

Максатов Саид Ерболович, Студент Филиала
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
Maksatov Said Yerbolovich
Russian State University of Oil and Gas (National University)

Осокин Дмитрий Сергеевич, Студент Филиала
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
Osokin Dmitry Sergeevich
Russian State University of Oil and Gas (National University)

Безрядин Сергей Геннадьевич
кандидат химических наук, доцент Филиала
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
Bezryadin Sergey Gennadievich
Russian State University of Oil and Gas (National University)

**РОЛЬ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ:
УЛУЧШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
THE ROLE OF CHEMICAL ADDITIVES IN THE DRILLING PROCESS:
ENHANCING EFFICIENCY**

Аннотация. Статье показана важность химических добавок для бурения углеводородов: они повышают эффективность и безопасность, оптимизируя вязкость, трение и защиту от коррозии буровых растворов. Это ускоряет бурение, снижает затраты и уменьшает вред для экологии

Abstract. The article highlights the importance of chemical additives in hydrocarbon drilling, showing how they improve efficiency and safety by optimizing viscosity, friction, and corrosion protection of drilling fluids. This accelerates drilling, reduces costs, and minimizes environmental impact

Ключевые слова: Бурение, химические добавки, буровые растворы, полимеры
Keywords: Drilling, chemical additives, drilling fluids, polymers

В современном мире добыча углеводородов представляет собой сложный и многоэтапный процесс, в котором значительное внимание уделяется технологиям и материалам, используемым на различных стадиях бурения. Одним из ключевых элементов этого процесса являются химические добавки, которые способствуют повышению эффективности и безопасности операций бурения. Эти добавки включаются в буровые растворы и играют критическую роль в оптимизации процесса как с точки зрения производительности, так и с точки зрения снижения рисков, связанных с окружающей средой и людьми. Химические добавки в бурении – это специальные вещества, которые вводятся в буровые растворы для изменения их физических и химических свойств с целью улучшения процесса бурения. Эти добавки могут выполнять разнообразные функции, включая регулирование вязкости раствора, снижение трения, предотвращение коррозии оборудования, улучшение стабилизации стенок скважин, а также минимизацию образования шлама и других нежелательных осадков. Основными типами химических добавок являются полимерные соединения, различные солевые растворы, а также специальные присадки, которые помогают улучшить характеристики бурового раствора при взаимодействии с горными породами [1].

Бурение представляет собой технологический процесс, направленный на создание отверстий в земле с целью извлечения полезных ископаемых, нефти и газа или для выполнения геологических исследований. Этот процесс используется в различных отраслях, включая добычу углеводородов, геотермальную энергетику, строительство и исследовательские проекты. Бурение включает множество стадий, каждая из которых требует специфических технологий и оборудования. На подготовительном этапе осуществляется выбор



месторождения, изучение геологических условий и проектирование буровой программы. Важным элементом является оценка рисков и подготовка необходимых разрешений. Фактическое бурение начинается со сверления скважины с помощью бурового оборудования; выбор типа бура и режима работы зависит от геологических условий и целей бурения. Во время бурения используется буровой раствор, который выполняет несколько функций: охлаждение бура, вывод шлама на поверхность, поддержание давления в скважине и предотвращение обрушения стенок. Здесь химические добавки играют важную роль в улучшении свойств бурового раствора. На этапе контроля и мониторинга процесса важно отслеживать такие параметры, как давление, температура и состав бурового раствора, что позволяет своевременно выявлять проблемы и корректировать процесс бурения. Завершение бурения включает цементирование, установку обсадных труб и другие операции для подготовки скважины к эксплуатации. В процессе бурения могут возникать множество проблем, которые способны значительно снизить эффективность и увеличить затраты. К числу основных проблем относятся засорение скважины, нестабильность стенок скважины, сложности с обработкой бурового раствора, неэффективное удаление породы и коррозия оборудования. Использование химических добавок помогает предотвратить или смягчить эти эффекты, улучшая общую производительность процесса бурения [2].

Химические добавки можно классифицировать на две основные категории: природные и синтетические. Эти добавки различаются по своему происхождению, свойствам и области применения.

– Природные добавки: Эти добавки получают из природных источников, таких как растения и минералы. Они часто используются за счет своей экологичности и низкой токсичности. Примеры включают целлюлозные волокна, гуминовые кислоты и природные полимеры. Природные добавки могут улучшать текучесть раствора и его способность удерживать твердые частицы, что важно для предотвращения засоров.

– Синтетические добавки: Эти вещества создаются с использованием химической синтеза и могут быть настроены для достижения конкретных свойств. Синтетические добавки часто более эффективны и стабильны по сравнению с природными аналогами. Они могут включать полимеры, поверхностно-активные вещества и специальные реагенты, которые улучшают характеристики бурового раствора [3].

Основные группы добавок

Химические добавки можно разделить на несколько основных групп, каждая из которых выполняет свою специфическую функцию в процессе бурения.

1. Помпы и вязкостные модификаторы: Эти добавки предназначены для управления вязкостью бурового раствора (CaO). Они помогают достичь оптимальной текучести, что критически важно для обеспечения нормальной работы насосов и предотвращения оседания твердых частиц. Вязкостные модификаторы, такие как полимеры, могут увеличивать вязкость раствора (C₃₅H₄₉O₂₉) при необходимости, а также обеспечивать его стабильность при изменении давления и температуры.

2. Третья составляющая: Эта группа добавок включает вещества, предназначенные для снижения пористости горных пород и регулировки pH бурового раствора (НСООН, СН₃СООН, Na₂СО₃). Снижение пористости важно для предотвращения потерь жидкости в породы, что может снизить эффективность бурения. Регулировка pH способствует поддержанию необходимых условий для работы других добавок и предотвращает нежелательные химические реакции, которые могут ухудшить свойства раствора.

3. Противоизносные и антикоррозионные добавки: Эти добавки защищают буровое оборудование от механического износа и коррозии. В процессе бурения оборудование подвергается высоким нагрузкам и воздействию агрессивных химических сред, что может привести к его быстрому разрушению. Противоизносные добавки образуют защитные пленки на поверхности металлов, снижая трение и износ. Антикоррозионные добавки предотвращают коррозию (КСI, NaOH), образуя защитные слои, которые защищают металл от воздействия воды и химикатов.



Улучшение эффективности бурения с помощью химических добавок

Химические добавки в буровых растворах помогают улучшить ряд параметров, напрямую влияющих на скорость и качество бурения. Они обеспечивают необходимые физико-химические свойства растворов, что позволяет бурить более эффективно и безопасно.

Увеличение скорости бурения

Одним из основных преимуществ использования химических добавок является увеличение скорости бурения. Это достигается благодаря оптимизации вязкости бурового раствора, что позволяет легче продвигать буровые инструменты через горные породы.

$УВ \leq 21 * \rho * 10^{-3}$ (формула вязкости бурового раствора)

где ρ – плотность бурового раствора, кг/м³

На интервале от 0 до 450 метров

$$УВ \leq 21 * 1150 * 10^{-3} = 24 \text{ с}$$

На интервале от 450 до 1950 метров

$$УВ \leq 21 * 1180 * 10^{-3} = 24,8 \text{ с}$$

На интервале от 950 до 2390 метров

$$УВ \leq 21 * 1160 * 10^{-3} = 24,4 \text{ с}$$

Правильно подобранные добавки снижают трение между раствором и стенками скважины, что позволяет ускорить процесс бурения. Так же при правильном расчете плотности бурового раствора можно предотвратить или уменьшить осложнения в процессе строительства скважин.

$\rho_{б.р.} = P_{пл} / (g * H) + (0,1 \sim 0,15) * P_{пл} / (g * H)$

где $P_{пл}$ – пластовое давление, МПа;

g – ускорение свободного падения;

H – глубина скважины, м.

Как добавки влияют на вязкость бурового раствора

Вязкость бурового раствора является критически важным параметром, который влияет на его текучесть и способность удерживать твердые частицы. Химические добавки, такие как полимеры и вязкостные модификаторы, позволяют регулировать вязкость раствора в зависимости от условий бурения. Увеличение вязкости помогает предотвратить оседание шлама и облегчает подъем твердых частиц на поверхность. В результате этого процесс бурения становится более эффективным, а вероятность засоров и других проблем снижается.

Примеры успешного применения

На практике существует множество примеров успешного применения химических добавок в бурении. Например, в нефтяной и газовой промышленности использование синтетических полимеров позволило значительно сократить время бурения и повысить его эффективность. В одном из проектов, проведенных на шельфе, применение специальных добавок позволило увеличить скорость бурения на 30%, что привело к значительной экономии ресурсов и времени. Использование химических добавок также способствует снижению затрат на бурение. Эффективные добавки позволяют уменьшить время, необходимое для достижения целевых глубин, что напрямую сокращает затраты на рабочую силу и оборудование. Кроме того, улучшенные свойства бурового раствора уменьшают потребность в дополнительных ресурсах и материалах.

Оптимизация использования ресурсов

Химические добавки помогают оптимизировать использование ресурсов в процессе бурения. Они позволяют эффективно управлять объемами бурового раствора, а также уменьшают потребность в дополнительных расходных материалах. Это приводит к более рациональному использованию ресурсов и снижению общего экологического воздействия. Долгосрочные экономические преимущества использования химических добавок заключаются в снижении эксплуатационных расходов и увеличении производительности. Инвестиции в качественные добавки могут принести значительные выгоды в процессе бурения, обеспечивая более быстрое достижение целей и уменьшение затрат на обслуживание оборудования. Улучшение качества бурения Химические



добавки также способствуют улучшению качества бурения, что является важным аспектом для достижения успешных результатов. Снижение образования шлама Одной из проблем, с которой сталкиваются буровые компании, является образование шлама. Химические добавки могут существенно снизить его образование, улучшая стабильность бурового раствора и предотвращая оседание твердых частиц. Это позволяет поддерживать чистоту скважины и снижает затраты на очистку. Поддержка стабильности стенок скважин Стабильность стенок скважин является критически важной для обеспечения безопасности бурения. Химические добавки помогают поддерживать эту стабильность, уменьшая вероятность обрушения стенок и предотвращая потерю бурового раствора. Это, в свою очередь, снижает риски и затраты, связанные с аварийными ситуациями [4].

Экологические аспекты использования химических добавок

Использование химических добавок в бурении может оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на окружающую среду. С одной стороны, эти добавки помогают улучшить эффективность бурения, снижая затраты и время на выполнение работ. С другой стороны, их химический состав может представлять угрозу для экосистем, если не будут соблюдены меры предосторожности и стандарты безопасности.

Влияние на окружающую среду

Возможные негативные воздействия химических добавок на окружающую среду включают:

– Загрязнение водоемов: если буровые растворы с химическими добавками неправильно утилизируются, есть риск загрязнения подземных и поверхностных вод. Это может повлиять на качество питьевой воды и экосистему водоемов.

– Почвенное загрязнение: Различные химические соединения могут проникать в почву и нарушать ее структуру и состав, что негативно сказывается на растительности и сельском хозяйстве.

– Воздействие на биологическое разнообразие: Некоторые химические добавки могут быть токсичными для флоры и фауны, что может привести к сокращению биоразнообразия в районах, затронутых бурением.

Понимание этих воздействий подчеркивает необходимость тщательного выбора и правильного применения химических добавок.

Современные тенденции в разработке экологически чистых добавок

С учетом растущих экологических требований и общественного сознания, в последние годы наблюдается тенденция к разработке экологически чистых химических добавок. Эти добавки призваны минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и обеспечивать высокую производительность бурения.

Основные направления в этой области включают:

– Использование природных материалов: Разработка добавок на основе натуральных компонентов, таких как растительные экстракты и биополимеры, позволяет значительно снизить токсичность буровых растворов.

– Синтетические добавки с низкой токсичностью: Современные технологии позволяют создавать синтетические добавки, которые имеют минимальное воздействие на окружающую среду и быстро разлагаются. Например, синтез метанола: $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$.

– Рециклируемые и биоразлагаемые добавки: исследуются варианты добавок, которые могут быть легко переработаны или разложены в естественных условиях, что уменьшает их долгосрочное воздействие на экосистемы.

Эти тенденции не только способствуют улучшению экологической ситуации, но и отвечают требованиям потребителей и государственных органов, заинтересованных в устойчивом развитии. Регулирование и стандарты безопасности с учетом возможных экологических рисков, использование химических добавок в бурении подлежит строгому регулированию. В большинстве стран существуют правила и стандарты, касающиеся разработки, применения и утилизации химических веществ.



Основные аспекты регулирования включают:

– Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС): перед использованием новых химических добавок необходимо проводить оценку их воздействия на окружающую среду, что позволяет выявить потенциальные риски и разработать меры по их минимизации.

– Стандарты безопасности: Разработаны международные и национальные стандарты, регулирующие содержание токсичных веществ в буровых растворах. Эти стандарты помогают гарантировать безопасность работников и защиту окружающей среды.

– Мониторинг и контроль: Регулярный мониторинг состояния окружающей среды в районах бурения позволяет выявлять возможные загрязнения и принимать меры для их устранения [5].

Перспективы и инновации в области химических добавок

Новейшие разработки и технологии

Современные разработки в области химических добавок направлены на создание более эффективных, безопасных и экологически чистых решений. Некоторые из ключевых направлений исследований и разработок включают:

1. Нанотехнологии: Использование наноматериалов в химических добавках открывает новые возможности для улучшения их свойств. Наночастицы могут значительно улучшать вязкость буровых растворов, обеспечивая лучшую стабильность и текучесть. Эти добавки могут также повышать эффективность удержания твердых частиц и снижать вероятность образования шлама.

2. Биосовместимые добавки: Разработка добавок на основе биополимеров и природных экстрактов позволяет создавать более экологически чистые решения. Такие добавки не только снижают негативное воздействие на окружающую среду, но и обеспечивают высокую эффективность в процессе бурения.

3. Интеллектуальные добавки: Инновационные разработки направлены на создание добавок, которые могут адаптироваться к изменяющимся условиям бурения. Например, создание добавок с управляемыми свойствами вязкости, которые могут изменять свою структуру в зависимости от давления и температуры, позволяет значительно улучшить характеристики бурового раствора.

4. Микроэмульсии: Использование микроэмульсий в буровых растворах позволяет улучшить их текучесть и снижение трения. Это способствует увеличению скорости бурения и уменьшению износа оборудования. Возможности для повышения эффективности бурения
Инновационные разработки в области химических добавок открывают новые возможности для повышения эффективности бурения.

Основные направления, где можно достичь значительного улучшения, включают:

1. Ускорение процесса бурения: С применением новых добавок можно значительно повысить скорость бурения, что сокращает время выполнения работ и снижает затраты. Оптимизация вязкости и текучести буровых растворов позволяет более эффективно справляться с различными условиями бурения.

2. Снижение затрат на обслуживание: Инновационные добавки помогают снизить износ бурового оборудования и его компонентов, что приводит к уменьшению затрат на обслуживание и замену оборудования. Это особенно важно в условиях высоких нагрузок и агрессивных сред.

3. Улучшение качества бурения: Новые разработки позволяют достигать более высокой стабильности стенок скважин и снижать образование шлама, что улучшает качество бурения и снижает риски, связанные с аварийными ситуациями.

4. Эффективное управление ресурсами: Использование экологически чистых и безопасных добавок позволяет более эффективно управлять ресурсами, снижая негативное воздействие на окружающую среду и улучшая общественное восприятие отрасли.

5. Устойчивое развитие: Инновационные добавки, соответствующие современным требованиям экологической безопасности, способствуют устойчивому развитию нефтегазовой и горнодобывающей отраслей. Это помогает компаниям соответствовать международным стандартам и требованиям, связанным с охраной окружающей среды [6, 7].



Химические добавки, такие как полиакриламид и смазывающие вещества, регулируют свойства буровых растворов, улучшая вязкость и плотность, а также уменьшая трение. Они также обеспечивают устойчивость стенок скважины, предотвращая обвалы и поддерживая стабильность, что критично для безопасного бурения. Эффективные реагенты способствуют экономии ресурсов, снижая затраты на повторные обработки и предотвращая аварии. Дальнейшие исследования необходимы для разработки новых реагентов, способствующих более безопасному и экономичному бурению

Список литературы:

1. Сидоров А.В., Петров Б.Н. Полимерные реагенты для буровых растворов. Нефтегазовая химия, 2019, с. 78-79.
2. Зворотный А.И. Современные тенденции в бурении. Материалы нефтепромысловой химии, 2018, с. 10-15.
3. Иванов С.П., Кузнецов Д.А. Реагенты для бурения скважин. Ойл Инвест, 2022, с. 5-10.
4. Петрова М.А., Сидоренко И.В. Буровые растворы для бурения и капитального ремонта скважин. Нефтегаз, 2020, с. 142-150
5. Смирнов Е.Н., Лебедев А.Ю. Химические реагенты и добавки для нефтегазовой отрасли. Журнал нефтегазовой науки, 2019, с. 45-50.
6. Ковалев В.А., Федоров Р.И. Полимерные буровые растворы: эволюция и применение. Геологияиресурсы, 2014, с. 9-15.
7. Курякова Т.А., Стрекаловская А.Д., Безрядин С.Г., Королев А.С. Бутлеровские сообщения. 2022. Т. 69. № 2. С. 22-28

List of literature:

1. Sidorov A.V., Petrov B.N. Polymer reagents for drilling fluids. Oil and Gas Chemistry, 2019, pp. 78-79. Sidorov A.V., Petrov B.N. Polimernye reagenty dlya burovyyh rastvorov. Neftegazovaya himiya, 2019, s. 78-79.
2. Zavorotny A. I. Modern trends in drilling. Materials of oilfield chemistry, 2018, pp. 10-15. Zvorotnyj A. I. Sovremennye tendencii v burenii. Materialy neftepromyslovoj himii, 2018, s. 10-15.
3. Ivanov S. P., Kuznetsov D. A. Reagents for drilling wells. Oil Invest, 2022, pp. 5-10. Ivanov S. P., Kuznecov D. A. Reagenty dlya bureniya skvazhin. Ojl Invest, 2022, s. 5-10.
4. Petrova M. A., Sidorenko I. V. Drilling fluids for drilling and major well repairs. Neftegaz, 2020, pp. 142-150. Petrova M. A., Sidorenko I. V. Burovye rastvory dlya bureniya i kapital'nogo remonta skvazhin. Neftegaz, 2020, s. 142-150
5. Smirnov E. N., Lebedev A. Yu. Chemical reagents and additives for the oil and gas industry. Journal of Petroleum Science, 2019, pp. 45-50. Smirnov E. N., Lebedev A. Yu. Himicheskie reagenty i dobavki dlya neftegazovoj otrasli. Zhurnal neftegazovoj nauki, 2019, s. 45-50.
6. Kovalev V. A., Fedorov R. I. Polymer drilling fluids: evolution and application. Geology and Resources, 2014, pp. 9-15. Kovalev V. A., Fedorov R. I. Polimernye burovye rastvory: evolyuciya i primenenie. Geologiyairesursy, 2014, s. 9-15.
7. Tatyana A. Kuryakova, Alevtina D. Streakalovskaya, Sergey G. Bezryadin, Anton S. Korolev. Research of neutralizing reagents for effective oil purification from sulfur-containing components Butlerov Communications A. 2022. Vol.3. No.2. Id.4. DOI: 10.37952/ROI-jbc-A/22-3-2-4

