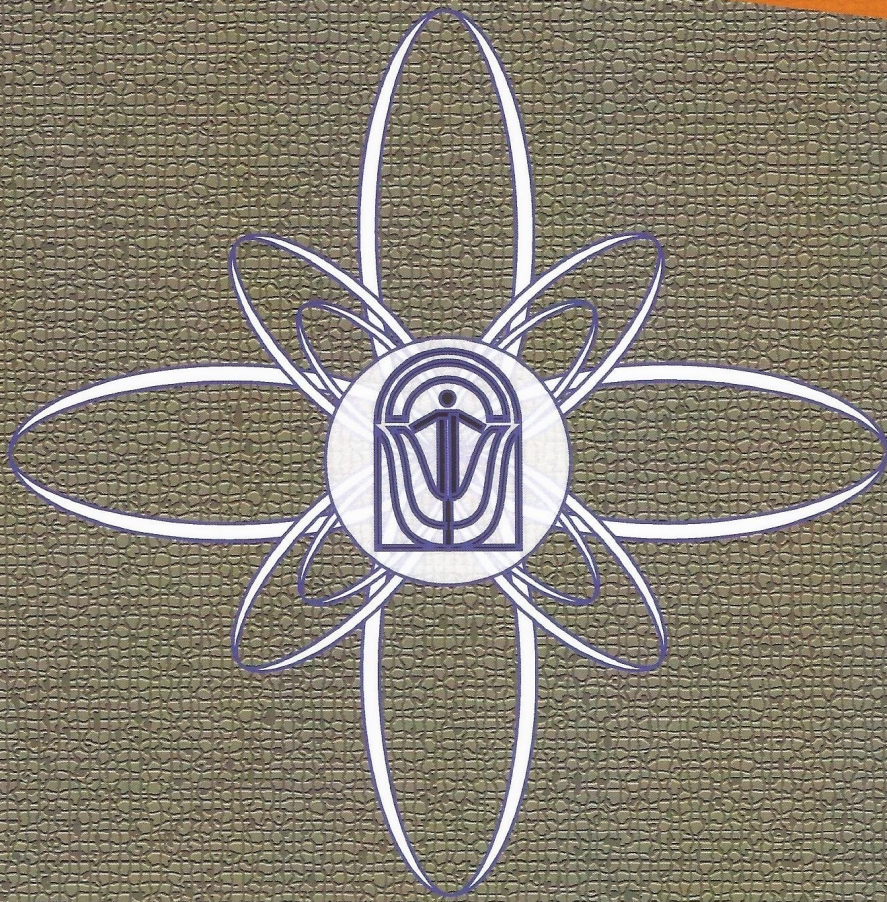


ISSN 2224-9656

сервисные технологии / проектирование / промышленная безопасность

ПРОМЫШЛЕННЫЙ СЕРВИС



№1 (62)
2017

project management / outsourcing / engineering

INDUSTRIAL SERVICES

www.nitu.ru

Исследование влияния химических реагентов депрессорного типа на транспортировку газового конденсата

А. В. Лужецкий, С. Т. Нугаев, А. С. Чурилова
РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина,
E-mail: luzhetskiy@yandex.ru

В статье рассмотрены осложнения, возникающие при транспортировке газового конденсата с высоким содержанием высокомолекулярных парафиновых углеводородов трубопроводным транспортом.

Предложен способ борьбы с этими осложнениями путем применения химических реагентов депрессорного типа. На основании комплекса проведенных исследований, направленных на оценку влияния депрессорных присадок на температуру застывания и количество парафиновых отложений, предложен реагент, продемонстрировавший высокую эффективность по обоим критериям.

Ключевые слова: транспортировка, газовый конденсат, депрессорные присадки, температура застывания, гидравлический испытательный стенд WAX Flow Loop.

Благодаря освоению ачимовских залежей газового конденсата в Западной Сибири, его добыча растет быстрыми темпами. Однако в связи с большим содержанием в нем высокомолекулярных парафинов нормального строения, конденсат имеет относительно высокую температуру застывания. Поэтому возникают трудности при его транспортировке, связанные с выпадением и отложением парафинов на стенках трубопровода.

В данной работе рассмотрен способ борьбы с этими осложнениями путем применения химических реагентов депрессорного типа и проведен подбор эффективной для данной углеводородной системы присадки.

В представленной работе рассмотрен конденсатопровод, по которому транспортируется смесь конденсата нескольких месторождений, приуроченных к валанжинским (месторождения 1–5) и ачимовским (месторождение 6) залежам (рис. 1). Конденсат этих месторождений отличается по составу. Если в конденсате валанжин-

ских залежей содержатся в основном легкие углеводороды, то в конденсате ачимовских залежей в больших количествах содержатся высокомолекулярные парафины. Это обуславливает относительно высокую температуру застывания конденсата. Для предотвращения парафиноотложений конденсат перед транспортировкой подогревают, поэтому возникает большой градиент температур потока конденсата, поступающего с ачимовских залежей, и общего потока. Температура в точке смешения потоков составляет 20 °С. В связи с этим, возникают осложнения, связанные с выпадением парафинов на участке трубопровода от данной точки смешения до ЗПК. На этом участке происходит сужение рабочего диаметра трубопровода, и, как следствие, снижается его пропускная способность.

Существует два способа борьбы с вышеуказанными осложнениями:

1) подогрев общего потока и потоков других месторождений;

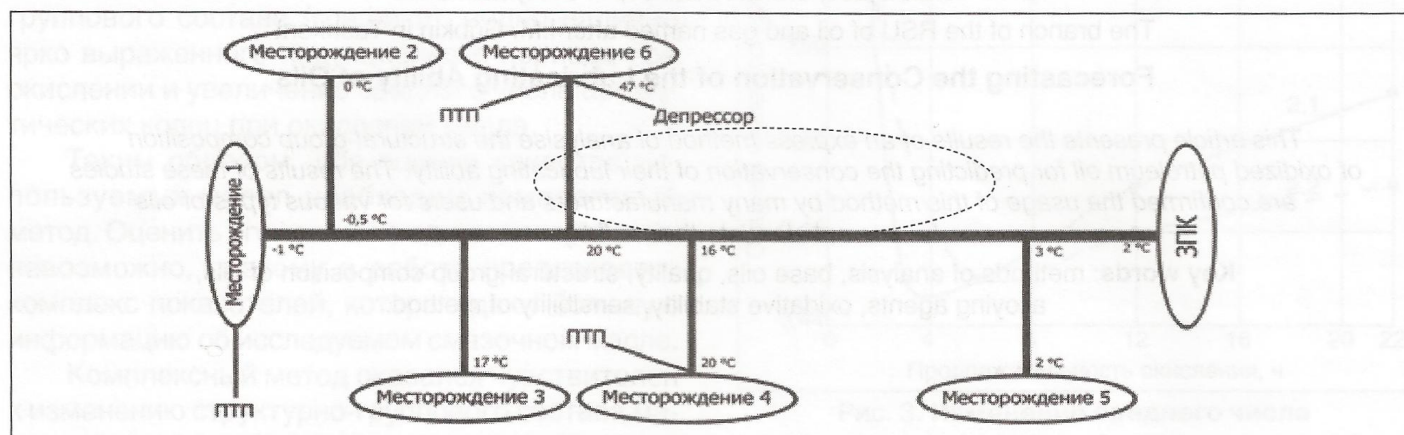


Рис. 1. Принципиальная схема магистрального конденсатопровода (штриховой линией выделена область наиболее интенсивного парафиноотложения)

2) применение химических реагентов депрессорного типа [1, 2].

Второй способ является наименее затратным и более простым в реализации. Целью применения реагентов является снижение скорости парафиноотложения на внутренней поверхности участка конденсатопровода, расположенного после врезки в общий поток трубопровода с месторождения 6; увеличение пропускной способности конденсаторовода и межочистного периода; снижение удельных затрат на транспортировку деэтанализованного конденсата (ДЭК).

Исследования проводились на магистральном конденсатопроводе (МК) (см. рис. 1). Перекачка ДЭК ведется насосной станцией нефтегазоконденсатного месторождения 1, промежуточные насосные станции отсутствуют. По длине МК имеются подкачки ДЭК с месторождений 2–6. Перекачиваемый ДЭК поступает на завод по переработке конденсата (ЗПК), где происходит его разделение на стабильный газовый конденсат (СГК), широкую фракцию легких углеводородов (ШФЛУ), сжиженные углеводородные газы (СУГ) и товарный метанол.

С целью обеспечения необходимой пропускной способности МК производится непрерывная подача противотурбулентной присадки (ПТП) M-FLOWTREAT в перекачиваемый ДЭК. Дозирование ПТП осуществляется в трех точках: на месторождениях 1, 4, 6.

Значения температур ДЭК по длине конденсатопровода приведены в табл. 1.

Углеводородный состав ДЭК различных месторождений заметно отличается: в валанжинском конденсате месторождения 1 содержатся, в основном, легкие углеводороды C–C₇, в конденсате ачимовских залежей месторождения 6 в значительных количествах содержатся тяжелые углеводороды (парафины) C₁₆–C₃₃. Высокое содержание парафинов в ДЭК ачимовских залежей обуславливает высокую температуру начала кристаллизации парафинов (ТНКП) и температуру

помутнения, что в свою очередь позволяет прогнозировать осложнения при транспортировке при температурах ниже ТНКП.

Приведем физико-химические характеристики пробы ДЭК, отобранной на ЗПК: плотность при 20°C — 762 кг/м³, кинематическая вязкость при 20°C — 1,15 мм²/с, температура застывания — –24°C, содержание парафинов — 3,97% мас.

Низкие температуры ДЭК по длине конденсатопровода, и ее значительные резкие перепады, вследствие смешения сырьевых потоков различных месторождений, обуславливают наличие в перекачиваемом конденсате диспергированных парафинов и их последующее отложение на внутренней поверхности трубопровода. Вовлечение в транспортировку ДЭК ачимовских залежей привело к значительному повышению местных сопротивлений на участках конденсатопровода, расположенных после врезки трубопровода с месторождения 6, т.е. к уменьшению эффективного диаметра из-за отложения парафинов. Подтверждением этого является факт снижения влияния местных сопротивлений после проведения очистки внутренней поверхности трубопровода скребком.

Для ДЭК ЗПК было определено молекулярно-массовое распределение *n*-алканов. Молекулярно-массовое распределение *n*-алканов в образце ДЭК исследовалось с использованием газо-жидкостного хроматографа «Кристаллюкс-4000». Результаты исследования приведены на рис. 2.

Исследование молекулярно-массового распределения показало, что в ДЭК ЗПК содержание легкоплавких парафинов (C₉–C₁₅) составляет 63,21%, среднеплавких (C₁₆–C₂₁) — 23,35% и тугоплавких (C₂₂–C₃₃) — 13,44 %.

Для снижения скорости выпадения и отложения парафинов в настоящее время производится подача присадки Keroflux на месторождении 6. Однако при применении данного реагента, проблемы, связанные с выпадением и отложением парафинов на внутренних участках трубопровода, сохраняются.

В результате анализа информации об особенностях транспортировки ДЭК по конденсатопроводу и данных физико-химических свойств конденсата было принято решение провести лабораторные испытания по подбору эффективного реагента для борьбы с парафиновыми отложениями и снижения температуры застывания конденсата.

Процесс введения присадок осуществлялся при комнатной температуре. Далее, в соответствии с ГОСТ 20287–91, определялась темпе-

Табл. 1. Значения температур ДЭК по длине конденсатопровода

Номер месторождения	Температура ДЭК, °C	
	на выходе с месторождения	в точке врезки в МК
1	–1	–1
2	0	–0,5
3	+17	–0,5
4	+10	+16
5	+2	+3
6	+47	+20
ЗПК	+2	

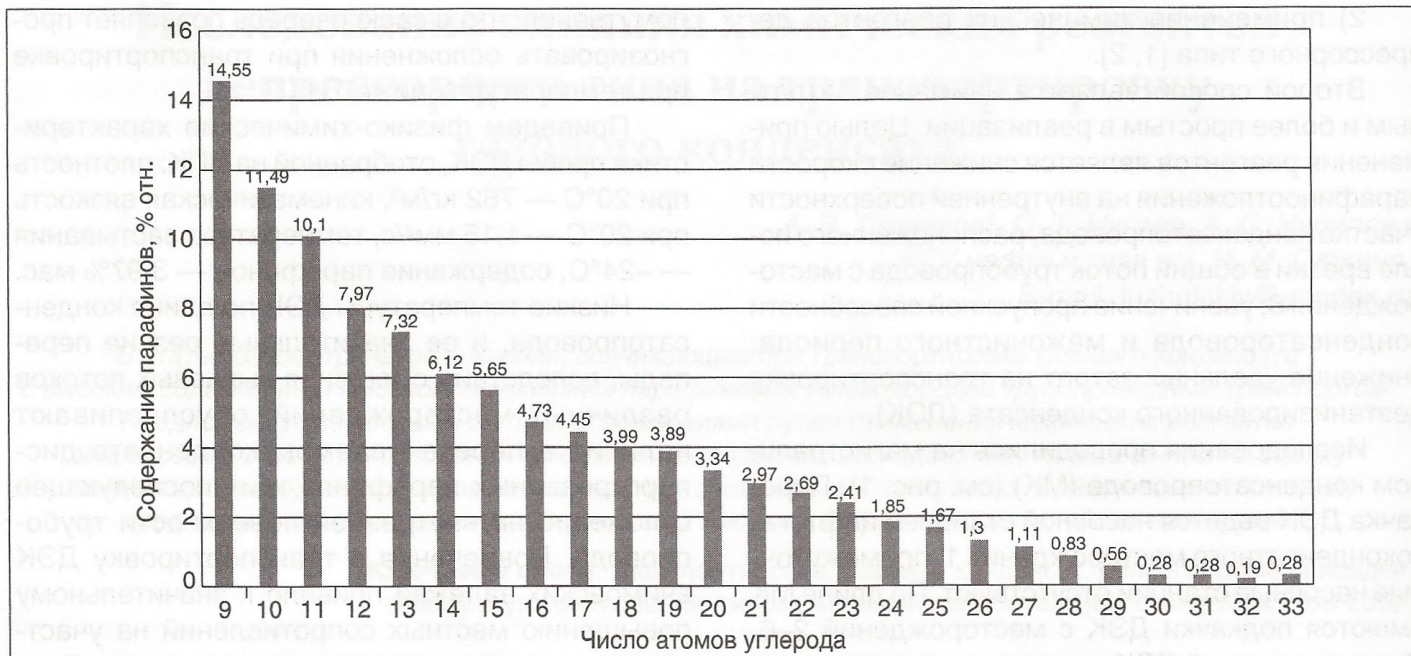


Рис. 2. Распределение n-алканов в пробе ДЭК

Табл. 2. Влияние химических реагентов на температуру застывания ДЭК месторождения 6 при дозировке 125 г/т

Реагент	Температура застывания, °С	Депрессия температур
Холодная проба	-18	-
СЭВ	-15	-3
ИНДЕП марки 1	-22	4
Образец 1	-14	-4
ИНДЕП марки 2	-40	22
ИНДЕП марки 3	-38	20
ИНДЕП марки 4	-38	20
ИНДЕП марки 5	-32	14
Keroflux	-26	8
ИНДЕП марки 6	-35	17
ИНДЕП марки 7	-35	17

ратура застывания ДЭК. Для сравнительного анализа влияния реагентов на температуру застывания ДЭК исследования проводились при базовой дозировке 125 г/т. Полученные данные представлены в табл. 2 и на рис. 3.

Из результатов, представленных в табл. 2 и рис. 3, видно, что ряд реагентов проявил эффективность выше базового. Этими реагентами являются: ИНДЕП марки 2, ИНДЕП марки 3, ИНДЕП марки 4, ИНДЕП марки 5, ИНДЕП марки 6, ИНДЕП марки 7.

Процесс введения присадок осуществлялся при комнатной температуре. Далее, в соответствии с ГОСТ 20287-91, определялась температура застывания ДЭК. Для сравнительного анализа влияния реагентов на температуру за-

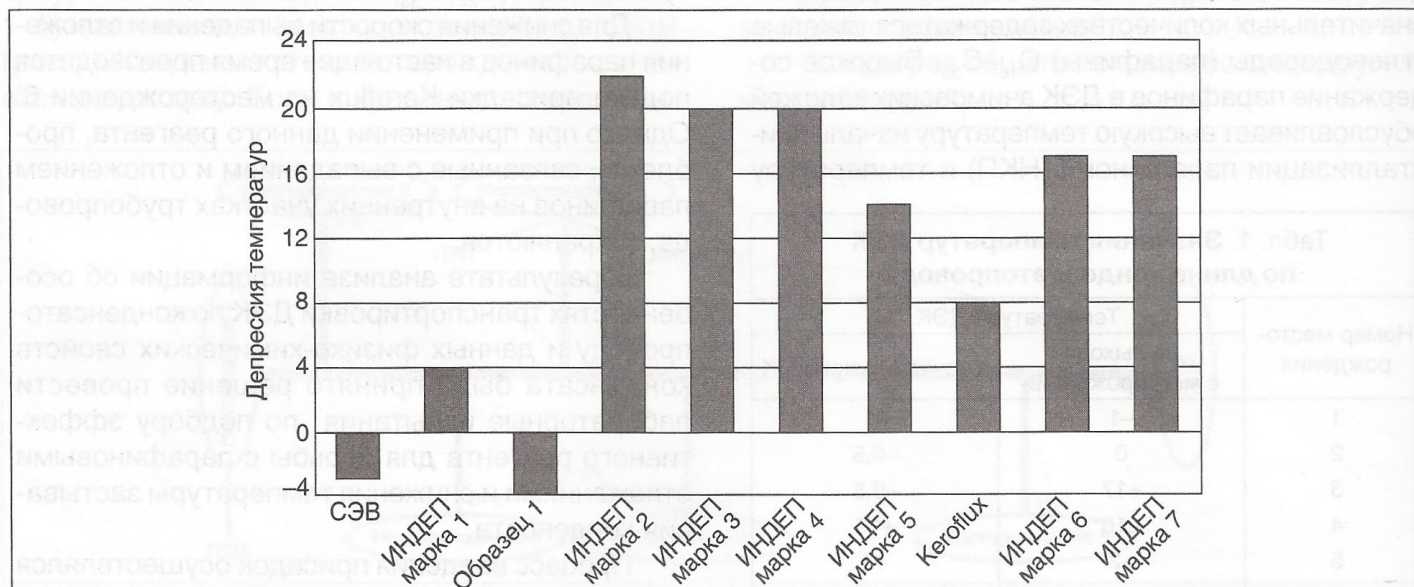


Рис. 3. Влияние химических реагентов на депрессию температур застывания ДЭК месторождения 6 при дозировке 125 г/т

Табл. 3. Влияние химических реагентов на температуру застывания ДЭК на ЗПК при дозировке 125 г/т

Реагент	Температура застывания, °С	Депрессия температур
Холостая проба	-24	-
ИНДЕП марки 5	-32	8
ИНДЕП марки 4	-38	14
Keroflux	-28	4
ИНДЕП марки 3	-38	14
ИНДЕП марки 2	-40	16
ИНДЕП марки 6	-30	6
ИНДЕП марки 7	-32	8

стыывания ДЭК исследования проводились при дозировке 125 г/т. Полученные данные представлены в табл. 3 и на рис. 4. Видно, что все испытуемые реагенты проявили эффективность выше базового. Однако наилучшую эффективность показал ИНДЕП марки 2. Его можно рекомендовать к дальнейшим испытаниям.

Информация о влиянии депрессорных присадок на температуру застывания ДЭК является важной, но недостаточной для установления ингибирующей способности реагента. Поэтому необходимо провести исследования влияния реагента на динамику отложений парафинов в конденсатопроводе. Эти исследования выполнялись на гидравлическом испытательном стенде WAX Flow Loop, воспроизводящем транспорт парафинистой углеводородной смеси непосредственно по трубопроводу в условиях парафиноотложений с возможностью получения динамики роста слоя АСПО на стенках трубопровода [3, 4].

В связи с отсутствием данных по реальным режимам транспорта газового конденсата, режим был подобран экспериментально, исходя из температуры начала кристаллизации парафинов (ТНКП) и предварительно проведенных тестов на установке. Испытания были проведены в

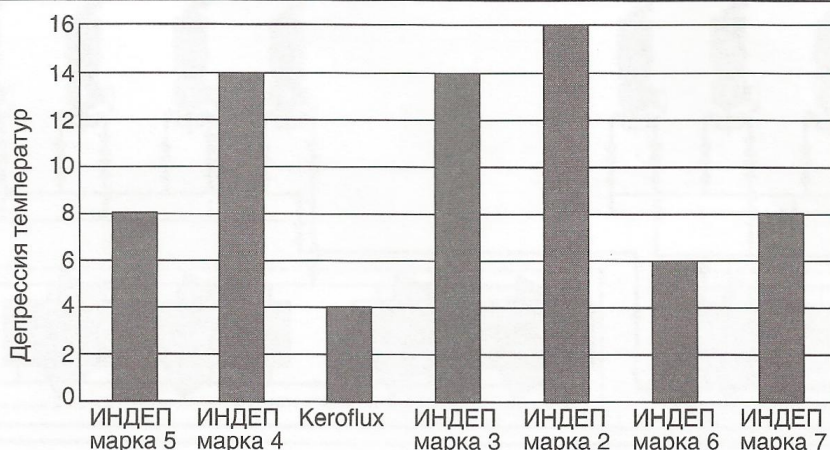


Рис. 4. Влияние химических реагентов на депрессию температур застывания ДЭК на ЗПК при дозировке 125 г/т

Табл. 4. Результаты эффективности реагента

Проба	Концентрация реагента, г/т	Градиент слоя, кПа/ч	Эффективность, %
Неингибированная проба газового конденсата	-	0,150	-
ИНДЕП марки 2	125	0,012	92
Keroflux	-	0,089	41

следующем режиме: расход смеси — 580 мл/мин, температура на входе тестовой секции — 25°С, ТНКП — 15°С, температура стенки — -7°С.

Полученные в результате эксперимента данные представлены в табл. 4 и на рис. 5.

По результатам стендовых испытаний видно, что интенсивность роста слоя парафинов в неингибированной пробе газового конденсата достаточно высокая, а ИНДЕП марки 2 продемонстрировал эффективность выше базового.

В результате выполнения работы было предложено решение для борьбы с интенсивным

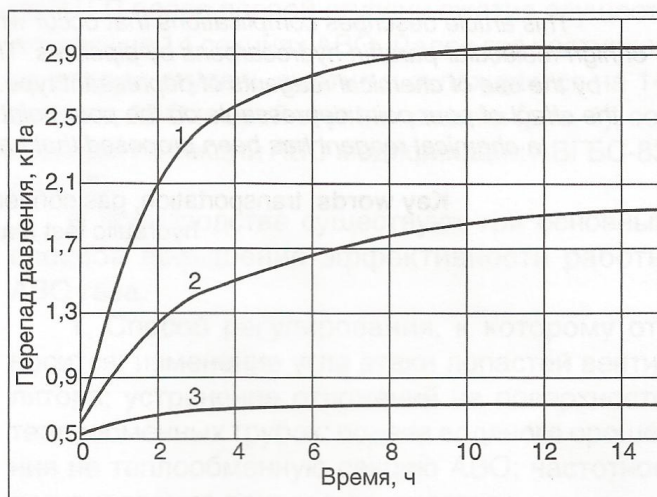


Рис. 5. Результаты стендовых испытаний реагентов: 1 — без реагента; 2 — Keroflux; 3 — ИНДЕП марки 2

парафиноотложением в конденсатопроводе, которое наблюдается при смешении потоков с различной температурой высокопарафинистого ачимовского конденсата с потоком волонжинского конденсата

В результате проведения лабораторных испытаний был подобран эффективный химический реагент, снизивший температуру застывания конденсата ниже, чем при использовании базового реагента (Keroflux). Установлено, что

наибольшее снижение температуры застывания при дозировке 125 г/т достигнуто с применением реагента ИНДЕП марки 2.

Поскольку для подтверждения эффективности реагента данных по температуре застывания не достаточно, были проведены исследования на гидравлическом испытательном стенде WAX Flow Loop. Согласно полученным данным, эффективность реагента ИНДЕП марки 2 при дозировке 125 г/т составила 92%.

Литература

1. Тертерян Р. А. Депрессорные присадки к нефтям, топливам и маслам. — М.: Химия, 1990. — 237 с.
2. Келланд М. А. Промысловая химия в нефтегазовой отрасли. — С.Р.С. Press, 2009. — 404 с.
3. Burger E. D., Perkins T. K. and Striegler J. H. Studies of wax deposition in the Trans Alaska Pipeline, June 1981.
4. Matzain A., Apte M. S., Zhang H. et al. Multiphase flow wax deposition modeling. – Proceedings ETCE, Houston, USA, February 2001 (ETCE2001-17114).

A. V. Luzhetsky, S. T. Nugaev, A. S. Churilova
Gubkin Russian State University of Oil and Gas

Research of the Effect of Pour Point Depressants on Transportation of Gas Condensate

This article describes complications that occur when transporting gas condensate with a high content of high-molecular paraffin hydrocarbons by pipelines. The authors propose a way to eliminate these complications by the use of chemical reagents of depressant type. Based on the complex of studies carried out to assess the effect of pour point depressants on the pour point of gas condensate and the amount of paraffin deposits, a chemical reagent has been proposed that has demonstrated high efficiency in both indicators.

Key words: transportation, gas condensate, pour point depressants, pour point, hydraulic test stand WAX Flow Loop.

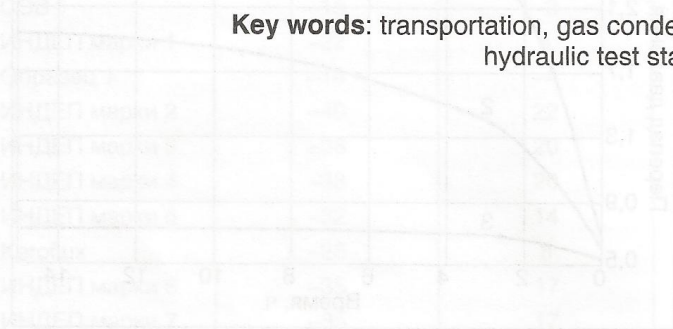


Рис. 2. Результаты исследований по влиянию депрессора на температуру застывания конденсата. 1 — базовый реагент; 2 — Керофлюкс; 3 — ИНДЕП марка 2

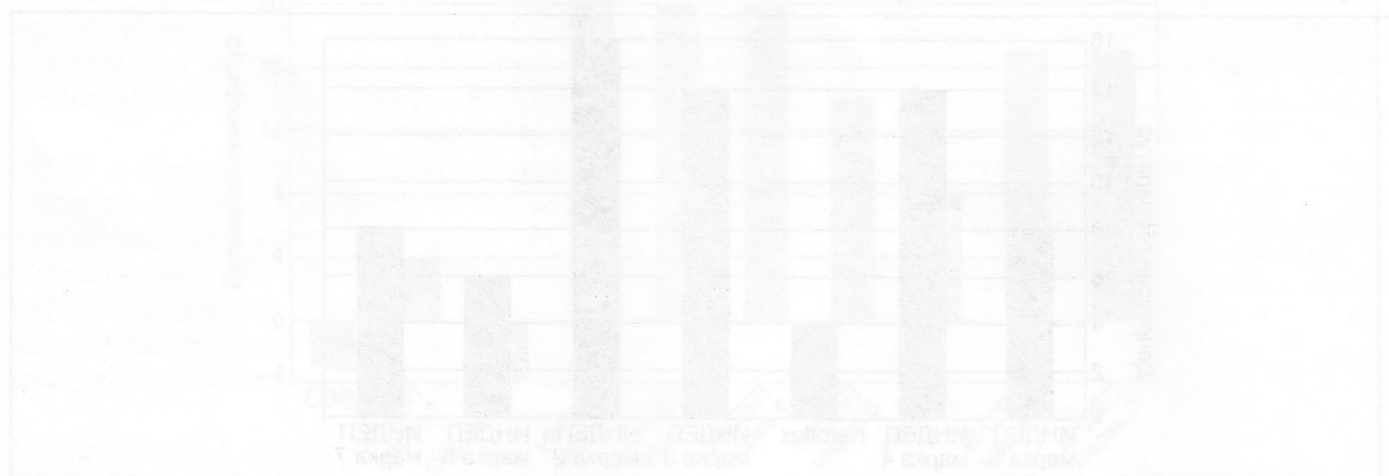


Рис. 3. Результаты исследований по влиянию депрессора на количество парафинистых осадков. 1 — базовый реагент; 2 — Керофлюкс; 3 — ИНДЕП марка 2