

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук Деминской Наталии Григорьевны на диссертацию Лаврик Анны Юрьевны на тему: «Обоснование и разработка состава ингибирующей технологической жидкости для освоения газовых скважин в условиях гидратообразования», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.2. Технология бурения и освоения скважин

1. Актуальность темы диссертации

Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года предусматривает постепенное увеличение объёма добычи нефти и газового конденсата в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке и в Арктической зоне РФ, и постепенное уменьшение объёма добычи нефти и газового конденсата в Западной Сибири. Также к 2035 году ожидается более чем четырехкратное увеличение объёма добычи газа в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Таким образом, возрастает роль месторождений, расположенных в районах сурового климата, в зонах распространения многолетнемёрзлых пород. В таких условиях приобретает актуальность проблема возникновения техногенных газовых гидратов в технологическом оборудовании, используемом при освоении скважин.

Актуальность проблемы гидратообразования в технологическом оборудовании и, в частности, в насосно-компрессорных трубах (НКТ), при освоении газовых скважин определяется на месторождениях сочетанием природно-климатических и технологических факторов. При определённых термобарических условиях на этапе освоения или режима работы скважины, в колонне НКТ могут образовываться техногенные гидраты природного газа. Применяемый для недопущения их возникновения метанол как термодинамический ингибитор смещает термобарические условия гидратообразования в область более низких температур, однако имеет некоторые недостатки. Среди них растворимость в потоке флюида, токсичность, пожароопасность. В этой связи актуальными становятся исследования, направленные на поиск новых ингибирующих составов, способных не только смещать термобарические условия гидратообразования, но также замедлять процессы зарождения кристаллов гидратов. Такие ингибиторы, называемые кинетическими, можно использовать в существенно меньших концентрациях, поскольку они дают запас времени, достаточный для прохождения флюида через участок, опасный с точки зрения температуры и давления гидратообразования. Отдельно стоит выделить исследования, направленные на создание комбинированных ингибиторов термодинамического и кинетического действия.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-283 от 03.07.26
АУ УС

Таким образом, представленная диссертация, направленная на повышение эффективности борьбы с гидратообразованием в НКТ при освоении скважин путём использования разработанной ингибирующей технологической жидкости двойного действия, представляется крайне актуальной.

2. Научная новизна

1. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность изменения термобарических условий формирования и увеличения периода нуклеации газовых гидратов за счёт механизма образования водородных связей между катионами аммония NH_4^+ и молекулами воды, что обеспечивает высокую концентрацию ионов в растворе заданной плотности, применяемом в качестве технологической жидкости при освоении скважин.

2. Получены коэффициенты полуэмпирической модели, основанной на уравнении Клапейрона-Клаузиуса, позволяющие уточнить условия формирования газовых гидратов метана и диапазон термобарических параметров применения технологической жидкости при освоении газовых скважин.

3. Научные результаты, их ценность

Диссертационное исследование Лаврик Анны Юрьевны направлено на повышение эффективности борьбы с гидратообразованием в НКТ при освоении скважин с использованием ингибирующей технологической жидкости.

По итогам диссертационной работы:

1. Разработана методика исследования ингибиторов гидратообразования, включающая определение равновесных параметров разложения гидратов, а также кинетических параметров их образования – времени индукции (методом фиксированной температуры переохлаждения и методом постоянного снижения температуры) и максимальной температуры переохлаждения.

2. Проведены экспериментальные исследования термодинамических и кинетических свойств ингибирующих жидкостей с фиксированной плотностью в диапазонах давлений от 3 до 32 МПа. Установлено, что среди хлоридов калия, натрия и аммония, а также тиоцианата аммония и карбамида наиболее сильный ингибирующий эффект оказывает NH_4Cl , смещая кривую фазового равновесия относительно KCl и NaCl на 8 °C при 20 МПа.

3. Предложена математическая модель на основе уравнения Клапейрона-Клаузиуса, связывающая температуру и давление образования гидратов метана, и определены её коэффициенты для исследуемых систем «метан – вода – ингибитор».

4. Разработана ингибирующая технологическая жидкость для борьбы с гидратообразованием при освоении скважин с плотностью 1050 кг/м^3 , обеспечивающая предотвращение образования гидратов в НКТ, включающая NH_4Cl (15-20 масс. %), ПВП (0,5-1 масс. %), КМЦ (1-2 масс. %), ПГМГ (0,2-0,4 масс. %) и воду техническую (76,6-83,3 масс. %). Установлено, что данный состав в области давлений до 6 МПа показывает аналогичную, а в области давлений выше 6 МПа – превосходящую ингибирующую способность в сравнении с раствором метанола 20 масс. % (снижение равновесной температуры на $2,2^\circ\text{C}$ при 20 МПа). Разработанный состав в 2,5 раза увеличивает нуклеационный период образования гидратов относительно раствора NH_4Cl .

5. Выработаны практические рекомендации по определению зон потенциального образования гидратов в НКТ. Также даны рекомендации по применению состава ингибитора на месторождениях, осложнённых возникновением газовых гидратов в процессе операций по освоению газовых скважин.

4. Теоретическая и практическая значимость

Разработан и запатентован состав ингибирующей технологической жидкости (патент № 2855205), который по своим термодинамическим свойствам сопоставим с водометанольным раствором, имеющим некоторые недостатки, но, в отличие от последнего, демонстрирует кинетические ингибирующие свойства, замедляя процесс гидратообразования. Автором предложена методика комплексной оценки эффективности ингибиторов, включающая определение равновесных температур и давлений, индукционного периода при двух режимах охлаждения и максимальной температуры переохлаждения. Результаты работы могут быть использованы при разработке технологических жидкостей для освоения газовых скважин. Даны практические рекомендации по применению разработанного состава, представлены расчёты температурных профилей газовой скважины и идентификация зон риска гидратообразования. Результаты диссертационной работы внедрены в производственную деятельность ООО «ИНК-СЕРВИС» и в образовательный процесс университета.

5. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Степень обоснованности и достоверности полученных результатов подтверждается методологической базой, объёмом и качеством экспериментальных данных, полученных на сертифицированном поверенном оборудовании. В работе применены методы математического моделирования и математической статистики. Результаты теоретических и экспериментальных исследований согласуются между собой и не противоречат известным представлениям о термодинамике и кинетике гидратообразования.

Обоснованность выводов подтверждается апробацией результатов на всероссийских и международных конференциях.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационной работы могут быть использованы компаниями, специализирующимися на производстве буровых и технологических жидкостей, компаниями, осваивающими и эксплуатирующими газовые и газоконденсатные скважины, а также научно-исследовательскими институтами и университетами, ведущими научную деятельность в обозначенных вопросах.

7. Замечания и вопросы по работе

Диссертация и автореферат диссертации изложены технически грамотным языком, последовательно и логично. Вместе с тем, в ходе ознакомления с диссертацией были отмечены некоторые недостатки и замечания, не влияющие, впрочем, на общую положительную оценку работы:

1. В диссертации отмечено, что при наличии в составе флюида минерализованной пластовой воды ингибирующая способность технологической жидкости, а, значит, и концентрация действующих компонентов, может быть ниже. Однако не даётся оценка возможного снижения концентрации ингибитора от минерализации и доли пластовой воды во флюиде.

2. При аппроксимации экспериментальных кривых фазового равновесия гидратов метана автором сравнивалась модель, представляющая собой многочлен третьей степени, и модель, основанная на законе Клапейрона-Клаузиуса. Вместе с тем, отсутствует обоснование, почему для аппроксимации было решено использовать многочлен третьей, а не высших степеней.

3. Применяемый при освоении газовых скважин метанол может иметь концентрацию, близкую к 100%. Для обеспечения требуемой ингибирующей способности его массовый расход может быть уменьшен, что снижает и его массовую концентрацию в потоке флюида. Очевидно, что разработанный состав ингибирующей технологической жидкости, обладая рядом преимуществ, не может при этом иметь концентрацию, близкую к 100% масс. Было бы полезно указать ограничения по массовой концентрации разработанной технологической жидкости.

4. Таблица 4.2, содержащая краткие сведения о горных породах в разрезе рассматриваемых скважин Ковыктинского ГКМ, приведена скорее для справки, поскольку интервалы залегания горных пород в расчётах не использованы, либо их использование не раскрыто.

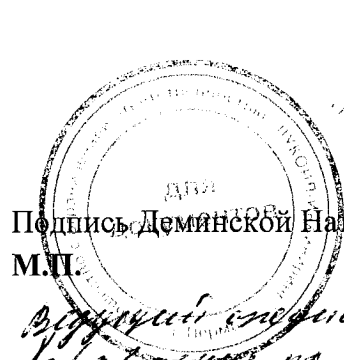
Несмотря на указанные замечания, диссертационное исследование заслуживает

положительной оценки, а полученные научно-технические результаты обладают значимостью и ценностью при решении прикладных задач бурения и освоения скважин.

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Обоснование и разработка состава ингибирующей технологической жидкости для освоения газовых скважин в условиях гидратообразования», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.2. Технология бурения и освоения скважин, полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор **Лаврик Анна Юрьевна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.2. Технология бурения и освоения скважин.

Официальный оппонент,
Руководитель направления разработки проектной документации
Управления проектирования строительства скважин
ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»
кандидат технических наук по специальности 25.00.15 – Технология
бурения и освоения скважин



Деминская Наталья Григорьевна

29.06.2026

Подпись Деминской Натальи Григорьевны заверяю
М.П.

*Ведущий специалист
Управления по работе с персоналом ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»*
Сведения об официальном оппоненте:

Общество с ограниченной ответственностью «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»

Почтовый адрес: 614000, г. Пермь, ул. Пермская, д. 3а

Официальный сайт в сети Интернет: engineering.lukoil.ru

эл. почта: deminskaya-n@mail.ru телефон: +7(342)233-62-82