

## **АННОТАЦИЯ**

диссертационной работы на соискание степени доктора философии (Ph.D.)  
по образовательной программе 8D07202 - «Нефтяная инженерия»

**ОСПАНОВ ЕРЛАН КАНАТОВИЧ**

### **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВОДНЫХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОЧАСТИЦ И МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД**

#### **Актуальность темы:**

Современная нефтегазовая промышленность сталкивается с всё более сложными геологическими условиями, среди которых особую сложность представляют глинистые отложения, обладающие высокой склонностью к набуханию и деструкции при контакте с водными средами. В процессе бурения скважин через такие породы часто наблюдаются осложнения, связанные с нестабильностью стенок, поглощением бурового раствора, увеличением фильтрационных потерь и, как следствие, ростом временных и финансовых затрат. В этих условиях особую значимость приобретает разработка эффективных водных буровых растворов, способных обеспечить термохимическую стабильность стенок скважин при прохождении через глинистые и сланцевые породы. Использование экологически безопасных водных систем является предпочтительным с точки зрения устойчивого развития и экологического законодательства, однако именно такие растворы наиболее подвержены взаимодействию с гидрофильными минералами. Одним из наиболее перспективных направлений решения данной проблемы является применение модифицированных полимеров и наноматериалов, способных одновременно выполнять несколько функций: ингибировать набухание глинистых минералов, снижать проницаемость породы за счёт формирования плотной фильтрационной пленки, а также улучшать реологические и фильтрационные свойства бурового раствора. Модифицированные полимеры могут образовывать защитные плёнки на поверхности породы и изменять её смачиваемость, в то время как наночастицы, благодаря своему размеру и высокой поверхности, эффективно заполняют микропоры и минимизируют вторжение жидкости. Актуальность темы определяется необходимостью разработки и внедрения комплексного подхода, включающего синтез и подбор эффективных полимерно-нанокompозитных добавок, адаптированных к условиям конкретных пластов. Это направление открывает возможности для повышения технологической надёжности буровых растворов, снижения затрат, уменьшения риска аварий и повышения устойчивости скважин при бурении в сложных геологических условиях.

#### **Цель исследования:**

Целью настоящего исследования является разработка и обоснование

эффективного состава водного бурового раствора, модифицированного полимерными и нанокompозитными добавками (в частности, графеноксидом и наноцеллюлозой), обеспечивающего повышение устойчивости стенок скважин в глинистых отложениях и снижение фильтрационных потерь при бурении.

#### **Задачи исследования:**

Для достижения поставленной цели в ходе работы решались следующие задачи:

1. Анализ литературных источников по вопросам взаимодействия водных буровых растворов с глинистыми породами и современных методов ингибирования набухания.
2. Синтез и характеристика нанокompозита графеноксида с наноцеллюлозой (ГО/НЦ), включая исследование его структуры, диспергируемости и стабильности в водной среде.
3. Модификация полимерной добавки с целью повышения её гидрофобных и ингибирующих свойств по отношению к глинистым минералам.
4. Разработка рецептуры бурового раствора, содержащего ГО/НЦ и модифицированный полимер, с оценкой его реологических и фильтрационных характеристик.
5. Экспериментальное исследование влияния полученного раствора на фильтрационные свойства, толщину фильтрационной пленки и устойчивость глинистых образцов.
6. Оценка изменения угла смачивания поверхности сланцев, обработанных новым раствором, для подтверждения повышения их гидрофобности.
7. Сравнительный анализ полученных результатов с характеристиками традиционных буровых растворов, применяемых для бурения в глинистых породах.

#### **Методы исследования:**

Выбор методологии проведения исследования является обоснованным, а сама методология подробно описана в диссертации. Результаты работы получены с использованием современных методов научных исследований, включая актуальные методики обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий. Теоретические выводы, предложенные модели, выявленные взаимосвязи и закономерности подтверждены экспериментальными исследованиями, что обеспечивает достоверность полученных результатов. Применялись такие методы, как ИК-спектроскопия, реологические испытания, электронная микроскопия и тест на набухаемость глины на аппарате OFITE.

#### **Научная новизна исследования:**

1. Предложен и обоснован новый состав водоосновного бурового раствора, содержащего модифицированный гидрофобный полимер и графеноксидно-наноцеллюлозный (ГО/НЦ) нанокompозит, обеспечивающий повышение ингибирующих свойств по отношению к глинистым породам и снижение фильтрационных потерь.
2. Разработан подход к комплексному использованию наноматериалов и полимеров, где достигается синергетический эффект: наночастицы ГО/НЦ

ормируют плотный фильтрационный корж и снижают проницаемость породы, а модифицированный полимер адсорбируется на поверхности глин, стабилизируя структуру и изменяя её смачиваемость.

3. Впервые экспериментально оценено влияние ГО/НЦ-композита на углы смачивания и фильтрационные свойства ВБР, что позволило количественно подтвердить улучшение гидрофобности сланцевых пород при обработке новым раствором.

4. Показана возможность управления структурой и толщиной фильтрационной пленки за счёт оптимального соотношения наночастиц и полимерной добавки, что способствует повышению устойчивости стенок скважин и уменьшению вторжения бурового раствора в породу.

5. Установлены закономерности влияния разработанных добавок на реологические и фильтрационные характеристики бурового раствора, что позволяет целенаправленно подбирать состав в зависимости от свойств конкретного геологического разреза.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы:**

Диссертационная работа обладает как теоретическим, так и практическим значением. Теоретические положения расширяют научные представления в области разработки буровых растворов и устойчивости глинистых пород, а полученные результаты могут служить основой для дальнейших исследований в данной области. Практическая ценность работы заключается в возможности применения предложенных решений при разработке и эксплуатации буровых скважин в осложнённых условиях. Все практические предложения отличаются новизной, имеют прикладной характер и могут быть внедрены в промышленность для повышения эффективности и надежности буровых работ.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Научно обоснованная рецептура водного бурового раствора, модифицированного графеноксидно-наноцеллюлозным нанокомпозитом (ГО/НЦ) и гидрофобным полимером, обеспечивающая снижение фильтрационных потерь и повышение устойчивости стенок скважин в глинистых отложениях.

2. Экспериментально подтверждённое влияние ГО/НЦ на фильтрационные свойства раствора: снижение объёма фильтрата при низком и высоком давлении и уменьшение толщины фильтрационной пленки.

3. Доказанное изменение смачиваемости поверхности глинистых пород при обработке раствором, содержащим ГО/НЦ, за счёт увеличения контактного угла и формирования гидрофобного слоя.

4. Установленные закономерности влияния модифицированных добавок на реологические характеристики бурового раствора и условия его стабильности при бурении в глинистых и сланцевых интервалах.

5. Методика оценки эффективности полимерно-нанокомпозитных добавок по совокупности параметров: фильтрация, смачиваемость, толщина фильтрационной пленки, структурно-механические свойства раствора.

**Соответствие диссертации приоритетному развитию науки или государственным программам:**

Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, нацелена на усовершенствование водных буровых растворов с применением наночастиц и модифицированных полимеров для повышения устойчивости глинистых пород. Результаты, выводы и рекомендации, полученные в ходе работы, имеют практическую значимость и могут быть полезны для дальнейшего совершенствования технологий бурения скважин в осложнённых условиях, разработки новых составов буровых растворов, а также для использования в научно-исследовательской и учебной деятельности.

**Личный вклад автора, публикации и апробация практических результатов работы:**

В данной исследовательской работе автор придерживается принципа самостоятельности и применяет комплексный научный подход при решении поставленных задач. Автор самостоятельно разрабатывал методику исследований, подбирал составы буровых растворов, проводил лабораторные эксперименты, а также выполнял обработку и анализ полученных результатов. Лабораторные данные получены в ходе систематически организованных экспериментов с соблюдением требований стандартов ГОСТ и API. Все выводы и рекомендации основаны на собственных экспериментальных данных и научной интерпретации автора.

**Апробация работы:**

Материалы диссертационного исследования были представлены и обсуждены на двух международных научных конференциях:

1. *International Conference on Polymers, Composites, Nanocomposites and Biocomposites – 2023*, проходившей в Казахском Национальном Исследовательском Техническом Университете имени К. И. Сатпаева (г. Алматы, Казахстан) с 11 по 13 декабря 2023 года;
2. *International Conference on Nano Structured Materials and Nanocomposites*, проходившей в Махатма Ганди Университете (г. Коттаям, штат Керала, Индия) с 10 по 12 мая 2024 года.

**Публикации:**

Основные результаты, полученные в ходе выполнения диссертационного исследования, опубликованы в трёх научных статьях, включённых в базу данных *Scopus*. Из них: две статьи опубликованы в международных журналах, входящих в квартиль Q2:

1. *A Comprehensive Review of Carbon Nanomaterials in the Drilling Industry*, Y.K. Ospanov, G.A. Kudaikulova, DOI: [10.1002/pol.20240220](https://doi.org/10.1002/pol.20240220);
2. *Improving Shale Stability through the Utilization of Graphene Nanopowder and Modified Polymer-Based Silica Nanocomposite in Water-Based Drilling Fluid*, Yerlan Kanatovich Ospanov\*, Gulzhan Abdullaevna Kudaikulova, Murat Smanovich Moldabekov, Moldir Zhumabaevna Zhaksylykova, DOI: [10.3390/pr12081676](https://doi.org/10.3390/pr12081676);

одна статья опубликована в журнале, входящем в квартиль Q1:

3. *Synergistic Effects of Graphene Oxide and Nanocellulose on Water-Based Drilling Fluids: Improved Filtration and Shale Stabilization*, Yerlan Kanatovich Ospanov\*, Gulzhan Abdullaevna Kudaikulova, DOI: [10.3390/polym17070949](https://doi.org/10.3390/polym17070949).

**Структура и объем диссертации:**

Диссертационная работа включает нормативные ссылки, перечень обозначений и сокращений, введение, четыре главы, заключение и список использованных источников. Общий объем работы составляет 100 страниц, содержит 8 таблиц и 29 рисунка. В список использованных источников включено 148 наименований.

**Благодарности:**

Автор выражает искреннюю признательность своим научным руководителям — доктору технических наук, ассоциированному профессору Кудайкуловой Гульжан Абдуллаевне, а также доктору геолого-минералогических наук, главному научному советнику ГУ "Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений" Университета геологических наук Министерства горно-добывающей промышленности и геологии Республики Узбекистан Шоймуротову Туйчи Халикуловичу — за ценные консультации, всестороннюю поддержку и неоценимую помощь в процессе выполнения настоящего исследования.