

УДК 665.6/7

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРОВ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНОГО ТИПА ДЕЙСТВИЯ

Ворожцова Ю.С. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д.х.н., проф. А.А. Слободов  
(Университет ИТМО)

В данной работе уделяется внимание проблеме гидратообразования при добыче нефти. Предлагаются методики оценки эффективности ингибиторов гидратообразования с учётом их типа действия (термодинамического и кинетического).

**Введение.** Кристаллы газовых гидратов образуются в условиях сочетания низких температур и высоких давлений в присутствии воды и газов-гидратообразователей, которые входят в состав природного и попутного газов, нефти и газового конденсата (углекислый газ, сероводород и газообразные алканы). Подобные явления часто наблюдаются или происходят в процессе добычи нефти и газа, особенно в суровых климатических условиях месторождений РФ. Кристаллы гидратов агломерируются в промысловых системах добычи и транспортировки углеводородов и могут вызывать закупорку трубопроводов. Среди современных способов борьбы с образованием гидратных пробок наиболее часто применяемым является использование метанола, а также других реагентов для удаления и предотвращения процессов гидратообразования, различающихся по способу воздействия на образующиеся газовые гидраты. Принцип действия термодинамических ингибиторов гидратообразования заключается в изменении основных термодинамических свойств системы с жидкими средами для смещения равновесной кривой гидратообразования и сужения области существования гидрата. Они чаще всего представлены спиртами (метанол, моноэтиленгликоль, диэтиленгликоль) и рассолами, например, 30 %-й раствор хлорида кальция. Кинетические ингибиторы характеризуются временем задержки нуклеации и/или роста гидрата. Кинетическими ингибиторами гидратообразования являются полимеры. У каждого основная полиэтиленовая цепь соединена с «подвесной» группой, содержащей амидную связь ( $-N-C=O$ ), часто внутри кольца из пяти-семи элементов. Кинетические ингибиторы могут адсорбироваться на кристаллы, а «подвесная» группа проникает в конкретные места (частично заполненные клетки), в то же время основные цепи полимеров растягиваются по поверхности кристалла. Кристалл может продолжать расти только вокруг полимера; иной рост кристалла блокируется. В настоящее время эффективные дозировки ингибиторов гидратообразования определяются в ходе опытно-промышленных испытаний, что обуславливает высокие экономические затраты и технологические риски. Поэтому исследование эффективности их эффективности лабораторными методами является актуальной производственной задачей. Однако в силу разницы между ингибиторами гидратообразования различных типов по механизму воздействия на образующиеся гидраты необходимы разные подходы к оценке их эффективности и выбору эффективных дозировок.

**Основная часть.** В частности, с образованием гидратов сталкиваются при эксплуатации газлифтных скважин Восточного участка Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения (ВУ ОНГКМ). Ранее нами была проведена оценка условий гидратообразования на ВУ ОНГКМ и выявлены высокие риски. Первоначально была построена кривая гидратообразования для исследуемого объекта в термостатируемом автоклаве с моделированием среды вода/газ. Таким образом целью данной работы является исследование эффективности ингибиторов гидратообразования различных типов действия для выбора наилучших реагентов, способных предупредить образование гидратов в промысловых системах ВУ ОНГКМ.

В рамках работы проводилось исследование 13 реагентов термодинамического действия и 13 реагентов кинетического действия. Экспериментальные исследования кинетических ингибиторов осуществлялись при помощи установки RCS6 в условиях, имитирующих

промысловые, при начальном давлении в ячейках – 30 бар и температуре – 8°C. Эффективность действия ингибиторов оценивалась в условиях изменения температуры (охлаждение до -15°C) по температуре начала поглощения гидратообразующего газа, по перепаду давлений в ячейке и объемной концентрации исследуемого ингибитора. Чем дольше ингибитор способен предотвращать нуклеацию кристаллов газогидратов, тем он эффективнее. Оценка эффективности термодинамических реагентов была проведена изотермическим методом на автоклаве ГНА350 при постоянном перемешивании со скоростью 600 оборотов в минуту в условиях:  $t = 2^\circ\text{C}$ , начальное давление 50 атм; среда - вода/газ. Она определялась по способности предотвращать или растворять появляющиеся кристаллы газогидратов при заданных давлении и температуре, соответствующих термобарическим условиям в системе добычи и транспорта активного газа на ВУ ОНГКМ. Факт появления газогидратов фиксировался визуально, а также по перепаду давления в исследуемой системе. В результате тестирования определены наиболее эффективные реагенты и их минимальные дозировки, максимально снижающие температуру начала образования гидратов, выданы рекомендации к опытно-промышленным испытаниям ингибиторов на ВУ ОНГКМ.

**Выводы.** Все исследуемые ингибиторы термодинамического действия в различных концентрациях (15% или 20% об. в попутно-добываемой воде) эффективны в условиях ВУ ОНГКМ, в то время как среди кинетических ингибиторов образование гидратов предотвращают лишь три реагента при объёмных дозировках 2,5% и 5% от количества попутно-добываемой воды. Из проведенного исследования можно сделать вывод, что в условиях ВУ ОНГКМ термодинамические ингибиторы лучше предотвращают гидратообразование, что может быть связано с резкими перепадами температур и давлений в насосно-компрессорных трубах (НКТ), на запорно-регулирующих устройствах фонтанных арматур (ФА), сборных коллекторах и системе подачи газлифтного газа. Известно, что кинетические ингибиторы эффективнее в условиях переохлаждения от низких до умеренных, благодаря своему молекулярному строению, описанному выше.