

**0.1. Жигарев В.А., Минаков А.В., Лысакова Е.И.
Моделирование транспорта шлама рас-
творами с добавкой наночастиц**

Одним из направлений совершенствования добычи углеводородов является совершенствование технологий бурения скважин. Неэффективный транспорт частиц выбуренной породы (шлама) в скважине является одной из основных причин низкой эффективности процесса бурения. Одним из способов повышения эффективности очистки скважины от выбуренной породы является использование буровых растворов с улучшенными реологическими свойствами. Для улучшения свойств буровых растворов в последнее время стали активно применяться добавки различных наночастиц [1], [2].

Несмотря на достаточно большое количество известных исследований модификации свойств буровых растворов с помощью добавок различных наноматериалов, большинство из них посвящены растворам на водной основе. Между тем для бурения в сложных горно-геологических условиях лучше подходят растворы на углеводородной основе. В связи с этим в нашей работе впервые проведено систематическое расчетное исследование влияния добавок углеродных нанотрубок на характеристики транспорта частиц шлама в горизонтальном и вертикальном участках скважины буровыми растворами на углеводородной основе.

Проведено расчётное исследование влияния добавок углеродных нанотрубок в растворы на углеводородной основе на эффективность выноса шлама из горизонтальной и наклонной скважины. Для моделирования выноса шлама из скважины использовалась разработанная нами ранее модель, основанная на эйлеровом подходе гранулированной среды. Буровой раствор рассматривается как неньютоновская жидкость, для описания реологии которой использовалась модель Гершеля-Балкли. Расчетная область представляет собой кольцевой канал, образованный двумя гладкими прямыми трубами круглого сечения. Внутренняя труба вращается вокруг своей оси с постоянной угловой скоростью. Для расчета течений в скважине при прокачивании модифицированного бурового раствора выбраны типичные параметры процесса бурения наклонно-направленных скважин. Были рассмотрены многостенные и одностенные углеродные нанотрубки. Базовый буровой раствор на углеводородной основе представляет собой обратную эмульсию. В работе исследовано наиболее типичное для буровых растворов соотношение углеводородной фазы и воды, равное 65/35. Концентрация добавок наноматериалов в буровых растворах варьировалась от 0,01 до 2 масс.

Впервые выполнено систематическое исследование влияния концентрации наночастиц, а также значения угла наклона скважины к горизонту на эф-

фективность транспорта шлама буровыми углеводородными эмульсиями, модифицированными наноматериалами. Получены зависимости эффективности выноса шлама, средней скорости проскальзывания частиц шлама и потерь давления от концентрации и вида материала наночастиц, используемых в качестве добавок. Показано, что эффективность выноса шлама во всех рассмотренных случаях растет с увеличением концентрации добавок.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант № 23-79-30022).

Список литературы

- [1] ANASAN M. H., ALANI ALVI M. F., AHMED N., ET AL. An investigation of the effects of synthesized zinc oxide nanoparticles on the properties of water-based drilling fluid // *Petroleum Research*. 2022. Vol. 7. N. 1. P. 131–137.
- [2] EDALATFAR M., YAZDANI F., SALEHI M. B. Synthesis and identification of ZnTiO₃ nanoparticles as a rheology modifier additive in water-based drilling mud // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2021. Vol. 201. 108415.