделения (декомпозиции) предложено представить в виде группы менее сложных, а, в конечном итоге, простых свойств, оцениваемых количественно в виде единичных показателей качества скважины (функциональности – $\Phi_1... \Phi_x$, надежности – $H_1... H_y$, безопасности $B_1... B_z$ и ресурсоемкости – $P_1... P_n$). Актуальность оценки соответствия, в частности, безопасности скважин на основе количественных показателей обусловлена передачей части полномочий по оценке соответствия саморегулируемым организациям.

В бурении высшим достижением считается соответствие законченной строительством скважины рабочему проекту. Такая оценка с наилучшей стороны характеризует бурового подрядчика, но, как показывает многолетний опыт автора в области экспертизы проектной документации, не качество рабочего проекта на строительство скважины. В связи с этим предложено выделять уровни качества скважины: идеальное, потенциальное, проектное, реальное, минимально допустимое.

Идеальное качество соответствует современным представлениям о совершенной, т.е. абсолютно удовлетворяющей требованиям скважине. В этом случае единичные показатели качества имеют наилучшие желаемые значения. Представления об идеальной скважине совершенствуются в соответствии с техническим прогрессом и, как следствие, актуализируются единичные показатели качества и их критерии. Поэтому идеальное качество недостижимо на практике – это теоретический уровень качества, служащий ориентиром для развития технологии бурения скважин.

Потенциальное качество – это практически достижимый уровень качества на текущем этапе развития технологии бурения при условии отсутствия у недропользователя ограничений на ресурсы, прежде всего финансовые. Иными словами, это наивысший уровень качества, который может быть обеспечен недропользователем, обладающим неограниченными возможностями по использованию наилучших мировых технологий.

Проектное качество является результатом компромисса между возможностью проектной организации воплотить в рабочем проекте наилучшие мировые технологии бурения скважин и способностью недропользователя инвестировать строительство такой скважины. Даже если недропользователь име-

ет соответствующие возможности, то бурение высококачественной скважины может быть сочтено им нецелесообразным, например, с целью сокращения издержек на разработку месторождения.

Реальное качество соответствует уровню качества законченной строительством скважины, минимально допустимое - уровню качества, ниже которого скважина не может функционировать в составе добывающего комплекса.

Таким образом, участие государства в оценке достигнутого уровня проектного качества скважин является необходимым условием обеспечения экологической и промышленной безопасности освоения месторождений углеводородов.

Классификация уровней качества скважин имеет принципиальное значение и ко второй проблеме, рассматриваемой в третьем разделе диссертации, - управлению качеством в бурении, поскольку уровень качества скважины определяет цель недпропользователя в области качества.

Несмотря на существование проблемы обеспечения качества скважин, зафиксированной в публикациях, по крайней мере, 40-летней давности, потребность в системном управлении качеством в бурении недпропользователями и буровыми подрядчиками до сих пор не рассматривается как одна из ключевых. Основополагающими, видимо, являются наша статья «Строительство скважин: от повышения качества – к системе управления качеством» (2003) и первое в нефтегазовой отрасли учебное пособие по управлению качеством (2008). Безусловный приоритет в практическом применении квалиметрии скважин принадлежит ОАО «Татнефть», где оценка качества скважин используется в общей системе управления предприятием. Это несомненный прогресс в сравнении с другими компаниями, хотя лишь частичное решение проблемы качества. Мировая теория и практика показали, что единственно правильным ее решением является создание в рамках общей системы управления предприятием системы менеджмента качества. Поэтому логическим продолжением этой работы было бы внедрение в компании системы управления качеством в бурении.

Вероятно, первым буровым подрядчиком, внедрившим систему менеджмента качества, является ЗАО «Сибирская сервисная компания», которая в 2008 году получила сертификат соответствия ее международному стандарту ISO 9001:2000. Однако следует подчеркнуть, что эта система менеджмента качества сертифицирована только в объеме управления, а не выполнения работ по бурению нефтяных и газовых скважин.

Несмотря на наличие зарубежных аналогов систем управления качеством как непосредственно в бурении, так и в близких по условиям отраслях

производственной деятельности, системы менеджмента качества в отечественном бурении еще практически не используются. Это обусловлено, прежде всего тем, что системы управления качеством в основаны на процессном подходе, наиболее эффективном при серийном производстве продукции. В этом случае есть возможность подробного документирования всех процессов производства продукции, а при обнаружении дефектов - внесения соответствующих изменений в технологическую документацию. Специфика же бурения заключается в том, что скважина, в отличие от других сооружений, не наземное, а горнотехническое, то есть созданное в недрах сооружение. Это обуславливает чрезвычайно широкую изменчивость условий бурения скважин и недостаточность достоверной информации для управления технологическими процессами. Поэтому технологические процессы бурения большей частью являются недетерминированными, то есть не имеющими однозначной связи воздействия с его результатом. Каждая скважина оригинальна и повторение апробированной технологии бурения на другой скважине не всегда дает положительный результат, требуется ее оперативная адаптация непосредственно в процессе бурения. Поэтому даже при наличии методических руководств, разработанных на основе международных стандартов, единого шаблона для создания системы управления качеством в бурении быть не может. Такая система строго специфична. Иными словами, сколько буровых предприятий – столько и систем управления качеством. Едиными должны быть терминология, структура, логическая организация, методы и средства - методология управления качеством в бурении, основы которой разработаны в диссертации.

С учетом использования разных моделей организации строительства скважин автором выделены два уровня управления качеством в бурении – стратегический и оперативный. Стратегическое управление качеством осуществляется недропользователем и заключается в формулировании требований к качеству скважины, установлении критериев оценки соответствия этим требованиям рабочего проекта на строительство скважины, процесса бурения, законченной строительством скважины и обеспечения качества на каждом из этапов жизненного цикла скважины.

Оперативное управление качеством заключается в управлении конкретной буровой технологической системой, то есть бурением скважины, с целью достижения проектных показателей ее качества. В случае генерального подряда – это функция бурового подрядчика, при интегрированном подряде – недропользователя.

Для определенных видов производственной деятельности наличие системы менеджмента качества является достаточным условием обеспечения их

гарантированной результативности, эффективности и качества продукции. При строительстве скважин этого недостаточно. Оценить уровень качества законченной строительством скважины в силу ее специфики при традиционной приемке объекта заказчиком практически невозможно. Скважина, как уже подчеркивалось, представляет собой горнотехническое сооружение, качество которого последовательно формируется в ходе технологических процессов, совершаемых в недрах, и их результат нельзя в полной мере проверить последующим контролем и испытаниями, а исправление допущенного брака затруднено или невозможно. Практически единственным выходом из этой ситуации является надзор за производством работ и, при возможности, поэтапный контроль технологических процессов и их результатов. Система технологического контроля и надзора недропользователя за строительством скважины получила название бурового супервайзинга. Контроль и надзор за ходом строительства скважины, качеством выполнения работ, уровнем технологических процессов и операций, качеством используемых материалов и технических средств, соблюдением безопасных условий труда является обязательным для недропользователя в соответствии с требованиями п. 2.1.8 правил безопасности ПБ 08-624-03. Наличие системы бурового супервайзинга становится для недропользователя обязательным в случае внедрения системы менеджмента качества (ГОСТ Р ИСО 9001-2008).

Поскольку основное содержание бурового супервайзинга заключается в прямом или косвенном определении соблюдения требований, предъявляемых к объекту (продукция, процессы производства и т.д.), то буровой супервайзинг, по сути, представляет собой оценку соответствия. Следовательно, деятельность служб бурового супервайзинга нефтегазовых компаний и специализированных сервисных компаний, предоставляющих услуги по буровому супервайзингу, должна осуществляться при соблюдении специальных требований (например, EN 45004 «Общие критерии функционирования различных видов контролирующих органов») и аккредитации в качестве органа оценки соответствия в области бурового супервайзинга.

Буровой супервайзинг как деятельность по оценке соответствия предполагает и вполне определенные требования к профессиональной подготовке, теоретическим знаниям и практическому опыту супервайзеров. Поскольку буровой супервайзинг является новым видом деятельности специалистов, то автором разработаны Государственные требования к минимуму содержания и уровню требований к специалистам по дополнительной профессиональной образовательной программе для получения дополнительной квалификации «Специалист технологического контроля и надзора при строительстве скважин (бу-

ровой супервайзер)» объемом 1030 часов и соответствующее учебное и методическое обеспечение. После завершения обучения буровые супервайзеры могут быть сертифицированы в органе по сертификации персонала.

При интегрированном подряде возможны разные схемы организации бизнес-процессов. Наиболее эффективной формой из них является управление проектами (проектный менеджмент). Безусловно, наиболее результативным является использование управления проектами в полном объеме. Однако для этого необходимы соответствующие ресурсы, прежде всего специалисты по проектному управлению в бурении. Поэтому в качестве первого шага в направлении освоения проектного управления в бурении автором рекомендовано применение сквозной системы управления качеством (по нисходящей от недропользователя к буровому подрядчику, субподрядчикам и поставщикам) в сочетании с конкурсным отбором исполнителей и оценкой соответствия (рис. 3).



Рис. 3. Приоритетные элементы управления проектами в бурении

При интегрированном подряде управление БТС осуществляется недропользователем через специализированное подразделение, которое по аналогии с организацией работ по схеме генерального подряда не вполне корректно называют супервайзерским. На самом деле, функции этого подразделения заключаются в управлении процессом бурения конкретной скважины (управлении проектом строительства скважины), а не в буровом супервайзинге, то

есть в надзоре и контроле за процессом строительства скважины. Это разные виды деятельности и их четкое разделение имеет принципиальное значение, по крайней мере, по двум причинам.

Во-первых, существует мнение, что супервайзер – это суперспециалист, идеально подходящий для принятия быстрых и технически грамотных решений в условиях непрерывного технологического процесса, постоянно меняющейся обстановки, который немедленно, без проволочек, внедряет все, что способствует качественной проводке скважины, не согласовывая свои действия с бюрократическим аппаратом и т.д. и т.п.

Во-вторых, распространенным является также мнение, что для оперативного управления бурением достаточно иметь систему контроля процесса бурения (систему удаленного мониторинга и т.п.).

Оба мнения, являются, по нашему мнению, ошибочными. Во-первых, буровая технологическая система – это сложная система, результативное и эффективное функционирование которой не может обеспечить один специалист – нужен многопрофильный коллектив профессионалов, организованный на принципах проектного управления. Во-вторых, наличие системы контроля – это необходимое и достаточное условие для бурового супервайзинга, но не достаточное – для управления БТС, которое включает функции контроля, регулирования и оперативного управления.

Информационное обеспечение бурения, особенно в последние полтора-два десятилетия, существенно выросло – появилась возможность получать визуализированную информацию о процессе бурения, интерактивную поддержку принятия технологических решений в режиме реального времени и т.д. Однако следует отметить и обратную сторону этого процесса – если еще недавно специалисты-буровики испытывали недостаток информации о технологическом процессе, то сегодня, зачастую, они не в силах справиться с ее потоком. Многообразие технологических задач и возрастающий объем информации о процессе бурения требуют их взаимной увязки, обеспечения общей целенаправленности. Но этого трудно достичь, если не учитывать их сложной зависимости между собой, их системный характер. Современному специалисту-буровику уже недостаточно обладать узкоспециальными знаниями, умениями и навыками, он должен быть компетентен и в смежных с бурением областях деятельности, чтобы в режиме реального времени работать в команде разнопрофильных специалистов. В частности, лицо, принимающее решения, должно обладать знаниями, умениями и навыками научно обоснованного анализа проблемы, генерирования и принятия управленческих решений. Профессиональная подготовка и содержание таких высококвалифицированных специалистов на буровой весьма за-

тратны. Целесообразно, следуя зарубежному опыту, создавать корпоративные и региональные центры оперативного управления бурением (ЦОУБ). Это позволит содержать на буровой только специалистов-исполнителей, а высококвалифицированные кадры сосредоточить в ЦОУБ. Обоснован тезис, что знание персоналом буровой технологической системы и ЦОУБ результатов своей деятельности выступает инструментом обратной связи для корректировки своих профессиональных знаний, умений и навыков, а в итоге способствует повышению результативности и эффективности функционирования БТС.

Четвертый раздел посвящен совершенствованию процесса промывки как средству повышения результативности и эффективности бурения скважин.

Посредством технологических жидкостей осуществляется воздействие на околоскважинный массив горных пород с целью создания условий для бурения скважины и сохранения коллекторских свойств продуктивных пластов. Нарушение равновесия в горнотехнической системе приводит к осложнениям в процессе бурения, снижению его результативности и эффективности. Среди множества значимых факторов наибольшее влияние технология промывки оказывает, вероятно, на деформационную неустойчивость ствола скважины в глинистых отложениях. Помимо возможности возникновения осложнений бурение в глинистых отложениях характеризуется также ухудшением эффективности очистки промывочной жидкости (ПЖ) и, как следствие, наработкой ее избыточных объемов. Возрастает расход химреагентов на обработку промывочной жидкости, возникают сложности с ее размещением, утилизацией и захоронением. Исключить возникновение осложнений или, по крайней мере, существенно снизить их тяжесть и упростить оперативное решение вышеуказанных проблем можно еще на этапе проектирования технологии промывки скважины, прежде всего, путем выбора промывочной жидкости, в наибольшей степени соответствующей специфике разбуриваемых глинистых отложений.

В неустойчивых глинистых породах используют преимущественно минерализованные ПЖ, поэтому в качестве объекта исследования был выбран этот тип промывочных жидкостей. Анализ отечественного и зарубежного опыта использования минерализованных ПЖ показал, что наряду с положительными они обладают и отрицательными свойствами, среди которых следует, прежде всего, выделить трудности с регулированием технологических параметров, повышенную материалоемкость, снижение буримости горных пород, отрицательное влияние на окружающую среду.

Главная проблема, которая неизбежно возникает при бурении в глинистых отложениях, - это обеспечение устойчивости стенки скважины. Длитель-

ность сохранения устойчивости зависит от соотношения прочности пород в стенке скважины и их напряженного состояния. При качественной оценке пригодности ПЖ для разбурирования глинистых пород в лабораторных условиях ее влиянием на изменение напряженного состояния, как правило, пренебрегают. Сопоставление используемых в исследовательской практике способов определения ингибирующей способности показывает, что в ряде случаев они не позволяют однозначно оценить ПЖ, а также изучать факторы, ответственные за формирование их разупрочняющих свойств. В свою очередь отсутствие четких представлений о механизме разупрочняющего влияния ПЖ на глинистые породы не позволяет целенаправленно формировать их рецептуры.

Для обоснования методики оценки ингибирующей способности ПЖ автором проведен анализ используемых в исследовательской практике способов. Показано, что в их основе лежит изучение процессов, предлагающихся ответственными за нарушение устойчивости стенки скважины. В диссертации рассмотрены исследования: а) прочностных и деформационных свойств; б) размокания; в) набухания; г) увлажнения; д) одновременно несколько процессов. Эти способы анализируются с трех позиций: а) общая характеристика; б) экспериментально определяемые показатели; в) свойства жидкостей, обуславливающие их влияние на устойчивость пород.

Анализ каждого из указанных способов показал, что их сущность состоит в прямой или косвенной оценке изменения механических свойств глинистых пород при контакте с ПЖ или ее фильтратом. Сделан вывод о том, что целесообразно использовать методы, основанные на непосредственном изучении механических свойств глинистых пород, поскольку в этом случае есть возможность применения результатов экспериментальных исследований при аналитическом решении задач устойчивости пристволенной зоны скважины методами горной механики. Поэтому в диссертации влияние ПЖ на устойчивость глинистых пород в стенках скважины оценивали по прочности образца на одноосное сжатие. Для этого по оригинальной методике определяли коэффициент разупрочнения K_p , представляющий собой отношение прочности образца на сжатие после взаимодействия с исследуемой жидкостью $P'_{сж}$ к исходной $P_{сж}$. Методика, как показали результаты визуального осмотра разрезанных образцов, обеспечивает достоверные испытания образцов при глубине проникновения фильтрата не более чем на $3/4$ их радиуса. В этом случае, как и в стенке скважины, помимо области, охваченной воздействием фильтрата, сохраняется зона, в которой порода обладает своими первоначальными свойствами.

Образцы для испытаний приготавливали методом прессования из мелкодисперсного бентонита, единственным глинистым минералом которого, как

показал рентгенофазовый анализ, является монтмориллонит. Так как этот минерал наиболее чувствителен к увлажнению, то, таким образом, были созданы условия, наиболее благоприятные для разупрочнения. Для получения образцов с требуемой по условиям опыта исходной влажности бюксы с навесками глинопорошка перед прессованием и готовые образцы выдерживали в эксикаторе над насыщенным раствором электролита с известным относительным давлением паров воды.

Выбор компонентного состава ПЖ можно осуществлять методом проб и ошибок, определяя для каждой рецептуры K_p . Но это длительный, трудоемкий и малоинформативный путь. Для целенаправленного формирования состава ПЖ необходимо иметь представление о ее свойствах, обуславливающих величину K_p , то есть о механизме разупрочнения. В исследовательской практике используются два подхода. Одна группа исследователей пытается использовать для описания процесса разупрочнения физико-химические свойства жидкости, как правило, вязкость, активность, поверхностное натяжение, диэлектрическую проницаемость, концентрацию ионов водорода, вторая - интегральные показатели, характеризующие одновременно совокупность свойств жидкости и породы, например, параметры набухания.

В диссертации применены оба вышеуказанных подхода. Однако оказалось, что физико-химические свойства жидкостей сложным образом взаимосвязаны и варьировать при проведении опытов величиной одного параметра при фиксированных значениях остальных не представляется возможным. Поэтому первый путь реализовать не удалось, хотя он является желательным, так как дает возможность прогнозировать использование того или иного вещества в составе ПЖ по его физико-химическим свойствам. В качестве интегральных показателей чаще используют параметры процессов увлажнения и набухания. Поэтому в диссертации была принята рабочая гипотеза, заключающаяся в том, что разупрочняющее влияние ПЖ на образцы глинистой породы определяется тремя факторами - скоростью увлажнения их дисперсионной средой ПЖ, скоростью набухания и длительностью взаимодействия жидкости с образцом.

Для проверки рабочей гипотезы под руководством профессора, д.т.н. Е.Г. Леонова проведены параллельные исследования прочности глинистых образцов и кинетики их увлажнения и набухания в фильтрах различных ПЖ. Были исследованы 41 рецептура как ингибирующих, так и не ингибирующих ПЖ (табл. 2). Такой выбор ПЖ, а также разнообразие их ингредиентов вызваны необходимостью получения рецептур с широким диапазоном изменения изучаемых параметров.

Таблица 2

Характеристика исследованных промывочных жидкостей на водной основе

Промывочная жидкость		Пределы изменения параметров		
Тип	Количество рецептов	$W_{пр}$, см/ч	$W_{нб}$, см/ч	K_p
Гуматная	6	0,240-0,432	0,053-0,072	0,13-0,25
Лигносульфонатная	6	0,115-0,435	0,048-0,070	0,15-0,38
Кальциевая	4	0,150-0,420	0,016-0,051	0,28-0,65
Алюминизированная	11	0,050-0,430	0,016-0,031	0,33-0,73
Гидрогельмагниева	8	0,090-0,429	0,016-0,031	0,25-0,73
Калиевая	6	0,070-0,430	0,016-0,027	0,30-0,70

Примечание: $W_{пр}$ – скорость пропитки, $W_{нб}$ – скорость набухания.

Для изучения процессов увлажнения и набухания глинистых образцов в фильтрах ПЖ (рис. 4) использовали комплексный набухometer, позволяющий определять приращение объема образца $V_{нб}$ (по индикатору линейного перемещения) и количество поглощаемой им жидкости $V_{ув}$ (по мерной трубке).

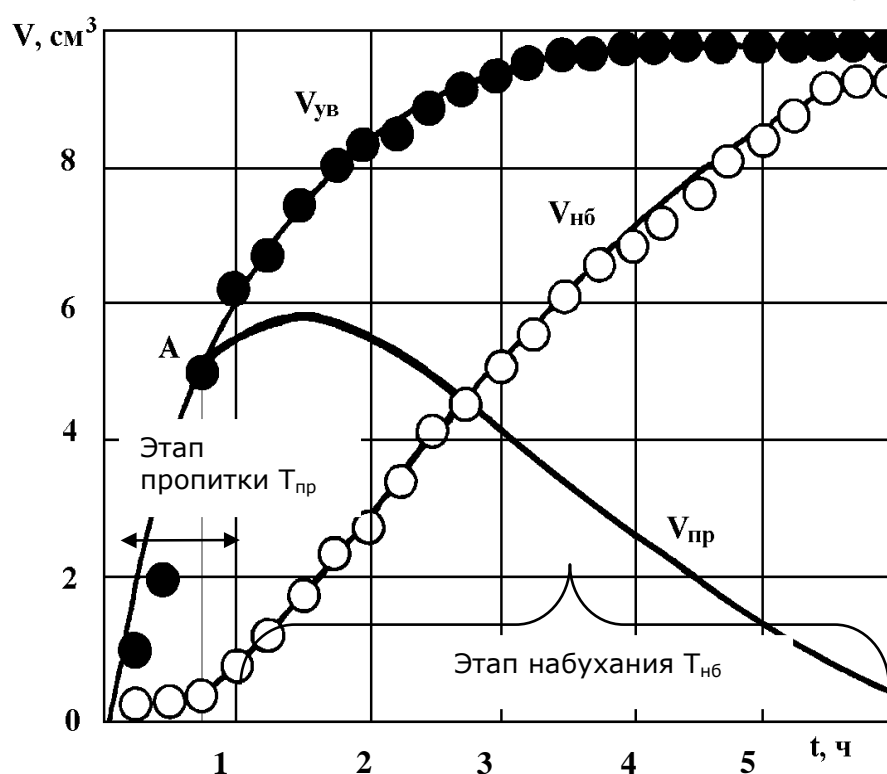


Рис. 4. Типичные зависимости кинетики увлажнения $V_{ув}$, набухания $V_{нб}$ и пропитки $V_{пр}$ бентонитового образца фильтратом на примере гидрогельмагниевого промывочного раствора

Для упрощения экспериментов за счет исключения фактора времени длительность выдерживания образцов в жидкости при определении коэффициента разупрочнения сохранялась неизменной. Анализ экспериментальных данных показал, что K_p в целом коррелируется со скоростью увлажнения и

набухания, хотя имеет место значительный разброс точек. Экспериментально показано, что это обусловлено, в частности, тем, что набухание и увлажнение взаимосвязаны.

Процесс увлажнения (кривая $V_{ув}(t)$) наиболее интенсивно протекает на начальной стадии контакта глинистого образца с жидкостью. Поскольку при этом увеличение объема образца (кривая $V_{нб}(t)$) незначительно, то логично предположить, что вся впитавшаяся в образец жидкость расходуется на заполнение его порового пространства, т.е. на пропитку образца. В процессе увлажнения можно выделить два этапа, характеризующихся разными скоростями и, что более существенно, разными механизмами увлажнения. На начальном этапе времени $T_{пр}$ увлажнение осуществляется по механизму пропитки, т.е. зависит от текучести жидкости и гидропроводности образца. При этом объем последнего меняется незначительно. На следующем этапе ($T_{пр}$) доминирующим является процесс набухания, и увлажнение образца зависит от способности породы изменять объем в данной конкретной жидкости. Таким образом, увлажнение глинистой породы происходит в результате развития двух различных по своей природе процессов - пропитки и набухания. Следовательно, для того, чтобы с наибольшей эффективностью замедлять увлажнение, следует учитывать специфику этих процессов. Исходя из этого для описания процесса разупрочнения предложено использовать два независимых параметра - скорость набухания $W_{нб}$ и скорость пропитки и $W_{пр}$:

$$K_p = f(W_{нб}, W_{пр}, t) \quad (1)$$

С привлечением основных положений физикохимии дисперсных систем показано, что скорость набухания является ответственной за величину снижения срочности единичного контакта между глинистыми частицами, а скорость пропитки определяет количество единичных контактов, подверженных разупрочняющему влиянию дисперсионной среды ПЖ.

Функциональная зависимость (3) с учетом условия $K_p = 1$ при $W_{пр} = 0$ или $W_{нб} = 0$ может быть представлена формулой:

$$K_p = P_{сж} / (P_{сж} + b W_{пр}^n W_{нб}^m), \quad (2)$$

где K_p - коэффициент разупрочнения; $P_{сж}$ - прочность образца на сжатие, МПа; $W_{нб}$ - скорость набухания, см/ч; $W_{пр}$ - скорость пропитки, см/ч; b , n , m - эмпирические коэффициенты.

Для большинства ПЖ в максимально достигаемом диапазоне изменения изучаемых параметров (табл. 2) расчетным путем получены следующие значения эмпирических коэффициентов: $b = 1,9 \times 10^9$ (ч/см) $^{n+m}$, $n = 0,709$, $m = 1,543$. Коэффициент корреляции r при уровне значимости $\alpha = 0,05$ по Z-преобразованию Фишера находится в следующих доверительных границах:

$$r_{\min} = 0,953 < r = 0,975 < r_{\max} = 0,987.$$

Таким образом, вычленение из процесса увлажнения двух его составляющих - пропитки и набухания позволяет повысить информативность результатов определения ингибирующей способности буровых растворов (контролируются одновременно два параметра) при одновременном его упрощении, по сравнению с определением, например, коэффициента разупрочнения. В диссертации приводится анализ различных вариантов повышения ингибирующей способности ПЖ с применением для ее оценки скоростей пропитки и набухания.

Наиболее трудоемким и ответственным этапом использования предложенной методики является нахождение эмпирических коэффициентов в уравнении (2) для конкретного типа глинистой породы. В диссертации методика реализована для образцов из бентонитовой глины. Поскольку монтмориллонит из всех глинистых минералов наиболее восприимчив к воздействию жидкости, то полученные результаты относятся к заведомо худшим условиям. При отсутствии достоверной информации об инженерно-геологических свойствах разбуриваемых пород их можно взять в качестве более надежной оценки. Для накопления информации создана база данных «Промывка скважин», позволяющая уточнять указанные коэффициенты для других глинистых пород. Достоинством методики является также то, что ее можно использовать в базе знаний для компьютеризированной выдачи искомой рецептуры ПЖ или рекомендаций по ее обработке. Оптимизация состава ПЖ в этом случае осуществляется с использованием формулы (2).

Непосредственная оценка разупрочнения образцов глинистых пород весьма трудоемка, а априори сказать какой из косвенных способов оценки ингибирующей способности буровых технологических жидкостей дает лучшие результаты трудно. Поэтому представляется целесообразной разработка стандартизированной методики оценки ингибирующей способности буровых технологических жидкостей, например, на основе набухметра и таймера капиллярной пропитки OFITE. В настоящее время эти приборы получили наибольшее распространение в исследовательской практике. При этом следует учесть, что таймере капиллярной пропитки OFITE исследуется процесс пропитки фильтровальной бумаги, следовательно, не учитываются физико-химические свойства глинистых пород.

Наличие стандартизированной методики оценки ингибирующей способности буровых технологических жидкостей не исключает использования наряду с ней других методик. Более того, одновременное использование стандартизированной (эталонной) и других методик позволит по мере накопления необ-

ходимой информации обосновать сопоставимость их результатов. Это важно, поскольку в бурении распространено принятие управленческих решений на основе собственного профессионального опыта, по аналогии, когда для решения текущей проблемы используется ее решение в схожей ситуации (прецедент). Отсутствие объективных показателей для описания ситуации приводит в последующем к субъективному выбору прецедента и, соответственно, принятию неверного решения текущей проблемы. Наличие базы данных по бурению интервалов неустойчивых глинистых пород, содержащей описания конкретных ситуаций на основе стандартизованных показателей, позволит повысить обоснованность и объективность технологических решений.

При реализации предложенной методики снижение скорости пропитки достигается за счет регулирования вязкостных и поверхностно-активных свойств дисперсионной среды ПЖ. Что же касается скорости набухания, то в результате изучения увлажняющей способности фильтратов ПЖ установлено, что низкие скорости набухания получаются, как правило, при использовании многокомпонентных ПЖ. Дополнительные исследования в этом направлении показали, что наиболее эффективными являются композиции, содержащие вещества различных классов: электролиты, полимеры, ПАВ. Было сделано предположение, что высокая эффективность многокомпонентных композиций обусловлена расширением их возможностей по предотвращению гидратации глинистых минералов, при увеличении числа ингредиентов. Поэтому в качестве компонентов ПЖ предложено использовать микрополидобавки (МПД), состоящие из веществ различных классов (разновалентных солей, полифункциональных полимеров, ПАВ) и мелкодисперсного наполнителя, выполняющего в ПЖ функции структурообразователя и коагулянта. В качестве наполнителя целесообразно использовать волокнистые кислоторастворимые материалы, например, лигнин, торф, асбест.

В четвертом разделе диссертации изложены также результаты изучения влияния минерализованных ПЖ на буримость горных пород. Их применение, по мнению ряда исследователей, сопровождается снижением буримости горных пород (механической скорости проходки). Предполагается, что механизм снижения буримости может быть связан с проявлением ингибирующих свойств ПЖ. Выяснение роли минерализации ПЖ в процессах разупрочнения пород позволит обосновать правильный подход к выбору рецептур минерализованных ПЖ.

На первом этапе исследований с привлечением методов математической статистики был проведен анализ промысловых данных по Прикаспийскому и Восточно-Сибирскому регионам. Данные для анализа, включавшие информа-

цию о результатах отработки примерно 10 тыс. долот, были собраны по первичным документам (суточные рапорта буровых мастеров). Сравнение средних значений механической скорости проходки при промывке различными типами ПЖ проводили по методике для малых выборок, имеющих разные дисперсии, в предположении нормального закона изменения изучаемого признака. В большинстве случаев отрицательное влияние минерализации ПЖ на эффективность работы породоразрушающего инструмента зафиксировано однозначно.

Для установления возможных причин снижения буримости были проведены две серии экспериментов: исследование механических свойств образцов мрамора при статическом вдавливании штампа по методу Л.А. Шрейнера и бурение натуральными долотами в стендовых условиях.

Методика изучения влияния буровых растворов на буримость горных пород (в качестве эквивалентного материала использован мрамор) включала лабораторные исследования по оценке воздействия жидкой среды на механические свойства образцов при вдавливании штампа и стендовые исследования. Последние проводились на базе бурового стенда, состоящего из станка ЗИФ-1200А и комплекса измерительных приборов, позволяющих проводить непрерывную запись текущей проходки в зависимости от числа оборотов долота. О влиянии жидкости на буримость горных пород судили по величине углубления долота за один оборот.

Из первой серии экспериментов не удалось сделать достоверных выводов, поскольку определяемые экспериментально твердость, пластичность и удельная работа разрушения, изменялись в пределах 10%. Результаты бурения в стендовых условиях оказались более информативными. Установлено, что на относительное углубление долота за один оборот, т.е. механическую скорость проходки, существенное влияние оказывает вязкость дисперсионной среды ПЖ. Химический состав и поверхностное натяжение жидкостей оказывают незначительное влияние на буримость.

В развитие исследований по буримости впервые экспериментально изучено влияние вязкостных свойств жидкой среды на буримость горных пород долотами шарошечными и истирающе-режущего типа. Экспериментально установленная меньшая зависимость показателей работы долот истирающе-режущего типа от вязкостных свойств дисперсионной среды ПЖ по сравнению с шарошечными предопределяет целесообразность их использования при промывке минерализованными растворами.

Основные рекомендации, вытекающие из рассмотренного механизма разупрочнения глинистых пород и исследования влияния минерализованных ПЖ на буримость горных пород, использованы при разработке рецептур безглини-

стых минерализованных ПЖ. При этом исходили из того, что ПЖ при прочих равных условиях должна обладать низкими скоростями пропитки и набухания, вязко-стными свойствами дисперсионной среды, материалоемкостью. Безглинистые минерализованные ПЖ также должны состоять из доступных ингредиентов и иметь экологические характеристики не хуже традиционных рецептур.

К числу безглинистых минерализованных ПЖ, отвечающих этим требованиям, относятся гидрогельмагниевого ПЖ пониженной материалоемкости, разработанные нами под руководством профессора, д.т.н. О.К. Ангелопуло. Снижение расхода магниевых солей достигалось за счет использования асбесто-, торфо-, коллагено-, лигно-, шлам-лигно- и сапропелещелочной затравок, компенсирующих потерю прочности структуры ПЖ из-за недостатка структурообразующих ионов магния. Снижение концентрации магниевых солей, наряду с введением в состав калийсодержащих добавок, предопределяет снижение вязкостных свойств фильтрата ПЖ. Пониженный уровень ингибирующих свойств ПЖ, даже при некотором повышении скорости пропитки, обеспечивается за счет микрополидобавок.

В диссертации приведены примеры разработки безглинистых минерализованных ПЖ, содержащих микрополидобавки, с использованием различных способов оценки ингибирующей способности (по K_p и путем определения $W_{нб}$ и $W_{пр}$).

При разработке рецептур безглинистых минерализованных ПЖ установлено, что для улучшения буримости пород в их состав целесообразно включать лигносульфонатные реагенты, молекулы которых, видимо, обладают способностью под действием внешней нагрузки легко изменять пространственную форму, что обеспечивает фильтрату ПЖ низкие вязкостные свойства.

В пятом разделе диссертации изложены научные и методические основы обеспечения экологической безопасности буровой технологической системы.

Экологическая безопасность буровой технологической системы определяется, прежде всего, объемом и токсичностью обращающихся в ней веществ (материалов, сырья, отходов). Современная практика регламентирования экологической безопасности буровых технологических жидкостей, в частности промывочных, основана на разработке их предельно допустимых концентраций (ПДК) в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (приказ Росрыболовства от 18 января 2010 г. № 2010). При разработке рыбохозяйственных нормативов постулируется, что ПЖ: а) являются смесями постоянного состава, б) имеют соответствующий номер ГОСТа или ТУ, номер госрегистра-

ции, международный код, определяющие свойства этих веществ (количество и качество примесей). Эти утверждения являются ошибочными.

Жизненный цикл буровых промывочных жидкостей включает проектирование, приготовление, использование, кондиционирование и перевод в отходы производства. Как материальный объект ПЖ появляется на этапе приготовления (исходная, кондиционная промывочная жидкость), ее использование заключается в многократном прокачивании через скважину при котором ее состав и свойства изменяются в результате:

- обогащения буровым шламом;
- химических реакций и физико-химического взаимодействия между компонентами дисперсионной среды и дисперсной фазы, а также с породами в стенке скважины (путь циркуляции ПЖ через скважину, которая, по сути, является химическим реактором с повышенными температурой и давлением, составляет несколько километров);
- механохимических процессов в элементах циркуляционной системы, прежде всего в гидромониторных насадках долота.

Разумеется, речь не идет о том, что состав и свойства БПЖ существенно изменяются уже в течение первого цикла циркуляции. Интенсивность снижения качества промывочной жидкости в процессе циркуляции зависит от многих факторов и вопрос лишь в том, когда эти изменения станут экологически значимыми. Сохраняя объективность, следует также отметить, что неизбежное ухудшение технологических свойств не обязательно будет сопровождаться ухудшением и экологических свойств промывочной жидкости. Не исключено, что в результате химических реакций и физико-химических процессов экологические свойства циркулирующей промывочной жидкости улучшатся по сравнению с исходной. Однако изначально это не известно.

В процессе циркуляции из скважины выходит некондиционная промывочная жидкость. Для возвращения исходного качества ее кондиционируют, в том числе, периодически путем химической обработки. Таким образом, можно выделить три состояния промывочной жидкости: исходное, для которого формально норматив ПДК утвержден, а также некондиционное (на выходе из скважины) и кондиционное (после химобработки), для которых норматив ПДК неизвестен.

Норматив ПДК определяется для одного фиксированного значения концентрации компонентов ПЖ, хотя это один из множества возможных вариантов ее рецептур. В проектной и технологической документации на строительство

скважин приводятся интервалы значений концентрации компонентов ПЖ. Перед приготовлением промывочной жидкости на буровой осуществляют обработку ее рецептуры в лаборатории из реагентов и материалов, имеющих на предприятии. Оптимизация рецептуры промывочной жидкости в лаборатории осуществляется по технологическим свойствам, которые, в отличие от экологических, можно оперативно измерить. Таким образом, задача воспроизведения ПЖ в соответствии с рецептурой, указанной в перечне ПДК, не ставится. Поэтому совпадение рецептуры приготовленной буровой (исходной) промывочной жидкости и ее утвержденного аналога — дело случая. Концентрации ингредиентов ПЖ изменяются в широких пределах. Следовательно, существует вероятность того, что экологические свойства фактически используемой промывочной жидкости могут быть хуже ее аналога, указанного в перечне ПДК. Для того, чтобы это исключить, целесообразно было в перечне ПДК привести концентрации ингредиентов БПЖ в виде интервала значений, а величину ПДК указать для самой худшей в этом отношении рецептуры промывочной жидкости. Впрочем, и это не сделает утвержденный норматив ПДК реальным, так как состав и свойства ПЖ в процессе циркуляции изменяются.

Целью разработки рыбохозяйственных нормативов смесевых препаратов является экспертная оценка экологического риска применения препарата, проведение экологической и рыбохозяйственной экспертизы, а также подготовка материалов для предъявления исков за ущерб, нанесенный водным биоресурсам. При оценке ущерба водным биоресурсам сопоставляют фактическую концентрацию веществ в воде с предельно допустимой. Следовательно, процедура разработки и утверждения ПДК для ПЖ имеет практическую ценность только при наличии методик их аналитического контроля в воде. Поскольку, попадая в воду, промывочная жидкость перестает существовать, распадаясь на отдельные компоненты, растворяющиеся и осаждающиеся в воде, то речь может идти о создании методик аналитического контроля не ПЖ в целом, а ее компонентов. Однако и утвержденных в установленном порядке таких методик. Следовательно, напрямую использовать значение ПДК промывочной жидкости при оценке ущерба водным биоресурсам не представляется возможным. Величина ПДК промывочной жидкости характеризует ее потенциальную экологичность на основе исследования только одной из возможных ее рецептур. Некоторая практическая польза от этого, безусловно, есть. Например, зная ПДК, на этапе проектирования можно выбрать промывочную жидкость с меньшим потенциальным ущербом водным биоресурсам. Однако с учетом длительности и трудо-

емкости процедуры разработки и утверждения эколого-рыбохозяйственных нормативов, а также неисчислимого количества существующих рецептур ПЖ такой путь вряд ли можно назвать разумным. На стадии проектирования, видимо, можно ограничиться применением приближенного расчетного способа определения экологичности БПЖ или, если необходим более точный результат, — использовать метод биотестирования. Однако и расчетный способ и биотестирование нуждаются в адаптации к условиям бурения. С этой целью в диссертации приведены результаты исследований технологических отходов бурения. Объектами исследований были отработанная промывочная жидкость (ОПЖ) и буровой шлам (БШ), полученные при бурении скважины № П-1 Южно-Песцового газоконденсатного месторождения Тюменской области. Исследования проводили по общепринятым методикам в Научно-исследовательском институте экологии человека и гигиены окружающей среды имени А.Н. Сысина Российской академии медицинских наук под руководством профессора, д.м.н. З.И. Жолдаковой.

Экспериментально установлено, что исследованная ОПЖ является многокомпонентной смесью, загрязненной химическими элементами и нефтепродуктами, большинство из которых превышает гигиенические ПДК, установленные для воды водных объектов. Безопасное разведение ОПЖ по ее влиянию на органолептические свойства воды определено как 1:111100, на санитарный режим водоемов - на уровне 1:25000. Безопасное разведение ОПЖ по ее влиянию на гидробионты составило 1:4000, поэтому отведение такой ее в водные объекты допустимо только после обезвреживания или разбавления. При этом следует осуществлять контроль по приоритетному показателю вредности – органолептическому, с кратностью разведения чистой водой 1:111 100, а контроль эффективности очистки – по свинцу.

На основании результатов комплексных санитарно-гигиенических экспериментальных исследований по оценке степени токсичности (опасности) БШ из скважины № П-1 установлено, что его следует отнести к 3 классу опасности. БШ представляет значительную опасность, обладает токсическими свойствами и может отрицательно воздействовать на эколого-гигиеническое состояние почвы и окружающую среду в целом и оказывать влияние на здоровье человека.

Установлено, что при биотестировании с предварительным разбавлением технологических отходов бурения водой необходимо учитывать токсичность не только полученной дисперсионной среды, но и дисперсной фазы.

К технологическим отходам бурения в настоящее время относят буровой шлам, буровые сточные воды и отработанные промывочные жидкости. Автором установлено и теоретически обосновано, что при оценке экологической безопасности БТС необходимо учитывать отходы не только промывочной, но и других технологических жидкостей.

В результате приведенных исследований установлено, что единого документа, фиксирующего экологичность веществ и материалов, используемых в бурении, в настоящее время нет. В связи этим в промысловой практике имеют хождение документы локального назначения (Карта токсикологических характеристик, Токсикологический паспорт и т.п.). Основным недостаток таких документов - невозможность сквозного (предприятие - отрасль - федеральные органы контроля и надзора) и комплексного (оценка воздействия на окружающую среду, экологический контроль, сертификация, страхование, аудит и т.д.) их использования. В связи с этим в диссертации разработан Экологический паспорт промывочной жидкости и технологических отходов бурения, который позволит решать весь комплекс вопросов, связанных с использованием веществ и материалов в бурении, в частности: установить единый, обязательный порядок оценки экологичности веществ и материалов, используемых в бурении, и за счет этого повысить экологическую безопасность строительства скважин; улучшить контроль за использованием веществ и материалов в бурении путем фиксирования их экологических характеристик и методов контроля показателей экологичности в экологическом паспорте; повысить достоверность оценки воздействия на окружающую среду и объективность экологической экспертизы проектных решений за счет использования единого подхода к оценке экологичности веществ и материалов, используемых в бурении, на этапах проектирования, согласования и экспертизы проектов; осуществить практическую реализацию экологической сертификации химреагентов для буровых технологических жидкостей.

В диссертации подробно проанализирована практика использования рыбохозяйственных нормативов в бурении. Показано, что основу природоохранных мероприятий в настоящее время составляет контроль соблюдения норм ПДК. Количество новых токсикантов, используемых в буровой практике, увеличивается и действие их смесей на живые организмы трудно предсказуемо. Ввиду того, что в приемлемые сроки невозможно определить аналитическими методами содержание всех представляющих опасность для человека и животных примесей, а ПДК установлены для небольшой части загрязнителей,

оценка техногенного загрязнения водоемов, основанная на гидрохимических показателях, не может считаться достаточной. Главный недостаток гидрохимических методов в том, что ПДК сами по себе не говорят о степени токсичности воды для живых организмов. Токсичность - характеристика биологическая, и не может быть определена без биологического объекта. Биологические методы дают интегральную оценку вреда, вызываемого суммарным действием всех токсикантов с учетом их синергизма и антагонизма. Чтобы выявить реакцию на суммарное содержание токсических компонентов в водной среде сложных биологических систем, в экотоксикологических экспериментах их моделируют более простыми (биотестирование). Поэтому наиболее перспективным для оценки экологичности нетоварных веществ представляется использование метода биологического тестирования.

В настоящее время методик биотестирования, учитывающих специфику обращения веществ в бурении, нет. Поэтому предложено:

- обосновать определяемые путем биотестирования показатели экологичности веществ с целью учета не только токсической, но и других составляющих техногенного воздействия веществ на окружающую среду;
- разработать шкалу оценки уровня техногенного воздействия на объекты окружающей среды по показателям биотестирования (желательно дифференцированную по регионам, чтобы учесть все многообразие и специфику природных факторов);
- разработать методику определения показателей экологичности буровых технологических жидкостей и технологических отходов бурения.

Это позволит осуществлять анализ фактической экологической опасности веществ. При этом процедура анализа экологического риска нетоварных веществ будет основана на сопоставлении измеренного показателя биотестирования и сопоставления его со шкалой уровня техногенного воздействия. Таким образом, вместо утверждаемых в настоящее время экологорыбохозяйственных нормативов для всех используемых нетоварных веществ необходимо утвердить методику биотестирования и критерии уровня техногенного воздействия на окружающую среду.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОодЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Выполнены анализ и сделано обобщение состояния проблемы обеспечения результативности и эффективности бурения скважин. Установлено, что переход на рыночные отношения в России привел к реорганизации производственной деятельности в бурении путем выделения из нефтегазовых компаний буровых предприятий и образования рынка буровых подрядчиков. Однако теория и практика бурения оказались не совсем подготовленными к таким изменениям. Особое отставание проявляется в области методологии обеспечения результативности и эффективности бурения скважин.

2. В результате теоретических и экспериментальных исследований разработана методология повышения результативности и эффективности бурения скважин, основанная на использовании в качестве объекта управления буровой технологической системы (БТС). Введено определение БТС как совокупности функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства технологических процессов и операций по бурению скважины. Разработана структурно-функциональная модель БТС.

3. Научно обоснованы принципы оценки результативности и эффективности бурения скважин, особенностью которых является выделение в качестве объектов оценки технологических процессов бурения и законченной строительством скважины. Это позволяет авторизовать ответственность участников бурения скважины за результаты деятельности и обеспечить последовательное устранение несоответствий. Кроме того, знание персоналом, принимающим участие в бурении скважины, результатов своей деятельности выступает инструментом обратной связи для корректировки своих профессиональных знаний, умений и навыков, а в итоге способствует повышению результативности и эффективности бурения.

4. Предложено использовать количественные показатели функциональности, надежности, безопасности и ресурсоемкости скважин с целью повышения эффективности государственного регулирования безопасности недропользования и рационального использования недр в процедурах оценки соответствия. Макет рабочего проекта на строительство скважины предложено дополнить разделами «Заканчивание скважины», «Анализ и оценка технологического риска» и «Оценка соответствия». На основе раздела «Оценка соответствия» как приложение к договору подряда на строительство скважины, а при необходимости и к субподрядным договорам, рекомендовано разрабатывать «Регламент

оценки соответствия процесса бурения скважины» и «Регламент оценки соответствия законченной строительством скважины» в объеме, необходимом и достаточном для практической реализации оценки соответствия без обращения к другим документам. «Регламент оценки соответствия процесса бурения скважины» является основным документом для бурового супервайзинга, а «Регламент оценки соответствия законченной строительством скважины» – для приемки скважины заказчиком.

5. Разработаны Государственные требования к минимуму содержания и уровню требований к специалистам по дополнительной профессиональной образовательной программе для получения дополнительной квалификации «Специалист технологического контроля и надзора при строительстве скважин (буровой супервайзер)» (регистрационный номер Минобрнауки России ГТПАК 40/03 от 10 мая 2006 г.), а также учебное и методическое обеспечение профессиональной подготовки буровых супервайзеров.

6. Разработана методика оценки разупрочняющей способности буровых технологических жидкостей (БТЖ), которая, в отличие от известных, позволяет учесть отдельно влияние скорости пропитки и набухания дисперсионной среды БТЖ на процесс разупрочнения глинистых пород в стенке скважины. Использование этих показателей позволяет повысить результативность и эффективность технологических решений по сохранению деформационной устойчивости ствола скважины.

7. Экспериментально установлено и теоретически обосновано, что в условиях отсутствия достоверной информации о свойствах глинистых пород в стенке скважины существенно повысить результативность ингибирования их разупрочнения можно путем введения в промывочную жидкость микрополидобавок, представляющих собой смесь ингибиторов разупрочнения различной природы. Новизна созданных рецептур реагентов и БТЖ подтверждена 26 авторскими свидетельствами и патентами на изобретения.

8. При оценке экологической безопасности БТС предложено учитывать объемы отходов не только промывочной, но и других технологических жидкостей, а оценку экологичности веществ осуществлять с учетом изменения их состава и свойств в процессе циркуляции через скважину. С целью оценки экологичности веществ методом биологического тестирования вместо утверждаемых в настоящее время эколого-рыбохозяйственных нормативов предложено разработать методику биотестирования и критерии уровня техногенного воздействия на окружающую среду.

Основные опубликованные работы по теме диссертации

Основное содержание диссертационной работы изложено в 131 публикации, в том числе в 3 монографиях, 9 учебных пособиях, 74 статьях, 19 тезисах докладов и 26 описаниях изобретений. Ниже приведены статьи только в изданиях, рекомендованных ВАК, перечень тезисов докладов и описаний изобретений не приводится.

Монографии

1. Балаба В.И., Коновалов Е.А., Колесов А.И. Проблемы экологической безопасности использования веществ и материалов в бурении /Обз. информ. Сер. Охрана человека и окружающей среды в газовой промышленности. - М.: ИРЦ Газпром, 2001. - 93 с.
2. Балаба В.И., Василенко И.Р., Владимиров А.И., Гарин Ю.Р., Кершенбаум В.Я., Михайличенко А.В. Промышленная безопасность строительства и реконструкции скважин. Научное издание. - М.: Национальный институт нефти и газа, 2006. - 456 с.
3. Балаба В.И., Дунюшкин И.И., Павленко В.П. Промышленная безопасность добычи нефти и газа: Научное издание. - М.: МФ «Национальный институт нефти и газа», 2008. - 544 с.

Учебные пособия

1. Балаба В.И. Амбарная технология сбора и хранения отходов бурения: Методические указания. - М.: ГАНГ им. И.М. Губкина, 1996. - 31 с.
2. Ангелопуло О.К., Балаба В.И., Колтыгина Т.И. Экологические проблемы строительства скважин: Учебно-методическое пособие. - М.: ГАНГ, 1996. - 41 с.
3. Балаба В.И., Чеканов А.В. Производственный травматизм в бурении: Учебное пособие. - М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 1999. - 84 с.
4. Балаба В.И. Технологический риск в бурении. Консервация и ликвидация скважин: Учебное пособие. - М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. - 47 с.
5. Балаба В.И. Общие требования промышленной безопасности: Учебное пособие. - М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. - 70 с.
6. Балаба В.И., Ведищев И.А. Практическая подготовка студентов-буровиков: Учебное пособие. - М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2005. - 42 с.
7. Балаба В.И. Безопасность технологических процессов бурения скважин: Учебное пособие: В 2 частях. - М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2007. - Ч. 1. - 296 с.
8. Балаба В.И., Дунюшкин И.И., Павленко В.П. Безопасность технологических процессов добычи нефти и газа: Учебное пособие. - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008. - 477 с.

9. Балаба В.И. Управление качеством в бурении: Учебное пособие. - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008. - 448 с.

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК России для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени доктора наук

1. Балаба В.И., Колесов А.И. Оценка экологической безопасности веществ, используемых в бурении // Газовая промышленность, 1998. - № 11 - С. 48 - 51.
2. Коновалов Е.А., Ноздря В.И., Балаба В.И., Лыгач В.Н. Гидроизолирующие составы для борьбы с осложнениями в скважинах // Газовая промышленность. - 1998. - № 12. - С. 28-30.
3. Балаба В.И. Об оценке экологического риска использования нетоварных веществ в бурении // Нефтяное хозяйство. - 2000. - № 7. - С. 81-83.
4. Балаба В.И. Нетоварные вещества как фактор безопасности производственной деятельности//Безопасность жизнедеятельности. - 2002. № 6. - С. 22-25.
5. Балаба В.И. Обеспечение экологической безопасности строительства скважин на море // Бурение и нефть. - 2004. - № 1. - С. 18-21.
6. Богатырева Е.В., Балаба В.И. Управление безопасностью персонала на этапе проектирования нефтегазовых платформ арктического шельфа // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2004. - № 2. - С. 8-12.
7. Балаба В.И. Экологическая безопасность технологического процесса промывки скважин // Бурение и нефть. - 2004. - № 3. - С. 36-38.
8. Балаба В.И., Михайличенко А.В. Гель-технология профилактики опасных технологических событий в скважинах // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2004. - № 3-4. - С. 78-79.
9. Ангелопуло О.К., Балаба В.И., Ведищев И.А. Строительство скважин нуждается в специалистах высокого качества // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2005. - № 1-2. - С. 30-34.
10. Балаба В.И. Техническое регулирование производства и обращения химической продукции // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2005. - № 3. - С. 21-26.
11. Балаба В.И. Инспекционный контроль как способ обеспечения промышленной безопасности // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2005. - № 3. - С. 30-34.
12. Балаба В.И. Обеспечение промышленной и экологической безопасности обращения веществ при строительстве скважин//Бурение и нефть. - 2005. - № 3. - С. 47-49.

13. Балаба В.И. Инспекционный контроль и буровой супервайзинг как формы оценки соответствия // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2005. - № 4. - С. 19-26.
14. Балаба В.И. Управление качеством и оценка качества скважин // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2006. - № 2. - С. 7-15.
15. Балаба В.И. Технология очистки горизонтального участка ствола скважины от шлама // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2006. - № 3. - С. 55-56.
16. Балаба В.И. Техническое регулирование в нефтегазовой промышленности // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2006. - № 4. - С. 17-21.
17. Балаба В.И. Техническое регулирование производственной деятельности // Нефть, газ, бизнес. - 2006. - № 11. - С. 55-59.
18. Балаба В.И. Оценка качества скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2006. - № 12. - С. 2-8.
19. Балаба В.И. Техническое регулирование: еще одна попытка // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2007. - № 2. - С. 15-17.
20. Балаба В.И. Экологический камень преткновения // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2007. - № 4. - С. 24-25.
21. Балаба В.И. Обеспечение качества подготовки специалистов-буровиков // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2008. - № 2. - С. 27-30.
22. Балаба В.И. Аттестация руководителей и специалистов нефтегазовой отрасли в области обеспечения экологической безопасности // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2008. - № 2. - С. 60-63.
23. Балаба В.И. Технические регламенты: начало положено // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2008. - № 3. - С. 21-23.
24. Балаба В.И. Требования промышленной безопасности как источник опасности // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2008. - № 3. - С. 38-41.
25. Балаба В.И. Учить специалистов-буровиков управлению качеством // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2008. - № 4. - С. 24-27.
26. Балаба В.И. Новая версия стандарта OHSAS 18001 // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2008. - № 4. - С. 50-54.
27. Кершенбаум В.Я., Балаба В.И., Гинзбург Э.С., Дубицкий Л.Г. Нанотехнологии как фактор обеспечения конкурентоспособности нефтегазового комплекса России // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2009. - № 1. - С. 50-53.
28. Балаба В.И. Учить обеспечению безопасности технологических процессов // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2009. - № 2. - С. 55-59.

29. Балаба В.И. Саморегулирование как инструмент соуправления качеством в бурении // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2009. - № 3. - С. 24-26.
30. Балаба В.И. Саморегулирование в бурении // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. - 2009. - № 3. - С. 22-26.
31. Балаба В.И. Техническое регулирование реконструкции и капитального ремонта скважин // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2009. - № 4. - С. 27-35.
32. Балаба В.И. Оценка соответствия при строительстве скважин // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2010. - № 1. - С. 41-46.
33. Балаба В.И. Системно-процессное управление строительством скважин // Наука и техника в газовой промышленности- 2010. - № 1. - С. 45-47.
34. Балаба В.И. Реконструкция или капитальный ремонт скважин? // Нефтяное хозяйство. - 2010. - № 1. - С. 17-21.
35. Балаба В.И. Экологические требования к промывочным жидкостям при бурении на море // Бурение и нефть. - 2010. - № 2. - С. 54-58.
36. Балаба В.И. Концепция управления качеством при строительстве скважин // Бурение и нефть. - 2010. - № 3. - С. 54-58.
37. Балаба В.И. Нормативные документы нужно актуализировать // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. - 2010. - № 2. - С. 41-46.

Соискатель

В.И. Балаба