

## ЛИТЕРАТУРА

1. Shahmoradi J. et al. Face Stability Analysis for the Earth Pressure Balance Method in Nonhomogeneous Inclined Soil Layers: Case Study // International Journal Of Geomechanics. – 2020. – Vol. 20. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GM.1943-5622.0001833](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0001833).
2. Zhang C. et al. Face stability analysis of a shallow horseshoe-shaped shield tunnel in clay with a linearly increasing shear strength with depth // Tunnelling And Underground Space Technology – 2020. – Vol. 97. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103291>.
3. Qarmout, M. Обзор семи моделей устойчивости забоя тоннелей // CivilEng. – 2022.
4. Guilhem, M. Вероятностный анализ и проектирование тоннелей с учетом устойчивости забоя // Journal Of Geotechnical And Geoenvironmental Engineering. – 2009.
5. Guilhem, M. Вероятностный анализ сдвижений поверхности при проходке тоннеля // Journal Of Geotechnical And Geoenvironmental Engineering. – 2009.
6. Guilhem, M. Анализ устойчивости забоя тоннелей, пройденных щитом с пригрузом // Journal Of Geotechnical And Geoenvironmental Engineering. – 2010.
7. Huang M. et al. Continuous field based upper bound analysis for three-dimensional tunnel face stability in undrained clay// Computers And Geotechnics – 2018. – Vol. 94. – P. 207–213. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2017.09.014>.

УДК 622.24.063.2

### **ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ДОБАВОК В БУРОВЫХ РАСТВОРАХ APPLICATION OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY ADDITIVES IN DRILLING FLUIDS**

Лаврентиади Ю.С., студент кафедры Бурения скважин, Санкт-Петербургский горный университет, Васильевский остров, 21 линия, 2, г. Санкт-Петербург, 199106, Россия, [lavrentiadi.yury@yandex.ru](mailto:lavrentiadi.yury@yandex.ru)

Стативко В.С., аспирант кафедры минералогии, кристаллографии и петрографии, Санкт-Петербургский горный университет, Васильевский остров, 21 линия, 2, г. Санкт-Петербург, 199106, Россия, [vlad.stativko@mail.ru](mailto:vlad.stativko@mail.ru)

Lavrentiadi Y.S., Student of Well Drilling Department, St. Petersburg Mining University, Vasilievsky Island, 21 liniya, 2, St. Petersburg, 199106, Russia. [lavrentiadi.yury@yandex.ru](mailto:lavrentiadi.yury@yandex.ru),

Stativko V.S., Graduate student of the Department of Mineralogy, Crystallography and Petrography, St. Petersburg Mining University, Vasilievsky Island, 21 liniya, 2, St. Petersburg, 199106, Russia, [vlad.stativko@mail.ru](mailto:vlad.stativko@mail.ru)

**Аннотация.** В настоящей работе произведен обзор литературных источников, где в качестве добавок к буровым растворам были использованы экологически чистые смеси. Приведены примеры работ, где в буровых растворах использовались добавки на основе пищевых отходов и растений (бамии, пурпурных лепестков шафрана и семян тamarинда). Установлено, что экологически безопасные «зеленые» добавки не уступают по своим свойствам обычным химическим смесям и могут быть использованы вместо них в буровых растворах на водной основе.

**Ключевые слова:** буровые растворы, экологически чистые добавки, «зеленые» добавки, свойства бурового раствора, реологические параметры.

**Abstract.** In this paper reviewed the literature, where environmentally friendly mixtures were used as additives for drilling fluids. Examples are given, where additives based on food

waste and plants (okra, purple saffron petals and tamarind seeds) were used in drilling fluids. It is established, that environmentally safe "green" additives are not inferior in their properties to usual chemical mixtures and can be used instead of them in drilling muds on the water basis.

**Key words:** drilling muds, environmentally friendly additives, "green" additives, drilling mud properties, rheological parameters.

**Введение.** На сегодняшний день в буровой промышленности существует множество различных добавок (смесей), которые активно используются для обеспечения удовлетворительного состояния бурового раствора при бурении скважин. Однако различными исследователями установлено, что в состав этих смесей входят компоненты, которые оказывают негативное влияние на окружающую среду и рабочую силу [1–3]. Более того, отработанные буровые растворы и шлам, оставшиеся на стенках нерекультивированных скважин, также оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду, загрязняя почву и водоносные горизонты [4–7].

Буровые растворы, несомненно, являются неотъемлемой частью любой буровой операции. Именно поэтому актуальным направлением является исследование состава смесей, используемых для улучшения качественных характеристик буровых растворов [8–10]. Целью настоящей работы является оценка влияния экологически чистых добавок на реологические и фильтрационные параметры буровых растворов. Для достижения поставленной цели произведен обзор опубликованной литературы.

**Основная часть.** Основываясь на данных из литературных источников, добавки к буровым растворам должны обладать экологически чистым составом и быть биоразлагаемыми. С данными требованиями согласуются свойства «зеленых» добавок, одним из примеров которых являются добавки на основе пищевых отходов, активно используемые в нефтяной и газовой буровой промышленности [11, 12].

Для приготовления экологически чистого бурового раствора с различными размерами частиц и концентрациями могут быть использованы добавки растительного типа (сено, трава или пальмовые листья). Например, смеси растительного типа, незначительно добавленные в бентонитовый буровой раствор, способны улучшить реологические свойства: вязкость и прочность. Альтернативной экологически чистой добавкой к буровым растворам является бамия. Доказана эффективность порошка из этого растения в качестве регулятора потерь жидкости в буровых растворах. Проведены реологические испытания для определения влияния добавления бамии на буровые растворы. Эффективность бамии в качестве добавки оценивали при отсутствии и наличии глинистого компонента в буровых растворах. При малообъемном введении бамии в буровые растворы на глинистой основе заметно улучшаются реологические свойства этого раствора по сравнению с буровыми растворами, в которых глинистый компонент не содержится.

Нередко во время бурения скважин буровые растворы проникают по поровому пространству и микротрещинам во вмещающие скважину породы, в результате чего может происходить загрязнение окружающей среды. Во избежание этого предложено использовать пурпурные лепестки шафрана в качестве экологически чистой добавки в буровые растворы. Введение порошка из листьев этого растения в буровой раствор значительно повышает предел текучести по сравнению с составом базового бурового раствора. По мере увеличения концентрации этой смеси в буровых растворах уменьшаются потери фильтрата, что связано с появлением глинистой корки на стенках скважины. Таким образом, при бурении поровое пространство и микротрещины горных пород заполняются взвешенными глинистыми частицами, предотвращая при этом распространение бурового раствора в горные породы и, следовательно, загрязнение окружающей среды. При этом как скорость фильтрации, так и толщина глинистой корки могут являться контролируемыми параметрами буровых растворов [20].

Учитывая, что плотность бурового раствора обеспечивает стабильность ствола скважины и контролирует пластовое давление, оценено влияние порошка из семян тамаринда на плотностные свойства бурового раствора. В ходе этого исследования было установлено, что плотность бурового раствора увеличивается при незначительном добавлении порошка из семян тамаринда в комбинации с бентонитом. В результате эксперимента плотность бурового раствора в пробах стала составлять 8,22–8,97 фунтов на галлон, что считается подходящим диапазоном для использования в качестве добавки в состав буровых растворов.

**Выводы.** В совокупности данных, полученных в результате литературного обзора, выявлено, что в ряде примеров экологически безопасные «зеленые» добавки не уступают по своим свойствам химическим смесям и могут быть использованы вместо них в буровых растворах на водной основе. Явным преимуществом использования «зелёных» добавок в буровых растворах является то, что требуемое количество смеси для улучшения характеристик бурового раствора очень мало.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Литвиненко В.С., Николаев Н. И. / Технологические жидкости для повышения эффективности строительства и эксплуатации нефтяных и газовых скважин. Записки Горного института. – 2011. – № 194. – С. 84.
2. Малышкин, М.М. Экологизация технологии бурения скважин. Записки Горного института. – 2013. – № 203. – С. 63.
3. Малышкин, М.М. Снижение экологической опасности при ведении буровых работ. Записки Горного института. – 2014. – № 207. – С. 186.
4. Васильев С. И., Милосердов Е. Е., Булчаев Н. Д. Экологические проблемы при разработке и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений Восточной Сибири. Горная промышленность. – 2015. – № 3. – С. 88.
5. Замотаев И. В., Иванов И. В., Михеев П. В., Никонова А. Н. (2015). Химическое загрязнение и трансформация почв в районах добычи углеводородного сырья (обзор литературы). Почвоведение. – 2015. – № 12. – С. 1505–1505.
6. Жолдакова, З., Беляева, Н. И. Опасность загрязнения водных объектов при нефтесудобыче. Гигиена и санитария. – 2015. – № 94. – С. 28–31.
7. Крылов В. И., Крецул В. В., Гимазетдинов В. М. Основные факторы, влияющие на загрязнение продуктивных пластов, и разработка рекомендаций по повышению продуктивности скважин. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2015. – № 12. – С. 31–36.
8. Николаев Н.И., Леушева Е. Л. Разработка составов промывочных жидкостей для повышения эффективности бурения твердых горных пород. Записки Горного института. – 2016. – № 219. – С. 412.
9. Яковлев, А.М. (1976). Значение смазывающих добавок при алмазном бурении. Записки Горного института. – 1976. – № 71. – С. 80.
10. Novriansyah, A. Experimental analysis of the use of cassava as a means of controlling fluid losses in drilling mud. Mater. Today's Process. – 2021. – № 39. – С. 1094–1098.
11. Ali, M.; Jarni, H.H.; Aftab, A.; Ismail, A.R.; Saady, N.M.C.; Sahito, M.F.; Keshavarz, A.; Iglauer, S.; Sarmadivaleh, M. Nanomaterial-based drilling fluids for exploitation of unconventional reservoirs: A review. Energies. – 2020. – № 13. – С. 3417.
12. Bologna, M.; Aquino, G. Deforestation and world population sustainability: A quantitative analysis. Sci. Rep. – 2020. – № 10. – С. 7631.