

## ВЛИЯНИЕ ДЕПРЕССОРНЫХ ПРИСАДОК DIFRON-4201 И DIFRON-3970 НА ТЕМПЕРАТУРУ ЗАМЕРЗАНИЯ МАСЛЯНЫХ СМЕСЕЙ

**С. М. ПАШАЕВА**

*Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,  
Баку, Азербайджан*

**Аннотация.** В работе исследовано влияние депрессорных присадок DIFRON-4201 и DIFRON-3970 на температуру замерзания масляных смесей высокопарафинистых нефтей. В качестве объектов исследования использованы образцы нефтей скважин № 680 и № 690 Наримановского нефтегазоразведочного района, а также их смеси в соотношениях 1:1, 1:2 и 2:1. Определены физико-химические характеристики исходных нефтей и приготовленных смесей, включая содержание парафинов, асфальтенов, смол, воды и температуру замерзания. Экспериментально установлено, что введение депрессорных присадок приводит к существенному снижению температуры замерзания и улучшению реологических свойств масляных смесей. Показано, что эффективность действия депрессоров возрастает с увеличением их концентрации и зависит от соотношения компонентов в смеси. Наибольший эффект для присадки DIFRON-3970 достигнут при концентрации 1000 г/т, а для DIFRON-4201 – при концентрации 800 г/т. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения депрессорных присадок для повышения технологической надежности процессов сбора, подготовки и транспортировки высокопарафинистых нефтей.

**Ключевые слова:** нефть, высокопарафинистые нефти, депрессорные присадки, DIFRON-4201, DIFRON-3970, температура замерзания, реологические свойства, масляные смеси, парафиноотложения.

Поскольку нефть представляет собой многокомпонентную дисперсную систему, природные поверхностно-активные вещества (ПАВ) в ней при этих температурах не подчиняются реофизико-химическим закономерностям. Причиной этого являются кристаллы, образуемые высокомолекулярными компонентами композиции при низких температурах. Благодаря наличию смол в нефти, твердые углеводороды свободно сохраняют нерастворенные монокристаллы в различных центрах и формируют кристаллы в дендритной, т.е. объединенной, форме. Увеличение количества смол в нефти приводит к замедлению роста кристаллов и деформации поверхности, образованию новых центров кристаллизации. Преобладание той или иной группы углеводородных компонентов в нефти обуславливает их адсорбцию в образующихся кристаллах или сокристаллизацию с твердыми углеводородами. Они играют ключевую роль в изучении температурной зависимости вязкости нефтяных дисперсных систем, выяснении механизма и структуры процесса их течения, а также взаимосвязи между внешними воздействиями и эффектом процесса деформации. Температура нефти оказывает существенное влияние не только на выбор технологического режима, но и на ее транспортировку и качество получаемых при переработке продуктов [1, 2].

Из нефтепромысловой практики известно, что процессы сбора, подготовки и транспортировки нефтей без смешивания практически не являются исключением. Исследования последних лет доказывают, что смешивание и разбавление нефтей существенно влияют на их реологические и физико-химические свойства [3, 4]. Во многих случаях для улучшения процесса транспортировки тяжелые, быстрозастывающие нефти смешивают с легкими нефтями и конденсатами. Такие присадки снижают энергозатраты, поскольку положительно влияют на текучесть

реологически сложных нефтей. Тем не менее, опыт эксплуатации технологических нефтепроводов показывает, что смешивание нефтей вызывает осложнения в работе трубопроводов, увеличивает энергетические и транспортные затраты, что снижает эффективность их работы [5].

Для предотвращения парафиноотложений используются специальные химические ингибиторы и депрессорные присадки. При добавлении в нефть ингибиторов парафиноотложений в оптимальных концентрациях они влияют на процесс кристаллизации парафина таким образом, что снижаются температура замерзания и вязкость нефти, а также количество отложений асфальтенов, смол и парафинов (АСПО). Известно, что небольшие добавки поверхностно-активных веществ (ПАВ) значительно ослабляют или предотвращают образование дисперсных пространственных структур, образованных кристаллами парафина. Установлено, что смолистые компоненты, отличающиеся от типа нефти и ее состава, главным образом, своей полярностью, являются естественными депрессорами, снижающими температуру замерзания нефти и ее нефтепродуктов. Присутствие смол в системе может приводить как к положительному, так и к отрицательному депрессорному эффекту [6, 7].

Депрессорные присадки предотвращают образование объемных кристаллических решеток, влияя на их структуру. В результате улучшаются реологические свойства нефти, снижается температура замерзания и, как следствие, уменьшаются потери давления на трение. Химические реагенты также могут быть использованы для гидравлического транспорта высоковязких нефтей. Механизм действия депрессорных присадок в настоящее время до конца не изучен. Считается, что присадка адсорбируется на поверхности образующихся кристаллов, в результате чего их рост происходит только снаружи. При этом кристаллы имеют игольчатую форму и разветвленную структуру, а концентрация сопоставима по длине и ширине. В растворе присутствуют поверхностные кристаллы разных модификаций, что снижает вероятность их сближения. Различие в действии присадок объясняется разнообразием их состава и технологии введения в нефть. Их использование в общей технологической стадии заключается в нагреве, приготовлении жидких растворов и дозировании нефти через дозаторы. При этом важно учитывать индивидуальную склонность масел к присадкам с технологической точки зрения. Другими словами, для каждого масла экспериментально следует подбирать присадку с наиболее эффективным эффектом. При определении оптимальных характеристик депрессора также экономически целесообразно выбирать минимальную концентрацию, обеспечивающую его максимальный депрессорный эффект [8–10].

Из скважин № 680 и 690 Наримановского НГР были подготовлены пробы нефти в соотношениях 1:1, 1:2 и 2:1 и определены физико-химические показатели каждой нефти (таблицы 1–3).

Таблица 1. – Физико-химические свойства нефтей скважины № 680 Наримановского НГР

№	Состав	Количество парафина, %	Метод определения
1	Парафин	6,9	SS 11851-85
2	Асфальтен	0,26	SS 11851-85
3	Смола	23	SS 11851-85
4	Температура замерзания, °С	+9	SS 20287-91
5	Количество воды	Нет воды	SS 24477-65

Таблица 2. – Физико-химические свойства нефтей скважины № 690 Наримановского НГР

№	Состав	Количество парафина, %	Метод определения
1	Парафин	19,8	SS 11851-85
2	Асфальтен	2,65	SS 11851-85
3	Смола	23,3	SS 11851-85
4	Температура замерзания, °С	+4	SS 20287-91
5	Количество воды	25	SS 24477-65

Таблица 3. – Физико-химические свойства масляных смесей, приготовленных в различных соотношениях

№	Состав	Количество парафина, %	Метод определения
<i>1 № 680 : 1 № 690</i>			
1	Парафин	13,35	SS 11851-85
2	Асфальтен	0,15	SS 11851-85
3	Смола	23,15	SS 11851-85
4	Температура замерзания, °С	+12	SS 20287-91
5	Количество воды	12,50	SS 24477-65
<i>1 № 680 : 2 № 690</i>			
1	Парафин	15,50	SS 11851-85
2	Асфальтен	1,85	SS 11851-85
3	Смола	23,20	SS 11851-85
4	Температура замерзания, °С	+15	SS 20287-91
5	Количество воды	16,67	SS 24477-65
<i>2 № 680 : 1 № 690</i>			
1	Парафин	11,20	SS 11851-85
2	Асфальтен	1,06	SS 11851-85
3	Смола	23,10	SS 11851-85
4	Температура замерзания, °С	+11	SS 20287-91
5	Количество воды	8,33	SS 24477-65

**Обсуждение результатов.** Изучено влияние депрессорных присадок Дифрон-4201 и Дифрон-3970 на температуру замерзания образцов высокопарафинистых нефтей и рассчитана эффективность их воздействия на температуру замерзания. Результаты экспериментов для обоих реагентов представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4. – Влияние депрессорной присадки Дифрон-3970 на температуру замерзания смесей масел различного состава

Концентрация депрессорной присадки, г/т	Температура замерзания, °С	Влияние на температуру замерзания, %
1	2	3
<i>1 № 680 : 1 № 690</i>		
0	+12	0
200	+6	58
400	+2	92
600	-1	117
800	-5	150
1000	-7	167
<i>1 № 680 : 2 № 690</i>		
0	+15	0
200	+8	53
400	+2	93
600	-2	120
800	-5	140
1000	-6	147
<i>2 № 680 : 1 № 690</i>		
0	+11	0
200	+9	27
400	+5	64

## Окончание таблицы 4

1	2	3
600	0	100
800	-2	127
1000	-4	145

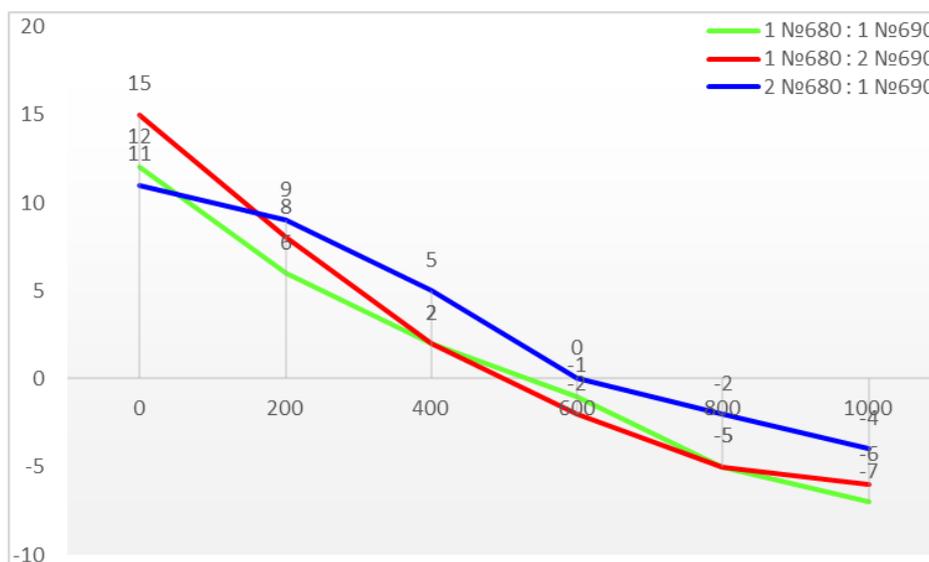
Таблица 5. – Влияние депрессорной присадки Дифрон-4201 на температуру замерзания смесей масел различного состава

Концентрация депрессорной присадки, г/т	Температура замерзания, °С	Влияние на температуру замерзания, %
		<i>1 № 680 : 1 № 690</i>
0	+12	0
200	+8	41
400	+4	75
600	0	100
800	-4	142
1000	-8	175
		<i>1 № 680 : 2 № 690</i>
0	+15	0
200	+10	40
400	+4	80
600	-2	120
800	-9	167
1000	-5	140
		<i>2 № 680 : 1 № 690</i>
0	+11	0
200	+7	45
400	+2	91
600	0	100
800	-7	173
1000	-4	145

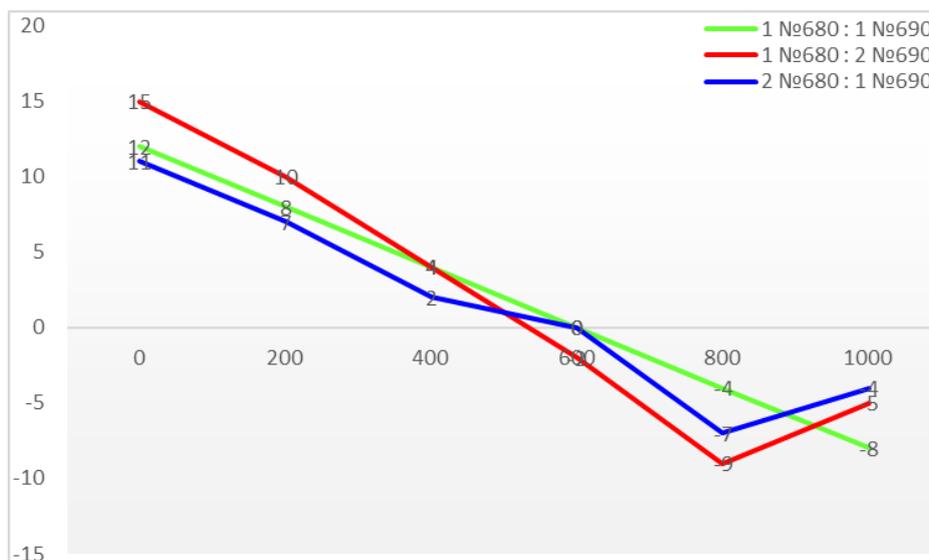
Как видно из таблиц, с увеличением концентрации депрессорной присадки наблюдалось увеличение эффекта. По результатам лабораторных экспериментов можно отметить, что наибольший эффект депрессорной присадки Дифрон-3970 в вышеуказанных образцах масла наблюдался в соотношении 1 №680 : 1 №690 при концентрации 1000, при этом температура замерзания образца масла снизилась с +12 °С до -7 °С. Для присадки Дифрон-4201 наибольший показатель имел образец масла, приготовленный в соотношении 1 № 680 : 2 № 690 при концентрации 800, при этом температура замерзания образца масла снизилась с +15 °С до -9 °С. Результаты, полученные для обоих реагентов в ходе экспериментов, более наглядно представлены на рисунках 1 и 2.

В лабораторных условиях изучено влияние депрессорных присадок Дифрон-4201 и Дифрон-3970 на температуру замерзания смесей высокопарафинистых нефтей. В качестве объекта исследования при проведении экспериментов использовались образцы нефти, приготовленные в соотношениях 1:1, 1:2 и 2:1 со скважин № 680 и 690 Наримановского НГР, SOCAR. Установлено, что оба депрессора оказывают более эффективное воздействие на температуру замерзания образцов высокопарафинистых нефтей. В результате исследований установлено, что с увеличением концентрации реагентов увеличивается и эффективность воздействия. Так, наибольшая эффективность депрессорной присадки Дифрон-3970 во всех трех соотношениях

наблюдалась при концентрации 1000, а температура замерзания смесей нефтей с различным соотношением составила  $-7$ ,  $-6$  и  $-4$  °С. Эффективность реагента Дифрон-4201 варьировалась в зависимости от среды, т.е. наибольший показатель был при концентрации 1000 в соотношениях 1 № 680 : 1 № 690, а температура замерзания составила  $-8$  °С. Однако в двух других средах наибольший показатель наблюдался при концентрации 800, и при этом температура замерзания высокопарафинистых нефтей определена равной  $-9$  °С при соотношении 1:2, и  $-7$  °С при соотношении 2:1. Таким образом, по результатам экспериментов можно отметить, что наибольший эффект депрессорная присадка Дифрон-3970 проявила при концентрации 1000 (оптимальная концентрация) в соотношении 1 № 680 : 1 № 690, а температура замерзания нефтей снизилась с  $+12$  °С до  $-7$  °С. Однако присадка Дифрон-4201 показала наибольший эффект при концентрации 800 (оптимальная концентрация) в соотношении 1 № 680 : 2 № 690. При этом температура замерзания масляной смеси составляла  $-9$  °С.



**Рисунок 1. – Влияние депрессорной присадки Дифрон-3970 на температуру замерзания смесей масел с различным соотношением**



**Рисунок 2. – Влияние депрессорной присадки Дифрон-4201 на температуру замерзания смесей масел с различным соотношением**

## Закключение

1. Впервые в лабораторных условиях изучено влияние депрессорных присадок Дифрон-4201 и Дифрон-3970 на температуру замерзания образцов нефти, приготовленных в соотношениях 1:1, 1:2 и 2:1 из нефтей скважин № 680 и 690 Наримановского НГР ГНКАР.

2. Установлено, что максимальное влияние депрессорной присадки Дифрон-3970 на температуру замерзания наблюдалось при концентрации 1000 во всех трех соотношениях нефтей, а температура замерзания составила  $-7^{\circ}\text{C}$  (влияние на температуру замерзания 167 %),  $-6^{\circ}\text{C}$  (влияние на температуру замерзания 147%) и  $-4^{\circ}\text{C}$  (влияние на температуру замерзания 145 %) соответственно.

3. Наибольший показатель присадки Дифрон-4201 был при концентрации 800 в соотношении 1 № 680 : 2 № 690, а температура замерзания при этом составляла  $-9^{\circ}\text{C}$  (эффект по температуре замерзания составил 167 %).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Акрамов Т.Ф., Яркиева Н.Р. Отложения парафина, борьба с асфальтосмолистыми компонентами нефти // Нефтегазовое дело. 2017; 15 (4). 67–72.
2. Эсполов И.Т., Аяпбергенов Э.О., Серкебаева Б.С. Особенности реологических свойств высоковязкой нефти при трубопроводном транспорте // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2016; (3): 35–39.
3. Евдокимов И.Н. Диаграмма состояния асфальтенов в растворах (Т–С) // Нефтяная наука и технологии. 2007; 25 (1–2). 5–17.
4. Холмс Дж.В., Буллин Дж.А. Исследование совместимости мазута // Переработка углеводородов. 1983; 62 (9). 101–103.
5. Мартинес-Палоу Р., Мария де Лурдес М., Беатрис З.Р., Элизабет М.Дж., Сезар Б.Х., Хуан де ла Крус К.Л. и др. Транспортировка тяжелой и сверхтяжелой нефти по трубопроводам: обзор // Журнал нефтяной науки и техники. 2011 г.; (75). 274–282.
6. Эскин Д., Ратуловски Дж., Акбарзаде К., Пан С. Моделирование отложения асфальтенов в турбулентных трубопроводных потоках // Канадский журнал химической инженерии. 2011 г.; (89). 421–441.
7. Александрова Е. А., Александров Б. Л., Хадисова Ж. Т., Махмудова Л.Ш., Ахмадов Х. Х. Влияние поверхностно-активных веществ на температуры кристаллизации и затвердевания парафинов в различных типах растворителей // Химия и технология топлив и масел. 2022; (4). 58–64.
8. Алдырова Т.К. Результаты испытаний депрессорных присадок на участке нефтепровода Кумколь-Каракоин // Нефть и газ. 2005; (5). 13–14.
9. Таранова Л.П., Гуров Ю.П., Агаев В.Г. Механизм действия депрессорных присадок и оценка их эффективности // Материалы конференции «Современные научные технологии». 2008; (4). 90–91.
10. Васильянова Л.П. Некоторые особенности казахстанской нефти // Нефть и газ. 2006; (2). 81–87.