

УДК 622.24.063

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/130/23>

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ БРИДЖИНГ СИСТЕМЫ РВО ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СТВОЛА СКВАЖИНЫ ПРИ БУРЕНИИ В НЕСОВМЕСТИМЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

©*Маскутов А. Д.*, Югорский государственный университет,
г. Ханты-Мансийск, Россия, amirmaskutov01@gmail.com

©*Тараканова М. С.*, Югорский государственный университет,
г. Ханты-Мансийск, Россия, mashtarakanowa@yandex.ru

©*Султанов Р. И.*, Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия

IMPORT SUBSTITUTION FOR THE RVR SYSTEM TO ENSURE BOREHOLE STABILITY WHEN DRILLING IN INCOMPATIBLE GEOLOGICAL CONDITIONS

©*Maskutov A.*, Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia, amirmaskutov01@gmail.com

©*Tarakanova M.*, Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia, mashtarakanowa@yandex.ru

©*Sultanov R.*, Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia

Аннотация. Рассматривается определение бурового раствора, его состав, виды и функции, которые он выполняет, а также осложнения происходящие при бурении скважин. Целью статьи является рассмотрение опытно-промышленных испытаний импортозамещённой системы РВО, изучение условий, в которых будет применяться раствор.

Abstract. Discusses the definition of drilling mud, its composition, types and functions that it performs, as well as the complications that occur during well drilling. The purpose of the article is to review pilot industrial tests of the import-substituted RVR system, to study the conditions in which the solution will be used.

Ключевые слова: буровой раствор, раствор на углеводородной основе (РУО), водный раствор (РВО), бурение, ингибирование, кольматация, неустойчивые глины.

Keywords: drilling mud, hydrocarbon-based solution, aqueous solution, drilling, inhibition, colmatation, unstable clays.

Буровой раствор — сложная многокомпонентная дисперсная система суспензионных, эмульсионных и аэрированных жидкостей, применяемых для промывки скважин в процессе бурения [1].

В начале бурения происходит замешивание раствора со специальным составом. После следует закачка данного раствора: мощные насосы закачивают раствор внутрь буровой трубы, попадая в забой через отверстие в буровом долоте, охлаждает его и устремляется вверх. Когда раствор поднимается на поверхность, он захватывает и вымывает за собой всю выбуренную породу - что является его ключевой задачей. Для обеспечения устойчивости ствола скважины при бурении в несовместимых геологических условиях часто применяются растворы на углеводородной основе (РУО), но их недостатками является высокая стоимость на сложных геологических объектах, а также высокие экологические требования на применяемых объектах, что представляет собой нецелесообразность их применения на многих месторождениях. Водные растворы (РВО) не имеют таких проблем, но возникает другая сложность в их использовании: недостаточные ингибирующие способности, а также

отсутствие отечественной бриджинг системы РВО. По заказу одной из лидирующих нефтедобывающих компаний в России была создана система на водной основе, с высокоингибирующей способностью на отечественных компонентах для бурения в несовместимых зонах [2].

Новый раствор должен был решать ряд определённых проблем:

Высокое непроизводительное время (НПВ), при бурении интервалов неустойчивых глин. Это такие дополнительные временные затраты при разработке скважин, которые следуют из осложнений при бурении именно глинистых пород. Чаще всего этими осложнениями являются: набухание глин, диспергирование и размокание выбуренной породы, осмотический перенос воды, образование каверн и осыпей. Предполагается, что данные проблемы будут решать высокоингибирующие составы.

Возникновение дифференциальных прихватов. Так называемое «залипание» — когда буровая колонна застревает и не двигается.

Поглощения в несовместимых геологических условиях. Буровой раствор начинает уходить в пласт, то есть поглощается. Происходит это из-за сложных условий, когда два пласта находятся рядом, но имеют разные параметры для бурения и раствор их не удовлетворяет.

Перерасход химических реагентов. Несоответствие планируемого расхода химреагентов в действительности. Возникает из-за сложных геологических условий, что следует собой поглощение раствора.

Увеличение сроков строительства скважин.

Распространённость (объекты, где существует данная проблематика). Проблематика существует в ряде регионов РФ, а конкретно: ЯНАО, Оренбургская область, Красноярский край, ХМАО. Как уже было отмечено ранее, регионы имеют несовместимые геологические условия, часто имеется аномально низкое пластовое давление, а также высокие требования к ингибирующим составам.

Таблица

СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИЯХ В РЕГИОНАХ

Параметр	ЯНАО	Оренбургская область	Красноярский край	ХМАО
Тип породы	Терригенные	Карбонатные, терригенные	Терригенные, карбонатный	Терригенные
Пористость, %	10-35	8-16	2-27	14-24
Глинистость	20-50	15-40	5-20	30-60
Тип глин	Монтмориллонитовые, гидрослюдистые	Гидрослюдистые, хлорит	Иллитовые, каолинитовые	Битуминозные аргиллиты

Данные таблицы наглядно отражают важные сведения о месторождениях и подтверждает наличие вышеуказанных проблем, что доказывает актуальность разработки новых буровых растворов. Основной проблемой является неустойчивость глин и поглощения, остальные рассмотренные проблемы являются осложнениями первоначальной. Поэтому чтоб избежать осложнений, нужно бороться с первоисточником, чаще всего для этого применяют ингибирование и кольматацию. Ингибиторы формируют защитный слой для поверхности компонентов из глины, они подавляют или полностью блокируют различные физиологические и физико-химические процессы. То есть образовывая защитный слой они предотвращают гидратацию, набухание и осыпание глинистых пород. Типы ингибиторов глин:

Неорганические соли (хлористые соли натрия, калия, магния, кальция и тд: NaCl, KCl, MgCl₂, CaCl₂). Имеют существенный недостаток — это коагуляция коллоидной глинистой

фазы и не используются при бурении интервалов более 2 км. В связи с этим данные ингибиторы используют в безглинистых буровых растворах. Стоит отметить, что при применении KCL в испытаниях на открытом керне наблюдается значительное раскрытие трещин без заметной кольматации.

Соли органических одноосновных кислот (формиаты и ацетаты щелочных металлов в растворе). Не являются коагулянтами, в результате их применения глинистая суспензия остаётся стабильной, уменьшается вязкость, но такой продукт имеет более дорогую стоимость.

Высокомолекулярные полимеры (ПАА, ПАН, и тд). Один из видов органических ингибиторов, способны загущать буровой раствор, что в некоторых случаях является недостатком. Обеспечивают устойчивость глинистых остатков, что приводит к повышению скорости бурения.

Кольматация — процесс проникновения мелких частиц в поры и трещины горной породы, бывает естественная и искусственная. Таким образом, образовывается малопроницаемый экран на стенке скважины, что позволяет снижать риск поглощений, а также дифференциальных прихватов. Также кольматацию разделяют на механическая и химическую. Механическая представляет собой закупорку пор при бурении, когда частицы раствора проникают в поровые каналы. Химическая - осаждение геля, перекрывающего поры в результате чего образовывается экрана. Происходит при изменении pH или температуры. Для решения данных проблем было решено произвести импортозамещение ранее уже апробированных бриджинг-систем, таких как MAX BRIDGE, HimeBridge, Экта-Бридж, но на основе отечественных химических реагентов [3].

Отечественная бриджинг-система. На основе отечественных химических реагентов была разработана импортозамещенная бриджинг-система на водной основе (РВО). Ее отличие от зарубежных аналогов заключается в том, что новый состав базируется полностью на отечественных химических реагентах, то есть обеспечивает его доступность и независимость от зарубежных поставок. Ключевым компонентом в данной технологии, определяющим уникальные свойства системы является, алюминат натрия, который при взаимодействии с хлористым калием создает синергетический ингибирующий эффект [4-8].

Суть работы системы основан на управляемой реакции алюмината при изменении щелочности бурового раствора. Например, в щелочной среде алюминат находится в растворенной форме. При контакте с пластом-коллектором или при снижении pH, в зонах с «кислыми» флюидами или при добавлении специального инициатора, происходит его осаждение в виде геля гидрата оксида алюминия ($Al(OH)_3$). Данный гель выполняет две ключевые функции:

- кольматация трещин и пор: нерастворимые частицы гидрата оксида алюминия $Al(OH)_3$ закупоривают микротрещины и поровое пространство неустойчивых глин, создавая малопроницаемый экран;

- ингибирование глин: Алюминатные комплексы химически связываются с поверхностью глинистых частиц, предотвращая их гидратацию, набухание и последующее обрушение, приводящее к аварии на скважине, затрудняющее ее разработку (<https://707.su/0Veg>).

Состав отечественной системы включает следующие компоненты: алюминат натрия ($NaAlO_2$): это основной технологический компонент (2-3% от объема раствора). Он отвечает за формирование защитного экрана и ингибирование глин; хлористый калий (KCl): вторичный ингибитор (3-10% от объема раствора). Он стабилизирует глинистые породы по ионному механизму, подавляя осмотическое набухание; реагент-стабилизатор (полианионная целлюлоза (ПАЦ) или полиакриламид): обеспечивает контроль фильтрации (водоотдачи) и структурно-реологические свойства раствора(вынос шлама); известь или щелочь (NaOH):

регулятор pH. Поддерживает щелочную среду (pH 10-11), необходимую для растворения алюмината в циркулирующей системе до момента его контакта с проблемной зоной; инертный наполнитель (молотый мрамор или карбонат кальция CaCO_3): применяется в зависимости от проницаемости пласта для создания первичного моста при кольматации (бриджинга). Обладает кислотной растворимостью, что полезно для вскрытия продуктивных горизонтов (<https://707.su/8kHY>).

В ходе выполнения работ проанализировали основные проблемы, которые возникали при бурении скважин в несовместимых геологических условиях, например, поглощения бурового раствора, перерасход химических реагентов и увеличение сроков строительства скважин, высокое непроизводительное время из-за неустойчивости глин. Также установили регионы где распространена данная проблема с высокоглинистыми и набухающими породами, а это ЯНАО, ХМАО, Оренбургская область и Красноярский край. Проанализировали существующие бриджинг-системы изучив их недостатки. Некоторые обладали недостаточной ингибирующей способностью, а растворы на углеводородной основе имеют высокую стоимость и экологические ограничения. На основе этого было принято решение о импортозамещении зарубежных технологий. В итоге была разработана отечественная импорта замещённая бриджинг-система на водной основе, ключевым компонентом которой является алюминат натрия, а самое главное все химические реагенты являются отечественными и доступными, что облегчает нефтедобычу. Разработанная система решила ключевые проблемы, о которых мы говорили в самом начале: снижает риск обрушения стенок скважины за счет ингибирования глин; сокращает непроизводительное время и перерасход химических реагентов; уменьшает общие сроки строительства скважин. Следовательно, предложенная отечественная импортозамещенная бриджинг-система РВО может рассматриваться как эффективная и экологически более безопасная альтернатива растворам на углеводородной основе при бурении в несовместимых геологических условиях на территории РФ.

Список литературы:

1. Грей Д. Р., Дарли Х. С. Г. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей). М.: Недра, 1985. 509 с.
2. Басарыгин Ю. М., Булатов А. И., Проселков Ю. М. Технология бурения нефтяных и газовых скважин. М.: Недра, 2001.
3. Пат. 4541485 США. Completion and workover fluid / Block J. ; заявитель и патентообладатель W. R. Grace & Co. № 507352 ; заявл. 24.06.1983 ; опубл. 17.09.1985. 11 с.
4. Аверкина Е. В., Шакирова Э. В., Николаева М. Б., Климова А. А. Сравнительный анализ реагентов-ингибиторов набухания глинистых отложений, применяемых на месторождениях Восточной Сибири // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 12. С. 138–145.
5. Кузьмин В. Н. Предотвращение гидратации и обвала глин // Нефть. Газ. Новации. 2019. № 6. С. 66–71.
6. Некрасова И. Л., Хвощин П. А., Казаков Д. А., Гаршина О. В., Оक्रमелидзе Г. В., Тирон Д. В. Комплекс методов оценки ингибирующих свойств буровых растворов по отношению к глинистым набухающим горным породам (на примере «Реактивных» глин монтмориллонитовой группы казанского, татарского ярусов пермской системы) // Недропользование. 2019. Т. 19. №2. С. 150-161.
7. Евдокимов Д. В., Коваль М. Е., Фоменко О. А. Оптимизация составов буровых растворов для предотвращения и ликвидации осложнений при бурении // Нефть. Газ. Новации. 2022. №1(253). С. 74–77.

8. Хебаиш А. Т. Буровые растворы и предупреждение осложнений при строительстве нефтяных и газовых скважин // Молодой ученый. 2025. №39(590). С. 71–74.

References:

1. Grej, D. R., & Darli, H. S. G. (1985). Sostav i svojstva burovyyh agentov (promyvochnyyh zhidkostey). Moscow. (in Russian).
2. Basarygin, Yu. M., Bulatov, A. I., & Proselkov, Yu. M. (2001). Tehnologiya bureniya neftyanyh i gazovyh skvazhin. Moscow. (in Russian).
3. Pat. 4541485 SSHA. Completion and workover fluid / Block J. ; zayavitel' i patentoobladatel' W. R. Grace & Co. №507352 ; zayavl. 24.06.1983; opubl. 17.09.1985. (in Russian).
4. Averkina, E. V., Shakirova, Eh. V., Nikolaeva, M. B., & Klimova, A. A. (2020). Sravnitel'nyy analiz reagentov-ingibitorov nabuhaniya glinistyyh otlozhenij, primenyaemyh na mestorozhdeniyah Vostochnoj Sibiri. Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta. *Inzhiniring georesursov*, 331(12), 138–145. (in Russian).
5. Kuz'min, V. N. (2019). Predotvrashchenie gidratacii i obvala glin. *Neft'. Gaz. Novacii*, (6), 66–71. (in Russian).
6. Nekrasova, I. L., Hvoshchin, P. A., Kazakov, D. A., Garshina, O. V., Okromelidze, G. V., & Tiron, D. V. (2019). Kompleks metodov ocenki ingibiruyushchih svojstv burovyyh rastvorov po otnosheniyu k glinistym nabuhayushchim gornym porodam (na primere «Reaktivnyh» glin montmorillonitovoj grupy kazanskogo, tatarskogo yarusov permskoj sistemy). *Nedropol'zovanie*, 19(2), 150-161. (in Russian).
7. Evdokimov, D. V., Koval', M. E., & Fomenko, O. A. (2022). Optimizatsiya sostavov burovyyh rastvorov dlya predotvrashcheniya i likvidatsii oslozhnenij pri burenii. *Neft'. Gaz. Novacii*, (1(253)), 74–77. (in Russian).
8. Hebaish, A. T. (2025). Burovye rastvory i preduprezhdenie oslozhnenij pri stroitel'stve neftyanyh i gazovyh skvazhin. *Molodoj uchenyj*, (39(590)), 71–74. (in Russian).

Поступила в редакцию
19.06.2026 г.

Принята к публикации
26.06.2026 г.

Ссылка для цитирования:

Маскутов А. Д., Тараканова М. С., Султанов Р. И. Импортзамещение бриджинг системы РВО для обеспечения устойчивости ствола скважины при бурении в несовместимых геологических условиях // Бюллетень науки и практики. 2026. Т. 12. №9. С. 214-218. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/130/23>

Cite as (APA):

Maskutov, A., Tarakanova, M., & Sultanov, R. (2026). Import Substitution for the RVR System to Ensure Borehole Stability when Drilling in Incompatible Geological Conditions. *Bulletin of Science and Practice*, 12(9), 214-218. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/130/23>