

**ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО КОЛЛОИДНОГО  
РЕАГЕНТА НА РЕОЛОГИЮ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА  
НОРМАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ**

*Кулаков Е.С., студент магистратуры, Уфимский государственный  
нефтяной технический университет*

***THE INFLUENCE OF STABILIZED COLLOIDAL REAGENT ON THE  
RHEOLOGY OF NORMAL-DENSITY CEMENT SLURRY***

*Kulakov E.S., Master's student, Ufa State Petroleum Technological University*

**Аннотация:** В статье исследуется влияние стабилизированных коллоидных реагентов (СКР) на реологические свойства цементных растворов нормальной плотности. Показано, что добавление СКР в количестве 0,5–1,0% от массы цемента способствует уменьшению растекаемости раствора, увеличению его вязкости и улучшению тиксотропных свойств, что особенно важно для качественного крепления скважин. Результаты экспериментов демонстрируют, что СКР повышает адгезию цементного камня к металлическим трубам и улучшает вытеснение бурового раствора из заколонного пространства. Также рассматриваются проблемы использования облегченных цементных растворов в условиях Крайнего Севера и предлагаются пути их решения, включая снижение водоцементного отношения и оптимизацию состава смесей.

**Ключевые слова:** цементные растворы, стабилизированные коллоидные реагенты, реология, тиксотропные свойства, адгезия, водоцементное отношение, крепление скважин, облегченные растворы, алюмосиликатные микросферы.

**Abstract:** The article investigates the influence of stabilized colloidal reagents (SCR) on the rheological properties of normal-density cement slurries. It is shown that adding SCR in amounts of 0.5–1.0% of the cement weight reduces slurry fluidity, increases its viscosity, and improves thixotropic properties, which is particularly important for high-quality well cementing. Experimental results demonstrate that SCR enhances the adhesion of set cement to metal casings and improves drilling mud

*displacement from the annulus. The article also addresses the challenges of using lightweight cement slurries in the Extreme North conditions and proposes solutions, including reducing the water-cement ratio and optimizing slurry composition.*

**Keywords:** *cement slurries, stabilized colloidal reagents, rheology, thixotropic properties, adhesion, water-cement ratio, well cementing, lightweight slurries, aluminosilicate microspheres.*

Реология цементных растворов является ключевым аспектом, влияющим на их производственные и эксплуатационные характеристики. В последние десятилетия наблюдается значительный интерес к разработке и применению различных добавок, среди которых особое место занимают стабилизированные коллоидные реагенты. Эти вещества способны изменять текучесть и структурные свойства растворов, что позволяет оптимизировать процесс работы с цементом. В условиях современного строительства скважин, где требования к качеству и надежности материалов становятся всё более строгими, исследование воздействия коллоидных реагентов на реологические характеристики цементных растворов нормальной плотности становится актуальной задачей.

В результате ранее проведенного лабораторного исследования и полевых испытаний при креплении технических колонн на трех скважинах Заполярного газоконденсатного месторождения было установлено, что использование специализированных коллоидных реагентов (СКР) способствует улучшению качества крепления скважин и повышению адгезии цементного камня к металлическим трубам [1].

Согласно проведенным экспериментам, добавление СКР существенно уменьшает растекаемость цементного раствора. При использовании 0,5–1,0% СКР от массы цемента, при водоцементном отношении (ВЦО) 0,50, растекаемость цементного раствора колебалась в пределах 8–12 см. В рамках исследования в цементных растворах также применялись пластификаторы, такие как D065 [2].

Данные, приведенные на рисунке 1, подтверждают, что СКР способствует увеличению вязкости пластифицированного цементного раствора нормальной плотности. При этом изменение вязкости материала незначительно при высоких скоростях сдвига, оставаясь стабильным в течение длительного времени (90–120 минут), что достаточно для завершения процесса

цементирования. Увеличенная вязкость раствора поможет более эффективно вытеснить буровой раствор из заколонного пространства, что является важным условием для обеспечения качественного крепления скважин.

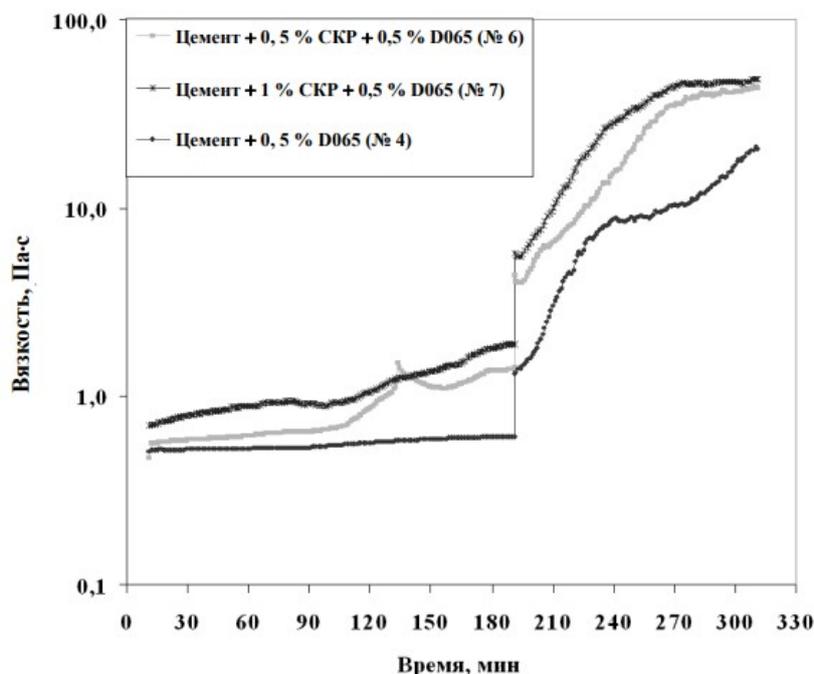


Рисунок 1 – Влияние СКР на реологию пластифицированных цементных растворов нормальной плотности [3]

При низкой скорости сдвига наблюдается более быстрое увеличение вязкости в растворе с добавлением СКР, что улучшает тиксотропные свойства смеси, и тем самым повышает устойчивость пластифицированного цементного раствора к прорыву флюидов. Результаты исследования показывают, что добавление СКР может улучшить вязкость и тиксотропные свойства раствора, что важно для повышения качества крепления скважин, а также может быть полезно в процессе капитального ремонта.

В условиях Крайнего Севера для укрепления верхних интервалов газовых скважин применяются облегченные цементные растворы. Это связано с необходимостью снижения давления на малопрочные породы разреза. Снижение плотности цементных растворов достигается за счет использования алюмосиликатных микросфер и соблюдения высокого водоцементного отношения. На практике установлено, что качества крепления именно верхних интервалов разреза, для которых используются облегченные цементные

растворы на основе смесей типов ЦТОС и ЦТРОС, вызывают значительные трудности.

Цементный камень не является оптимальным материалом, так как содержит высокое количество свободного гидроксида кальция. Введение в цементный или бетонный раствор мелкого песка, микрокремнезема или алюмосиликатных микросфер, которые преимущественно состоят из оксидов кремния и алюминия, способствует получению более прочного и стабильного цементного камня за счет реакции минералообразования с свободным гидроксидом кальция. Алюмосиликатные микросферы также снижают теплопроводность цементного камня, что особенно важно в условиях многолетней мерзлоты.

В результате проведенных исследований было установлено, что стабилизированные коллоидные реагенты (СКР) значительно улучшают свойства цементных растворов, используемых для крепления скважин. Применение СКР повышает адгезию цементного камня к металлическим трубам, а также способствует уменьшению растекаемости цементного раствора, что является важным параметром для достижения качественного крепления скважин.

Данные результаты показывают, что при добавлении 0,5–1,0 % СКР к цементным растворам происходит увеличение вязкости, особенно заметное при малых скоростях сдвига. Это указывает на улучшение тиксотропных свойств раствора, что говорит о его способности контролировать прорыв флюидов. Важным моментом является то, что увеличенная вязкость способствует более полному вытеснению бурового раствора из заколонного пространства, что критически важно для успешного цементирования и последующего качества крепления [4].

Тем не менее, проблема, затрагивающая верхние интервалы скважин в условиях Крайнего Севера, заключается в использовании облегченных цементных растворов с высоким водоцементным отношением. По сравнению с нормальными цементными растворами, облегченные растворы испытывают трудности с реологией, что затрудняет процесс замещения бурового раствора и ухудшает адгезию к породам. Предыдущие исследования указывали на алюмосиликатные микросферы как на возможную причину низкого качества крепления, однако полученные результаты подразумевают, что высокое водоцементное отношение является основной проблемой [5].

В связи с этим, предложение о снижении водоцементного отношения и совершенствовании состава цементных растворов с применением СКР и других добавок может оказать положительное влияние на качество крепления скважин. Таким образом, дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию состава цементных растворов для повышения их свойств и повышения эффективности процесса цементирования, особенно в сложных условиях верхних интервалов газовых скважин.

#### Список использованных источников

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – М., 1998. – 768 с.
2. Кузнецов, М. А. Обоснование компонентного состава тампонажной смеси для крепления скважин в условиях многолетнемерзлых пород и низких температур / М. А. Кузнецов, О. П. Тюлькин, И. А. Латыпов // Современные технологии в нефтегазовом деле. — Октябрьский: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2018. — С. 341–344.
3. Полозов, М. Б. Применение специального бурового цемента для предотвращения сероводородной агрессии при цементировании скважин / М. Б. Полозов, М. А. Т. С. Аль-Шаргаби, М. Ф. Джари // Управление техносферой. — 2018. — Т. 1, № 2. — С. 144–164
4. Романенко, Е. Н. Регуляторы реологических свойств для тампонажных растворов нового поколения компании / Е. Н. Романенко // Бурение и нефть. — 2021. — № 11. — С. 22–24.
5. Smith, J. A. Rheological Modifiers in Cement Slurries: Colloidal Additives and Their Impact on Thixotropy [Электронный ресурс] / J. A. Smith, R. B. Brown. – DOI 10.1016/j.colsurfa.2023.131234. – Текст : электронный // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2023. – Vol. 678. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927775723012345> (дата обращения: 20.06.2025).