

**АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА**

*На правах рукописи*

**РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СОСТАВОВ БУРОВЫХ  
РАСТВОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА БУРЕНИЯ  
СКВАЖИН В ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЕ  
КАЗАХСТАНА**

Специальность: 2523.01 – Технология бурения скважин

Отрасль науки: Технические науки

Соискатель: **Исламов Хабден Максутович**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание учёной степени  
доктора философии

**Баку – 2024**

Диссертационная работа выполнена в Казахском научно-исследовательском геологоразведочном нефтяном институте «КазНИГРИ» и научно-исследовательском и проектном институте «Нефтегаз» SOCAR

**Научный руководитель:** Доктор технических наук, доцент  
**Эльчин Ариф оглы Кязимов**

**Официальные оппоненты:** Доктор технических наук, профессор  
**Юсиф Мурад оглы Кулиев**  
Кандидат технических наук, доцент  
**Самед Али-Искендер оглы Рза-заде**  
Доктор философии по технике  
**Анар Сиясат оглы Мамедов**

Диссертационный совет ED 2.03 Высшей Аттестационной Комиссии при Президенте Азербайджанской Республики, действующий на базе Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности

Председатель диссертационного совета: \_\_\_\_\_ Доктор технических наук, доцент  
**Ариф Алекпер оглы Сулейманов**

Ученый секретарь диссертационного совета: \_\_\_\_\_ Доктор философии по технике, доцент  
**Елена Евгеньевна Шмончева**

Председатель научного семинара: \_\_\_\_\_ Доктор технических наук, доцент  
**Эльдар Мамед оглы Сулейманов**

Подписи подтверждаю:  
Ученый секретарь АГУНЦ, кандидат технических наук, доцент  
\_\_\_\_\_ **Нарминя Турдан кызы Алиева**



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность темы и степень разработки.**

При строительстве скважин в Прикаспийской впадине Казахстана важнейшее значение имеют вопросы совершенствования составов буровых растворов особенно, при бурении сложных геологических разрезов, которые характеризуются повышенными поровыми, пластовыми давлениями и температурами, наличием соленосных и высоко коллоидных глинистых отложений, легко переходящих в циркулирующий раствор.

Основными задачами, стоящими при бурении этих скважин, является сохранение устойчивости ствола, обеспечение выноса шлама, ликвидация затяжек и прихватов бурильной колонны. Главная роль в решении данных проблем принадлежит буровым растворам, которые должны обладать высокими ингибирующими, смазочными и реологическими свойствами.

Одним из основных направлений в совершенствовании рецептур буровых растворов является применение полимерных реагентов, улучшающих их технологические показатели путем выбора оптимальной концентрации, оценки условий их применения с другими компонентами.

Как правило, при бурении и вскрытии перспективных горизонтов в Прикаспийской впадине Казахстана широко применяются глинистые, глинисто-гидрогелевые, малосиликатные, нефтеэмульсионные, ингибирующие, гуматные, гидрогелевые буровые растворы, а также растворы, получаемые конденсацией гидроксидов магния из рассолов карналлита или бишофита. Последние, в основном, представляют собой высокоминерализованные суспензии, в которых единственной или дополнительной структурообразующей фазой в процессе приготовления бурового раствора являются конденсированные, нерастворимые соединения поливалентных металлов (гидроксиды, силикаты, карбонаты и т. д.). Кроме этого, применяются полимерные

растворы безглинистые и с малым содержанием твердой фазы. Однако указанные полимерные растворы не всегда способствуют решению поставленных задач, так как при бурении скважин наблюдается их осложнение особенно прихват инструмента и затяжки. Для повышения эффективности бурения предлагается внедрение буровых растворов на основе ксантановой смолы и лигносульфонатного полимера, что является весьма актуальным, так как при этом улучшаются технологические показатели бурового раствора, увеличивается скорость бурения, снижается количество осложнений, уменьшается расход химических реагентов, которые имеют важное народнохозяйственное значение.

**Цель и задачи исследования** – разработка эффективных составов буровых растворов для повышения качества бурения скважин в Прикаспийской впадине Казахстана.

**Основные задачи исследования:**

- поиск и изучение компонентного состава буровых растворов, приготовленных на основе новых реагентов с целью их внедрения на разведочных площадях казахстанской части Прикаспийской впадины;

- разработка буровых растворов с комбинированием реагентов ксантановой смолы и лигносульфоната;

- разработка рецептур буровых растворов с применением полимеров, способных регулировать их технологические параметры, путем снижения реологических свойств и позволяющих уменьшить проникновение жидкости в пласт;

- внедрение рецептур малоглинистых и безглинистых (полимерных) буровых растворов, обработанных полимерами комплексного действия на разведочных площадях юго-востока Прикаспийской впадины Казахстана.

**Методы исследования.**

Поставленные задачи решались путем проведения лабораторных и промысловых исследований, обработкой полученных результатов с помощью статистических методов и внедрением новых разработок на бурящихся скважинах.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Рецептура бурового раствора на основе ксантановой смолы и лигносульфоната, способствующая улучшению технологических показателей бурения глубоких скважин в соленосных отложениях;

2. Состав ингибированного бурового раствора для бурения неустойчивых горных пород;

3. Состав малоглинистого бурового раствора для бурения терригенных пород в осложненных условиях.

### **Научная новизна исследования:**

- разработан состав биополимерного бурового раствора на основе ксантановой смолы и лигносульфоната для бурения соленосных отложений.

- разработан ингибированный буровой раствор для сохранения устойчивости стенок скважин в процессе бурения скважин;

- разработан состав бурового раствора с малым содержанием твердой фазы для бурения терригенных пород в осложненных условиях.

### **Практическая значимость результатов работы.**

Разработаны методические и научно-практические рекомендации по выбору оптимальных рецептур буровых растворов для поддержания технологических параметров, которые внедрены в сложных горно-геологических условиях Прикаспийской впадины Казахстана на участках Восточный Молдабек, Бурбайтал, Кажигали-4 и Тобеарал, получен экономический эффект на сумму 4,4 тыс. \$ на 1 м<sup>3</sup> объема бурового раствора.

Разработан новый буровой раствор для бурения соленосных отложений (Инновационный Патент Республики Казахстан № 23529).

### **Апробация работы.**

Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались:

- на VII Международной научно-практической конференции. Астрахань, 2008 г.;

- на Международной научно-практической конференции «Современные проблемы нефтегазового комплекса Казахстана», г. Актау, 2011 г.;

- на Международной научно-практической конференции «Казанская ярмарка» в «Татнефтехиминвест-холдинг», ОАО «ТАИФ», ЗАО «Нефтеконсорциум», Татарстанском отделении ЦКР Роснедра по УВС, ОАО, Казань, 2-3 сентября 2015 г.

#### **Публикации.**

Основные результаты диссертации опубликованы в 20 научных работах, из которых 16 статей, 3 тезиса и 1 патент Республики Казахстан.

#### **Наименование учреждения, в котором выполнена диссертационная работа.**

Работа выполнена в Казахском научно-исследовательском геологоразведочном нефтяном институте «КазНИГРИ» и научно-исследовательском и проектном институте «Нефтегаз» Государственной Нефтяной Компании Азербайджанской Республики.

#### **Структура и объем работы.**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов и приложений. Работа изложена на 214 листах машинописного текста, содержит 51 таблицу и 31 рисунок, в том числе первая глава включает 33299 знаков, вторая глава - 74355 знаков, третья глава - 17873 знаков, четвертая глава - 38776 знаков. Вся работа включает 175474 знака. Список использованной литературы включает 191 наименований.

Автор считает своим долгом выразить признательность научному руководителю, лауреату премии ЮНЕСКО в области науки, доктору технических наук, доценту Э.А. Кязимову и директору департамента геологии ТОО КазНИГРИ к.г.-м.н. Л.В. Шестоперовой, оказавшим неоценимую помощь при выполнении диссертационной работы.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность рассматриваемой проблемы, сформулированы цели и задачи диссертационной работы, основные научные положения, их достоверность, показана научная новизна и практическая ценность результатов исследования.

**В первой главе** приведены сведения о геологическом строении, литолого-стратиграфических особенностях разрезов и нефтегазоносности южной и юго-восточной частей Прикаспийской впадины Казахстана с учетом степени минерализации пластовых вод (Таблица 1). В связи с этим предложены методологические принципы разработки и управления свойствами буровых растворов в осложненных условиях Казахстана. Отмечено, что при взаимодействии бурового раствора с горными породами, находящимися в напряженно-деформированном состоянии, из-за внутренних напряжений происходит возникновение макро- и микротрещин в структуре пород, наблюдается их увлажнение с потерей прочностных свойств. В связи с этим, интенсифицируются процессы, приводящие к ползучести и обрушению стенок скважины. При этом целесообразно то, чтобы буровой раствор и его фильтрат, проникая в поровое пространство и трещины породы, замедляли вышеуказанные процессы.

Следовательно, при выборе типа и состава бурового раствора для прохождения неустойчивых отложений необходимо акцентировать внимание не только на его стойкость к термостарению, солевой агрессии, но и его способности замедлять процессы разупрочнения и ползучести породы при ее контакте с раствором. С этой целью были проведены экспериментальные исследования, при которых искусственный керн готовился в стальной матрице путем прессования минеральных порошков заданного состава.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Казымов, Э.А., Исламов, Х.М. Разработка эффективных составов буровых растворов для повышения качества бурения скважин. // SOCAR Proceedings, - 2023, - № 1, - с.19-25.

Керн в процессе испытания находился в объемно-напряженном состоянии, создаваемом двумя пуансонами и матрицей. По изменению продольной деформации керна качественно оценивали устойчивое состояние породы под действием бурового раствора. Путем измерения диаметра "искусственной скважины" оценивали конечный результат воздействия раствора на породу по образованию каверн и сужений. Исследования выполнялись при температуре и давлении, соответствующим глубине залегания исследуемой породы. Образцы горной породы испытывались на одноосное сжатие для оценки действия полимерных реагентов, которые применялись для пропитки породы с целью ее упрочнения и снижения проницаемости.

**Таблица 1**

**Минералогический состав пластовых вод по площадям Прикаспийской впадины Казахстана**

Площадь	Содержание солей, г/л					
	Общее	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	SO <sup>2-</sup> <sub>4</sub>
Айранкол	3,50	0,26	0,28	нет	2,94	0,02
Котыртас Северный	3,85	2,4	0,2	0,05	1,2	-
Восточный Молдабек	72,18	59,1	3,4	0,122	9,5	0,05
Жанаталап	108,0	67,45	3,0	1,82	24,57	0,24
Кисимбай	20,0	11,2	0,4	0,9	7,5	-
Каратобе- Бурбайтал	255,1	161,0	0,35	8,98	83,9	-
Маткен	4,0	2,52	0,04	0,03	1,41	-
Жубантам- Жусалысай	179,0	57,3	1,06	5,7	81,34	33,6
Мунайлы	312,2	163,3	6,53	2,0	132,6	7,89



В результате прессования частиц порошка образовалось тонкопористое твердое тело, состоящее из твердых минеральных частичек. При увлажнении или пропитке керна жидкостью, проникающей в такие контакты, происходило ослабление связей между частичками, вследствие чего прочностные показатели керна и время его устойчивого состояния в среде раствора резко изменялась. В качестве исходного материала для приготовления искусственных кернов был выбран галит (крупнозернистая каменная соль, техническая).

Галит выбирался исходя из того, что 50 % составляющих солевых отложений, является именно хлористый натрий, остальное - ангидрит. Глинистая составляющая подсолевых отложений представлена смешаннослойным минералом типа гидрослюда-монтмориллонит, являющегося наиболее неустойчивой составляющей породы. В среде бурового раствора гидрослюда проявляет интенсивную ползучесть и быстро разрушается. Содержание гидрослюда в породе не превышало 5 %. Для повышения чувствительности опытов образцы кернов готовились из 100% галита, отобранного из скважин Волго-Уральской нефтегазоносной провинции и Московской синеклизы. Естественные керны, отобранные с глубины 4000 м, измельчались в шаровой мельнице. Полученные пробы смешивались между собой. Смесь просеивалась через сито и делилась на равные весовые части, из которых методом прессования изготавливались искусственные образцы.

Напряжение прессования выбиралось из расчета создания геостатического давления, соответствующего глубине 3500 - 4000 м.

Для проведения экспериментальных исследований требовался естественный керновый материал, однородный по химико-минералогическому составу, физико-механическим свойствам и с одинаковыми габаритными размерами. Поэтому, все исследования по устойчивости горной породы в среде бурового раствора проводились на искусственных образцах,

имеющих однородный минералогический состав, одинаковые физико-механические показатели, в частности габаритные размеры, влажность, размер частиц.

Это позволяло получать более достоверную качественную картину ползучести и устойчивости горной породы в среде раствора с меньшим процентным разбросом данных. Получены данные о прочностных свойствах естественных кернов, отобранных из солевых отложений в скв. Елемес – 4 и искусственных кернов, приготовленных из технической каменной соли с размером частичек от 1 до 3 мм.

Исследования позволили зафиксировать непрерывный процесс изменения свойств керна, включающий деформацию сжатия, деформацию растяжения (при набухании), равновесное состояние и ползучесть материала, включая момент разрушения структуры породы.

Проводились исследования по определению устойчивости кернов из галита в среде буровых растворов на водной и углеводородной основах. В опытах с галитом величина осевого нагружения на образец составляла 51,4 % от предела прочности керна на сжатие и равнялась 12,6 МПа.

Результаты опытов показали, что наибольшим разупрочняющим действием обладают минерализованный глинистый раствор, гидрогель магниевый раствор и рапа, так как по эффекту действия они одинаковы. Максимальное время устойчивого состояния кернов в их среде не превышает 0,05 часа, скорость ползучести кернов в среде этих растворов более 100 мм/ч. Наименьшее разупрочняющее действие оказывает буровой раствор на углеводородной основе - ИБР.

Испытания показали, что самая высокая устойчивость и минимальная скорость ползучести галита наблюдается в среде буровых растворов на углеводородной основе (скорость ползучести колеблется 0,216 мм/ч, время устойчивого состояния - 29 часов). Для сравнения буровых растворов на водной основе, опыты проводились с минерализованным глинистым раствором, рапой, отобранной из скважины Елемес - 4 с глубины 3900 м и гидрогель магниевым раствором.

В среде лучшего из этих растворов – гидрогель магниевый, скорость ползучести галита достигает 84 мм/ч, а время устойчивого состояния 2,8 часа. В среде машинного масла время устойчивого состояния галита еще выше и составляет 53 часа. Полученные результаты исследований позволяют дать сравнительную оценку эффективности влияния различных типов буровых растворов на устойчивость горных пород в пристволенной зоне скважин.

Влияние технологических жидкостей на состояние стволов скважин оценивалось, в основном, по бурению и расширению скважин и изменению свойств буровых растворов в процессе проводки скважин. По мере углубления скважины растворы определяются до уровня, регламентируемого геологическими условиями и устойчивостью ствола скважины.

Исследования показали, что при применении полимерных растворов без твердой фазы, коэффициенты изоляции в зависимости от начальной проницаемости керна составляют 59,7 - 99,7 %.

Следовательно, создается экранирующая перегородка, которая препятствует проникновению фильтрата и глинистых частиц в пласт и тем самым создаются благоприятные условия качественного вскрытия продуктивных пластов.

Восстановление нефтепроницаемости кернов после фильтрации полимерного бурового раствора селективного действия выше, чем после фильтрации глинистых буровых растворов. Это было подтверждено при проводке скважины Елемес-3 на полимерном буровом растворе, где с глубины 2775 м был получен приток нефти.

Химическая обработка буровых растворов специальными реагентами обусловлена требованиями технологии проводки глубоких скважин. Эти требования, прежде всего, заключаются в нормировании вязкости, водоотдачи, структурно-механических показателей, плотности влияния промысловых сред на бурение, вскрытие и освоение продуктивных пластов.

К растворам массового применения предъявляются сейчас новые требования, связанные с расширением их функций.

Задачей является не только обеспечить нормальные, безаварийные условия проводки скважин, но и положительным образом влиять на бурение, улучшать механические скорости и проходки на долото. Более четко можно сформулировать и требования к реологическим свойствам растворов. Для улучшения бурения и надлежащей очистки забоя, предотвращающей повторное измельчение выбуренной породы, необходимы регулируемая реология и тиксотропия растворов. Это способствует также уменьшению гидравлических потерь и передаче, тем самым большей гидравлической мощности турбобуру и долоту.

Основные задачи, стоящие в настоящее время перед химической обработкой буровых растворов, сводятся к созданию новых средств и методов, которые обеспечили бы приготовление эффективных, доступных и относительно дешевых растворов для бурения.

В Прикаспийской впадине Казахстана для решения задач, связанных с загущением бурового раствора исследуются и внедряются различные реагенты – разжижители буровых растворов. Существующие реагенты понизители вязкости (лигнины и модифицированный феррохромовый лигносульфонаты) в обычных случаях обеспечивают выполнение этой задачи, тем более что усовершенствование средств промывки позволяет снизить требования к удерживающей способности растворов, хотя в определенных случаях, например, при проходке осыпающихся пород она сохраняет значение. Наиболее используемая группа химических реагентов для обработки буровых растворов, это реагенты – понизители водоотдачи (КМЦ-ASM/60, Форалис-380П, Родопол-23П, модифицированный крахмал IM-Lose, Дуовис, Полисал, Деско и биополимером ксантановой смолы.). Эти реагенты предназначены для сложных условий бурения, в глинистых сланцах, хемогенных отложениях, а также при высоких забойных температурах.

Учитывая вышеизложенное, можно выделить следующие этапы разработки и управления свойствами буровых растворов в

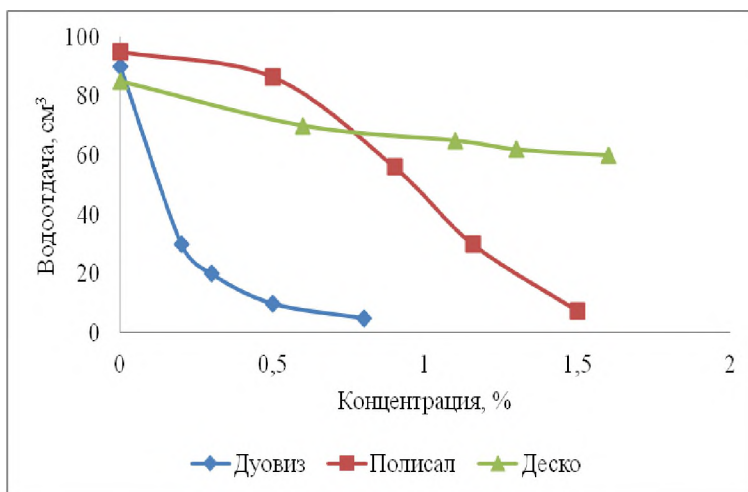
осложненных условиях Прикаспийской впадине Казахстана: 1. Поиск и изучение компонентного состава буровых растворов, приготовленных на основе новых реагентов с целью их внедрения на разведочных площадях. 2. Разработка рецептур буровых растворов с применением полимеров, способных улучшить технологические параметры путем снижения реологических свойств и позволяющих уменьшить проникновения жидкости в пласт, а также с комбинированием реагентов ксантановой смолы и лигносульфаната. 3. Внедрение рецептур буровых растворов, обработанных полимерами комплексного действия на разведочных площадях юго-востока Прикаспийской впадины Казахстана.

**Вторая глава** посвящена разработке и экспериментальному исследованию биополимерного бурового раствора с малым содержанием твердой фазы. С этой целью проведены исследования по изучению свойств буровых растворов на основе ксантановой смолы. Опыты с ксантановой смолой осуществлялись, как на водах различной минерализации, так и в широком спектре концентраций самого реагента, а также глинистой и утяжеляющей твердой фракции. В состав бурового раствора добавлялись ингибирующие соли хлорида калия и кальция. В частности, исследования влияния биополимера Родопол - 23П на свойства бурового раствора показали, что реагент является активным стабилизатором, позволяющий снизить водоотдачу бурового раствора.<sup>2</sup> Особенно, при концентрациях 0,2-0,5 % достигается снижение водоотдачи бурового раствора до 8-10 см<sup>3</sup> за 30 минут. С введением бентонитового глинопорошка и баритового утяжелителя существенно ухудшаются реологические показатели бурового раствора. Также проведены сравнительные анализы с полимерами Дуовиз и Деско по влиянию на показатель водоотдачи (Рисунок 1).

---

<sup>2</sup> Исламов, Х.М. Влияние биополимера Родопол - 23П на свойства бурового раствора. // Вестник Астраханского государственного технического университета. - 2007, - №6, - с. 42-44.

Экспериментальными исследованиями установлено, что разжижающее действие реагента Родопол-23П начинает проявлять при концентрации выше 0,2 %, а при содержании 0,3% он проявляет загущающее действие. Реагент способствует формированию плотных, тонких, эластичных с низкими фрикционными свойствами фильтрационных корок. Минимальный коэффициент трения корки достигается при концентрации 0,2 % и составляет 0,0187. С ростом процентного содержания он стабилизируется на уровне 0,0364. В дальнейшем снижение происходит плавно и после концентрации 0,5 % и выше практически не меняется, при значении водоотдачи на уровне 8,0 см<sup>3</sup>/30 мин.



**Рисунок 1. Изменение водоотдачи бурового раствора от концентрации ксантановой смолы**

Как с точки зрения сохранения устойчивости проходимых глинистых и соленосных пород, так и повышения технико-экономических показателей бурения, подбор компонентов и технология приготовления бурового раствора являются весьма актуальными для месторождений Западного Казахстана.

Установлено, что комплексное ингибирование солями натрия и калия не только повышают эффективность ингибирования глинистых пород, но и облегчают регулирование технологических показателей бурового раствора.

В связи с этим при разработке рецептур буровых растворов, предназначенных для бурения в осложненных интервалах, необходимо предусматривать наличие в фильтрате достаточного количества ингибирующих добавок. Выявлено, что в условиях потери устойчивости стенок скважин, расход ксантановой смолы для снижения фильтрации значительно ниже по сравнению с КМЦ-350 (в 4 раза) и Полисал (в 3 раза).<sup>3</sup>

Это подтвердилось и при проводке скважины в трещиноватых аргиллитах на пл. Южный Тюбкараган-3. На глубине 3018 м в пермо-триасовых отложениях, сложенных аргиллитами, использование гуматного бурового раствора привело к серьезным осложнениям, связанным с неустойчивостью стенок скважины. После неоднократной попытки повышения плотности раствора, снижая фильтрацию, не было возможным ликвидировать осложнение. Увеличение концентрации электролитов в водной фазе бурового раствора было затруднено из-за нестойкости гуматов к солям. Поэтому в дальнейшем для ликвидации осложнений был использован ингибированный буровой раствор, водная фаза которого была представлена солями калия. Это позволило завершить проводку скважины до проектной глубины без дополнительных осложнений и аварий.

В качестве стабилизаторов применялись химические реагенты – понизители водоотдачи КССБ-2 и КМЦ-350. При этом концентрации ингибированных катионов в растворе находились в следующих значениях:  $Mg^{2+}$  – 0,16 г/л,  $Ca^{2+}$  – 3,6 г/л,  $K^{+}$  – 7,5 г/л.

Опыт бурения на данной площади показал, что для успешной проводки скважины необходимо учитывать не только

---

<sup>3</sup> Исламов, Х.М. Оптимизация ингибированного хлоркалийевого полимерного раствора на основе Дуовиз, Полисал, Деско. // Нефть и газ, - 2008, - №2, - с. 21-27.

малое значение фильтрации, повышение плотности бурового раствора, но и наличие в его составе компонентов, обеспечивающих высокую степень ингибирования. При этом следует отметить, что ингибирующее воздействие обусловлено заменой ионов натрия или кальция ионами калия в глинистых частицах и фиксацией ионов калия на кристаллической решетке разбухающих глин.

Укрепление глины определяется относительно небольшим размером гидратированного иона калия, который внедряется в состав глины, прочно связывая соседние поверхности и препятствуя тем самым процессу гидратации. Фиксация ионов происходит вследствие уменьшения свободного пространства в кристаллической решетке. Низкая энергия гидратации ионов калия также способствует созданию условия для образования упрочненной структуры. Такая структура усиливает связность глинистых частиц, предотвращает налипание шлама на элементы буровой колонны, уменьшает вероятность возникновения прихвата инструмента в результате адгезионного взаимодействия, а также способствует сохранению коллекторских свойств продуктивной зоны.

Проводились экспериментальные исследования с использованием полимер конденсированного лигносульфонатного реагента (КЛСП) в качестве добавки к буровым растворам на пл. Бурбайтал, Айранколь. Реагент получали модифицированием лигносульфонатов солями поливалентных металлов и органическими многоатомными спиртами. По внешнему виду реагент является вязкой жидкостью темно-коричневого цвета, со специфическим запахом и плотность при 20° С не менее 1140 кг/м<sup>3</sup>. Массовая доля сухих веществ составляет не менее 47 %, рН=4,5.

Отсутствие редуцирующих веществ в лигносульфонатных полимерах основной фактор повышения термостойкости. В ходе лабораторных исследований выяснилось, что реагент является эффективным регулятором вязкости и не ухудшает фильтрационные свойства. Новый реагент повышает качество бурового раствора, проявляет себя, как интенсивный



разжижитель, приводящий к стабилизации его параметров, а также регулированию статического и динамического напряжений сдвига. Реагент имеет высокие ингибирующие свойства, препятствует набуханию глин, увеличивает устойчивость стенок скважин, а за счет смазывающего компонента уменьшает трение между стенками скважины и бурильными колоннами.

Присутствие лигносульфанатного реагента в составе бурового раствора обуславливает низкую вязкость даже при высоких концентрациях твердой фазы. Это объясняется тем, что данный реагент обладает значительным смазывающим эффектом при соприкосновении с глинистыми материалами, способностью образовывать прочные, эластичные адсорбционные пленки с высокими экранирующими свойствами по отношению к электрическим зарядам. Поэтому даже при высокой концентрации твердых материалов в буровом растворе не происходит агрегация частиц.

Добавка КЛСП почти не влияет на плотность бурового раствора и при введении до 10 % снижаются вязкость и одновременно водоотдача бурового раствора, а толщина фильтрационной корки снижается с 1,5 мм до 0,5 мм.

Химическая обработка бурового раствора на пл. Бурбайтал 5% реагентом КЛСП подтвердили разжижающую способность в менее выраженной форме, что объясняется высокой минерализацией бурового раствора. Таким образом, на основании проведенных экспериментальных и промышленных исследований можно отметить хорошую совместимость КЛСП с другими реагентами, и при этом реагент КЛСП наряду с разжижающей способностью, обладает свойствами регулятора водоотдачи буровых растворов.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Умралиев, Б.Т., Исламов, Х.М., Рахметов, Р.Н. Влияние конденсированного лигносульфанатного полимера на технологические параметры бурового раствора. // Нефть и газ, - 2007, - №2, - с. 56-57.

Повышение концентрации реагента с 5 % до 10 %, при постоянном содержании твердой фазы раствора, приводит к стабилизации реологических и фильтрационных показателей растворов.

Рассматривалась возможность регулирования свойств буровых растворов, содержащих Родопол-23П с КЛСП при их совместном использовании. Выявлено, что комбинируя реагенты с различными активными группами, можно усилить действие необходимых свойств раствора, что является решающим фактором в процессе стабилизации параметров буровых растворов. Опыты показали, что использование комбинированной обработки позволяет значительно сократить расход основного стабилизатора и улучшить показатели растворов. Это приводит к улучшению технологических свойств бурового раствора и при этом повышаются технико-экономические показатели всего цикла бурения скважины.

Внедрение этих рецептов также обеспечили безаварийную проводку скважин в условиях бурения легко осыпающихся пород на разведочных площадях юго-востока Прикаспийской впадины Казахстана. При этом регулировались и поддерживались параметры бурового раствора систематической обработкой бурового раствора за счет использования комбинированного реагента, оказавшего минимального отрицательного воздействия на окружающую среду с существенным снижением количества осложнений и аварий.

С использованием реагента Родопол-23П были разработаны и внедрены новые рецепты буровых растворов для скв. № 256, 1215 и 2029 пл. Восточный Молдабек.

Первый состав раствора состояла из 20 % бентонитовой глины, 0,2 % каустической соды, 0,25 %, Родопол-23П, 6 % КС1, 2,5 % КССБ - 2М, 3 % реагента - пеногасителя Т-80 (94) и технической воды.

Предложенные составы буровых растворов, с низким содержанием твердой фазы, представляли собой водные растворы высокомолекулярных полимеров с добавками

бентонита. Содержание полимера в буровом растворе составляли 0,2 - 0,5 %, а бентонитовой фракции 2,0 - 5,0 %.

**В третьей главе** применен метод планирования эксперимента для выбора оптимальной концентрации ксантановой смолы с целью обработки буровых растворов. Также использован метод Бокса-Уилсона для выбора оптимальной концентрации комбинированного реагента, состоящего из лигносульфонатного полимера и ксантановой смолы, позволяющего регулирование структурно-механических и коллоидно-химических показателей буровых растворов в осложненных условиях бурения.

Установлено, что оптимальная концентрация полимера, позволяющего максимальное снижение показателя водоотдачи малоглинистых буровых растворов, составляет 0,3-05%-ов, а реагента - понизителя вязкости 5-10%.

**В четвертой главе** приведены результаты промышленных испытаний комбинированных реагентов Родопол - 23П и КЛСП на скв. №№ 210, 236, 256 участка Восточный Молдабек месторождения Кенбай, литологический разрез которых состояли из пластичных глин. Испытания проводились в интервале бурения 0 - 450м. В процессе бурения с использованием бурового раствора на полимерной основе раствор обогащался высококоллоидальной глинистой фракцией, приводящей к резкому повышению его условной вязкости и других реологических показателей. Совместное использование реагентов КЛСП и Родопол-23П концентрацией 0,25 % показали следующие результаты:

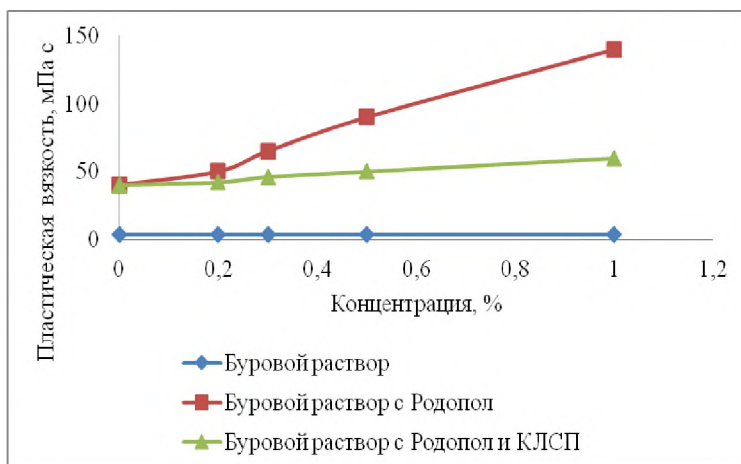
- вязкость и СНС раствора были снижены, соответственно с 60 сек. до 45 сек. и СНС<sub>1-10</sub> с 40/58 дПа до 5/10 дПа;

- показатель фильтрации снизился с 8,0 см<sup>3</sup>/30 мин до 6,0 см<sup>3</sup>/30 мин.

Были успешными испытания реагентов Родопол-23П и КЛСП на скв. № 605 в интервале бурения 300 – 1300 м на участке Восточный Молдабек для бурения наклонно-направленной скважины с горизонтальным окончанием ствола по продуктивному триасовому горизонту. Как показало

наблюдение, из-под кондуктора при бурении цементного стакана, за счет попадания катионов кальция в буровой раствор, произошло его резкое загустевание, что привело к повышению вязкости. Поскольку обработка раствора реагентом ФХЛС не дала положительных результатов, было принято решение использовать комбинирование реагентов Родопол-23П и КЛСП. При этом ввод реагента осуществлялся непосредственно в желоб циркуляционной системы, в результате чего наблюдалось разжижение раствора и регулирование его технологических параметров.

Наиболее важные результаты были получены при испытании реагента комплексного действия Родопол-23П и КЛСП на скважине Кажигали-4 в интервале 0 - 350м. Бурение сопровождалось длительными интенсивными проработками в высококоллоидальной глинистой фазе. Для регулирования бурового раствора в интервалах неустойчивых пород вводилась смесь реагентов Родопол-23П и КЛСП (Рисунок 2).



**Рисунок 2. Изменение пластической вязкости бурового раствора от концентрации реагентов**

Применение указанных реагентов способствовали значительному улучшению технико-экономических показателей

бурения за счет сокращения общего расхода химических компонентов, повышения механической скорости проходки на долото. Стоимость бурового раствора, с низким содержанием твердой фазы и безглинистого, примененных для бурения скважины глубиной 350 - 1300м при объеме 121,3 м<sup>3</sup> составила, соответственно, 9867,76 и 9646,9 \$. Стоимость бурового раствора, обработанного реагентами Родопол-23П и КЛСП равна 2258,6 \$. Таким образом, в четыре раза повысилась экономическая эффективность от применения растворов, обработанных реагентами комплексного действия при сохранении их основных технологических показателей, улучшением технико-экономических показателей бурения (Таблица 2). Экономическая эффективность при бурении одной скважины составила 4,4 тыс. \$ на 1 м<sup>3</sup> объема бурового раствора.

**Таблица 2**

**Сравнение показателей бурения до и после внедрения химического реагента Родопол-23П на участке Восточный Молдабек**

№№ скв.	h, м	t, час	V <sub>мех</sub> , м/час	t, час	V <sub>мех</sub> , м/час
		До		После	
236	160-450	82,2	3,53	66,4	4,37
256	160-450	89,6	3,24	66	4,39
2029	160-450	93,5	3,10	77	3,77
458	160-550	123	3,17	95	4,11
459	160-550	119	3,27	84	4,64
434	160-550	105	3,71	93	4,19
605	160-650	98,5	4,97	112,5	4,36
Итого:		101,5	3,57	84,8	4,26

Также рассмотрены вопросы, связанные с экологической безопасностью применения химических реагентов для обработки буровых растворов. Отмечено, что наращивание

объемов буровых работ привело к интенсивному отрицательному воздействию на окружающую среду, что привело к необходимости скорейшей разработки новых типов малоопасных и менее токсичных химических реагентов для обработки буровых растворов. Комплексное решение проблемы обеспечения соответствия буровых растворов современным требованиям, значительное повышение технико-экономических показателей, наряду со снижением отрицательного влияния на окружающую среду и недра, может быть достигнута только при использовании новых эффективных полимерных реагентов, которые позволят регулировать реологические и фильтрационные свойства буровых растворов в условиях высоких температур и минерализаций, а также уменьшить диспергирование и гидратацию глинистых пород в процессе бурения.

Высокое качество очистки ствола скважины, увеличение устойчивости стенок и сохранение ее номинального диаметра в интервале залегания глинистых пород, использование полимерного реагента Дуовис совместно с другими полимерами, позволило успешно бурить скважины в Западном Казахстане до проектной глубины с минимальными осложнениями. Для улучшения свойств глинистой корки ствола, регулирования водоотдачи следует использовать другие полимерные реагенты как Форалис, Родопол-23П, Полисал.

Применение природных полимеров, таких как КМЦ-ASM/60 и крахмальные реагенты в виде модифицированных форм, полезнее в экологическом аспекте: все они относятся к IV классу опасности, активно разлагаются ферментами с образованием нетоксичных соединений.

Разработка экологически безопасных технологий направленных на модификацию природных полимеров, осуществляемых для получения химических реагентов с заданными свойствами, открывает дополнительные возможности приготовления и использования буровых растворов с высокими технологическими характеристиками, оказывающими минимальное воздействие на компоненты

окружающей среды в процессе их использования, утилизации и захоронения.

Для стабилизации свойств минерализованных буровых растворов используются крахмальные реагенты, относящиеся к естественным полисахаридам. Добавка крахмала позволяет эффективно снижать фильтрацию минерализованных буровых растворов. Крахмальные реагенты растворяются в растворах всех солей, включая хлориды кальция и магния. Наряду с этим, некоторые отрицательные свойства крахмала затрудняют их применение. К ним относится низкая термостабильность реагентов, не превышающая 120 °С. При температурах в скважинах более 120 °С буровые растворы, обработанные крахмалом и насыщенные хлоридом натрия, не поддаются стабилизации: ввод крахмала в утяжеленные минерализованные буровые растворы вызывает рост СНС и вязкость этих растворов. Крахмалы подвержены ферментативной деструкции. При разложении крахмалов под действием бактерий в процессе бурения значительно ухудшаются показатели бурового раствора. Это обстоятельство вызывает необходимость применения специальных способов защиты крахмала в буровых растворах, заключающихся в увеличении рН растворов до 11,5-12,0, в поддержании минерализации на уровне, превышающем 20 %, вводя в буровой раствор антиферментаторы. Все эти методы защиты крахмала в буровом растворе требуют дополнительных затрат на обработку растворов и не всегда надежны. В некоторых видах семян и зерен содержание крахмала превышает 70 %. Разработка и внедрение производства крахмальных реагентов с улучшенными технологическими свойствами, позволит решить проблему утилизации растительных отходов сельского хозяйства.<sup>5</sup> В основу процесса получения крахмалсодержащего реагента для стабилизации показателей бурового раствора положена

---

<sup>5</sup> Кязимов, Э.А., Исламов, Х.М. Экологическая безопасность применения химических реагентов для обработки буровых растворов. // Научно-технический журнал «Строительство нефтяных и газовых скважин». - 2015, - №4. - с. 44-47.

технология карбоксилирования природных полисахаридов. В частности, Полисал – модифицированный полисахарид (крахмал), содержащий в своем составе бактерицидные добавки, умеренное малоопасное вещество IV класса. Применение его дает возможность длительного хранения и использования раствора.

Производный крахмала из пшеницы – Форалис 380П не токсичен, обладает лучшей устойчивостью к солям кальция в щелочных условиях.

Анализ экологических показателей применяемых при бурении скважин в Казахстане компонентов буровых растворов показал, что они имеют токсикологические характеристики, которые разрешены к их применению в геологоразведочной и нефтегазодобывающей промышленности. Использование ряда реагентов, прошедших тестирование на возможность обеспечения бурения скважин в сложных горно-геологических условиях Прикаспия, позволило снизить токсичность растворов.

Одной из актуальных проблем природоохранных технологий в бурении является максимальная утилизация образующихся отработанных буровых растворов и шлама. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что утилизация и переработка отходов, эффективное использование вторичных ресурсов – это не только радикальные средства предотвращения загрязнения окружающей среды, но и одновременно решение проблемы рационального природопользования. При этом остающиеся после отходов бурения остатки должны быть обезврежены и безвредно захоронены. Кроме того, при утилизации отходов следует стремиться к максимально возможной полноте их использования в принятых областях утилизации. Таким образом, основными требованиями к природоохранным технологиям является выполнение в полной мере экологических нормативов ведения буровых работ и максимальная утилизация производственно – технологических отходов бурения.



На современном этапе увеличения нефтедобычи, на нефтяных месторождениях Прикаспия Казахстана образуются большие объемы отходов, преимущественное количество которых накапливается в шламовых амбарах. На нефтедобывающих предприятиях, в соответствии с регламентами, для сбора отходов бурения с одной кустовой площадки при проводке восьми скважин строится один амбар. Если количество скважин в кусте более десяти, строится несколько амбаров. В процессе эксплуатации амбары заполняются:

- буровыми и тампонажными растворами, буровыми сточными водами и шламом;
- продуктами испытания скважин;
- материалами для заполнения и химической обработки буровых и тампонажных растворов.

Процентное соотношение между этими компонентами может быть, самое разнообразное в зависимости от геологических условий, технического состояния оборудования, культуры производства и т. д.

Так, к примеру при бурении скважины глубиной 550 м в амбаре содержится около 65 % воды, 30 % шлама (выбуренной породы), 4,0 % нефти, 0,5 % бентонита и 0,5 % различных присадок, обеспечивающих оптимальную работу буровой установки.

Итого на территории буровой площадки образуются технологические отходы в виде шламов, буровых сточных вод и отработанных буровых растворов. Отходы состоят из смеси химреагентов, содержащихся в буровом растворе, а также самой выбуренной горной породы.

Для примера приводится расчет объемов отходов бурения и шламового амбара на площади Айранколь, расположенной в Южно-Эмбинском нефтегазоносном районе.

## ВЫВОДЫ

1. Усовершенствованы научные и практические основы разработки и применения биополимерных буровых растворов с регулируемыми фильтрационными и реологическими свойствами в условиях проводки скважин в соленосных и глинистых отложениях месторождений Прикаспийской впадины Казахстана.

2. Установлено, что буровой раствор, обработанный ксантановой смолой, обладает низкой осмотической гидратацией, высокой несущей способностью в высокоминерализованной среде и инертен к воздействию агрессивных солей.

3. Рекомендовано применение хлоркалийевых буровых растворов при разбуривании неустойчивых глинистых сланцев месторождений Прикаспийской впадины Казахстана с целью безаварийной проводки скважин до проектной глубины.

4. Разработаны новые рецептуры буровых растворов на основе полимер конденсированного лигносульфонатного реагента и выявлены их высокие разжижающие и смазывающие свойства при бурении скважин в неустойчивых горных породах.

5. Показана технологическая эффективность комбинированных реагентов Родопол-23П и КЛСП, улучшение их параметров при бурении на геологоразведочных площадях Прикаспийской впадины, что позволяет увеличить скорость бурения, снизить количество осложнений, уменьшить расход материалов и химических реагентов. Установлено, что оптимальная концентрация полимера, позволяющего максимальное снижение показателя водоотдачи малоглинистых буровых растворов, составляет 0,3-05%-ов, а реагента - понизителя вязкости 5-10%.

6. Рекомендованы малотоксичные полимерные (Форалис, Полисал, Дуовис) и крахмальные реагенты, относящиеся к IV классу опасности, для приготовления, а также стабилизации малоглинистых и безглинистых буровых растворов.

7. Предложенные технологии успешно были внедрены на участках Восточный Молдабек, Бурбайтал, Кажигали-4 и Тобсарал Прикаспийской впадины Казахстана, характеризующиеся с осложненными горно-геологическими условиями, от внедрения которых получен экономический эффект на сумму 4,4 тыс. \$ на 1 м<sup>3</sup> объема бурового раствора.

**Основные положения диссертации опубликованы в  
следующих печатных работах:**

1. Исламов, Х.М. Влияние биополимера Родопол - 23П на свойства бурового раствора. // Вестник Астраханского государственного технического университета. - 2007, - №6, - с. 42-44.
2. Умралиев, Б.Т., Исламов, Х.М., Рахметов, Р.Н. Влияние конденсированного лигносульфатного полимера на технологические параметры бурового раствора. // Нефть и газ, - 2007, - №2, - с. 56-57.
3. Исламов, Х.М. Регулирование содержания и состава твердой фазы в буровом растворе. // Нефть и газ, - 2008, - №1, - с. 84-86.
4. Исламов, Х.М. Оптимизация ингибированного хлоркалиевого полимерного раствора на основе Дуовиз, Полисал, Деско. // Нефть и газ, - 2008, - №2, - с. 21-27.
5. Исламов, Х.М. Реологические особенности буровых биополимерных жидкостей. // Вестник Астраханского государственного технического университета, - 2008, - №2, - с. 239-241.
6. Исламов, Х.М. О повышении эффективности разработки месторождений при применении химического реагента Пермолайд. / Геология, география и глобальная энергия. Труды VII Международной научно-практической конференции. Астрахань, - 2008, - с. 73-76.
7. Исламов, Х.М. Регулирование свойств буровых растворов на основе полимерного крахмального реагента. // Научно-технический журнал «Геология, география и глобальная энергия», - 2008, - №2, - с. 162- 166.
8. Исламов, Х.М., Джаналиев, А.Х., Мажитов, А.М. Биополимерный реагент Агропол-23П. // Нефть и газ, 2009, - №6, - с. 41-46.
9. Исламов, Х.М. Буровой раствор без твердой фазы. Инновационный Патент Республики Казахстан № 23529 от 05.11.2010.

10.Исламов, Х.М. Применение ингибирующих способностей буровых растворов при бурении нефтегазовых скважин. // Научно-технический журнал «Геология, география и глобальная энергия», - 2011, - №1, - с. 11-14.

11.Исламов, Х.М. Разработка композиционных химических реагентов на основе ксантановой смолы и лигносульфонатов для обработки буровых растворов. // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», - 2011, - №6. <http://www.oglus.ru>.

12.Исламов, Х.М. Совершенствование рецептур буровых растворов для условий строительства скважин. // Материалы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы нефтегазового комплекса Казахстана». Актау, - 23-25.02.2011, - с. 497-503.

13.Кязимов, Э.А., Исламов, Х.М. Экологическая безопасность применения химических реагентов для обработки буровых растворов. // Научно-технический журнал «Строительство нефтяных и газовых скважин». - 2015, - №4. - с. 44-47.

14.Исламов, Х.М. Совершенствование рецептур буровых растворов для условий строительства скважин. // Научно-технический журнал «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море», - 2015, - №5, - с. 32-36.

15.Исламов, Х.М. Влияние буровых растворов на изменение фильтрационно-емкостных свойств пород. // Научно-технический журнал «Строительство нефтяных и газовых скважин», - 2015, - №6, - с.18-20.

16.Исламов, Х.М. Влияние буровых растворов на изменение фильтрационно-емкостных свойств пород. / Материалы международной научно-практической конференции. Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, Аппарат Президента Республики Татарстан, Российская академия наук, Академия наук Республики Татарстан, ОАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина, ОАО «Татнефтехиминвест-холдинг», ОАО «ТАИФ», ЗАО «Нефтеконсорциум», Татарстанское отделение ЦКР Роснедр по УВС, ОАО «Казанская ярмарка». Казань, 2-3.09.2015, - с. 168-171.

17.Исламов, Х.М. Высокоингибирующий экологически безопасный буровой раствор, применяемый при углублении скважины. // Научно-технический журнал «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море», - 2019, - №10, - с. 33-35.

18.Zeynalov, R.M., Kazimov, E.A., Əliyev, N.M., Kərimov, T.M., İslamov. X.M. Lay sularının qazma məhlulu göstəricilərinə təsirinin tədqiq olunması. // Azərbaycan Neft Təsərrüfatı, - 2020, - № 6-7, - s.26-30.

19.Исламов, Х.М. Опыт крепления хвостовиков при спуске колонн скважин на площади Огайская. // Научно-технический журнал «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море». - 2022, - №8, - с. 25-28.

20.Казымов, Э.А., Исламов, Х.М. Разработка эффективных составов буровых растворов для повышения качества бурения скважин. // SOCAR Proceedings, - 2023, - № 1, - с.19-25.

#### **Личный вклад соискателя**

Работы [1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19] выполнены самостоятельно, в работах [2, 8, 13, 18, 20] - проведение экспериментальных исследований, обработка полученных результатов.



Защита диссертации состоится 24 декабря 2024 года в 11:00 на заседании Диссертационного Совета ED 2.03 действующего на базе Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности

Адрес: AZ1010, г.Баку, ул. Д. Алиевой 227.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности.

Электронная версия диссертации и автореферата размещена на официальном сайте Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности.

Автореферат разослан по соответствующим адресам

" 5 " ноября 2024 года.

Подписано в печать: 17.10.2024

Формат бумаги: А5

Объём: 36108

Тираж: 70