

УДК 665.6/.7

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ВЕЩЕСТВ И БИОПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ПРЕТОВАЩЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ В СТВОЛЕ СКВАЖИНЫ

Шаньшина А.Д. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Успенская М.В.  
(Университет ИТМО)

**Введение.** Анализ опыта использования химических методов предотвращения гидратообразования, основанных на использовании распространенных на промысле спиртов и солей, позволил выявить ряд важных проблем при их эксплуатации. Так, в настоящее время на первый план выходят вопросы, связанные с безопасностью и экологичностью составов, закачиваемых в скважину с целью увеличения времени на образование кристаллогидрата и/или с целью уменьшения температуры сдвига фазового равновесия газового гидрата. Этот вопрос актуален как для группы термодинамических композиций, которые повсеместно и в больших объемах используются на месторождениях в достаточно высоких концентрациях, так и для кинетических ингибиторов, способных причинить значительный вред как нашей экосистеме, так и здоровью человека.

Более того, многие из этих химических веществ классифицируются как токсичные или ядовитые, что создает опасность для здоровья людей, особенно при личном контакте с ними. В дополнение к этому, традиционные ингибиторы, такие как метанол, моно(ди/три)этиленгликоли, PVP и PVCар, приводят к проблеме загрязнения отработанных производственных вод, что делает их непригодными для дальнейшего использования и влечет за собой негативные экологические последствия [1-2]. В связи с этим, вопрос поиска и анализа оптимального ингибитора, который будет одновременно технологически эффективным и экологически безопасным, является релевантным и актуальным.

**Основная часть.** В настоящем исследовании были изучено и проанализировано применение более экологичных реагентов и систем, которые имеют сопоставимую ингибирующую способность с наиболее распространенными химическими соединениями, используемыми в качестве ингибиторов гидратообразования, а также их результативность. В качестве первой группы сравнительных составов с ингибирующей способностью были исследованы такие природные вещества, как: КМЦ, крахмал, гуаровая камедь, гуммиарабик и сульфат натрия [3].

В ходе исследований полученных результатов было выявлено, что:

- 1) гуаровая камедь и сульфат натрия существенно замедляют рост гидрата на 30% по сравнению с водой, если их концентрация в системе составляет всего 1%;
- 2) гуммиарабика способствует формированию газового гидрата при более высокой температуре (выше 6°C);
- 3) КМЦ и крахмал могут рассматриваться как кинетические ингибиторы, но их вклад в предотвращение роста гидрата относительно невелик;

В качестве второй группы составов были выбраны определенные природные полимеры: карбоксиметилцеллюлоза (Na-CMC), ксантановая камедь (XG), пектин, крахмал тапиоки и аминокислоты глицина (G) и исследовалось их влияние на кинетику формирования газогидратов [4]. Исследование направлено на определение влияния каждого компонента и их смеси на замедление времени индукции газогидрата. Сравнение проводилось на основе времени индукции веществ или смеси природного полимера с глицином, который известен как термодинамический ингибитор [5].

В ходе работы было выявлено, что:

- 1) все рассмотренные вещества и их смеси в данных термобарических условиях демонстрируют хорошую ингибирующую способность, увеличивая время индукции газогидрата;

- 2) при увеличении температуры системы до 277 К эффективность рассмотренных составов существенно снижается;
- 3) в данных термобарических условиях наиболее эффективными являются 0,2% раствор пектина и 0,2% раствор ксантановой камеди по сравнению с гликолем;
- 4) Добавление всех рассматриваемых натуральных полимеров в количестве 0,2% к 0,2% раствору глицина усиливает его ингибирующий эффект;
- 5) что добавление чистого Na-CMC даже в меньших концентрациях уменьшает время образования гидрата даже по сравнению с водой.

**Заключение.** Таким образом, в процессе исследования первой группы ингибиторов — природных веществ — было проведено сравнение эффекта всех этих веществ с широко используемым полимером PVP. Полисахариды, например, демонстрировали относительно небольшое влияние на рост гидрата. Однако, возможны дальнейшие исследования в этой области, так как использование "зеленых" ингибиторов на месторождениях может сделать нефтегазовую отрасль более экологически безопасной.

Подытожив анализ ингибирующих свойств второй группы веществ — природных полимеров — можно заключить, что такие натуральные полимеры представляют собой перспективные, экологически чистые ингибиторы гидратообразования. Глицин может служить основой для приготовления ингибирующего раствора, поскольку все рассмотренные полимеры при добавлении их к глицину, даже в небольшой концентрации, показывали усиление ингибирующей способности глицина. Важно отметить, что в рассмотренных исследованиях использовались низкие концентрации веществ, что говорит о потенциально низких затратах на использование таких ингибиторов. Однако, для промышленного внедрения данного метода необходимо провести более масштабные исследования в широком диапазоне температур и давлений, а также изучить зависимость ингибирующей способности от концентрации данных натуральных полимеров.

#### **Список использованных источников:**

1. Sangam Gupta et al. Zymography assisted quick purification, characterization and inhibition analysis of *K. pneumoniae* alkaline phosphatase by mercury and thiohydroxal compounds // Protein Expression and Purification Volume 201, January 2023. DOI: 10.1016/j.pep.2022.106185.
2. Xiong Xiao et al. Assessing the sustainability of ecosystems over fourteen years of cultivation in Longnan City of China based on emergy analysis method // Journal of Environmental Management Volume 307, 1 April 2022. DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.114513.
3. Wan L., Zhang N., Liang De-Q. Inhibition effects of polysaccharides for gas hydrate formation in methane–water system // Journal of Molecular Liquids. 2019. №292. DOI: 10.1016/j.molliq.2019.111435.
4. Yaqub S. Thi Ko Ko H., Lal B et al. Effect of biopolymers and their mixtures with glycine on the formation kinetics of methane hydrates // Journal of Molecular Liquids. 2022. №366. DOI: 10.1016/j.molliq.2022.120345.
5. Cornelius B. Bavoh et al. Experimental and modelling of the impact of quaternary ammonium salts/ionic liquid on the rheological and hydrate inhibition properties of xanthan gum water-based muds for drilling gas hydrate-bearing rocks // Journal of Petroleum Science and Engineering Volume 183, December 2019. DOI: 10.1016/j.petrol.2019.106468.