

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ИНГИБИРОВАНИЯ ОСАЖДЕНИЯ АСФАЛЬТЕНОВЫХ  
АГРЕГАТОВ С ПОМОЩЬЮ ИНГИБИТОРА НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ НЕФТЯНЫХ  
КОМПОНЕНТОВ**

**Стреляев А.Д., Кривцова К.Б.**

Научный руководитель - инженер К.Б. Кривцова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Интенсификация разработки месторождений лёгких и средних нефтей привела к их глубокому истощению. Мировые запасы нетрадиционных источников углеводородов, к которым относятся высоковязкие и тяжёлые нефти, природные битумы, асфальтиты, битуминозные пески, намного превышают значение запасов лёгкого углеводородного сырья. В связи с чем стоит задача вовлечения в добычу и переработку данного типа сырья, которое из-за своих специфических реологических свойств невозможно извлечь на поверхность, используя традиционные методики.

В процессе добычи и транспортировки тяжёлых нефтей возникают проблемы с образованием большого количества кольматирующих отложений на стенках производственного оборудования. Для решения данной проблемы на действующих предприятиях существуют различные методы борьбы с асфальтосмолопарафиновыми отложениями (АСПО), такие как нагрев трубопроводов, удаление образований, добавление различного типа химических реагентов. Однако, ввиду специфики содержания большого количества смолисто-асфальтеновых веществ в тяжёлом нефтяном сырье, происходит образование АСПО асфальтенового или смешанного типа. Основные методы борьбы в свою очередь направлены на АСПО парафинового типа, и не оказывают должного эффекта.

Большое количество научных исследований направлены на поиск веществ, оказывающих ингибирующее влияние на процесс осаждения асфальтеновых агрегатов [1]. Такие компоненты могут быть либо природные, либо искусственно созданные. К первой группе могут относиться различные насыщенные жирные кислоты, которые входят в состав растительных масел. Так, в работах используют кокосовое, пальмовое и рапсовое масла, которые оказывают диспергирующий эффект, уменьшая размер асфальтеновых частиц. Ко второй группе относятся синтезированные полимеры различной структуры на основе фенолформальдегидных смол, различных полиароматических структур и высокополярных фрагментов.

Целью данной работы является исследование механизма ингибирования асфальтеновых агрегатов с помощью ингибитора на основе природных нефтяных компонентов, в качестве которых выступают бензолы и спирт-бензолы.

В качестве объектов исследования выбраны два образца тяжёлого нефтяного сырья разных месторождений, физико-химические характеристики которых представлены в таблице.

*Таблица 1*

*Физико-химические характеристики объектов исследования*

Показатели	Месторождение	
	Поселковое	Усинское
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	917,60	966,70
Кинематическая вязкость при 50 °С, мм <sup>2</sup> /с	47,24	827,0
Компонентный состав, % мас.		
асфальтенов	1,08	14,56
бензоловых смол	4,37	9,57
спирт-бензоловых смол	3,45	15,52
масел	89,74	58,72

Сначала последовательной экстракцией были выделены и изучены две фракции смолистых веществ. Бензолы экстрагировались бензолом, спирт-бензолы – смесью этиловый спирт: бензол в соотношении 1 : 1 по объёму. Был проведён ИК-спектральный анализ полученных образцов с целью установления основных структурных фрагментов фракций. После чего были рассчитаны спектральные показатели исследуемых структур, представленные в таблице 2.

*Таблица 2*

*Значение спектральных показателей для фракций смол*

Фракция смол	Спектральные показатели*				
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>
Бензолы	0,548	0,204	0,600	1,824	0,186
Спирт-бензолы	0,485	0,299	0,701	2,061	0,370

\* C<sub>1</sub> – конденсированности, C<sub>2</sub> – окисленности, C<sub>3</sub> – разветвлённости, C<sub>4</sub> – алифатичности, C<sub>5</sub> – осерненности.

Установлено, что бензолы имеют больший показатель конденсированности структуры, что свидетельствует о большем количестве ароматических структур в молекуле. Показатель окисленности для спирт-бензолов смол имеет более высокое значение, что связано с большим количеством кислорода, входящего в состав молекулы данной фракции смол. Показатель разветвлённости спирт-бензолов смол выше, что говорит о большем количестве разветвленных алифатических фрагментов. Показатель алифатичности также свидетельствует о большом содержании алифатических фрагментов, входящих в состав спирт-бензолов смол.

Показатель осерненности выше для фракции спирт-бензоловых смол, и указывает на большое количество сернистых включений в молекуле фракции данного типа.

В ходе проведения исследования были разработаны три линейки смесей. Смесь 1 готовилась на основе исходного сырья с добавлением бензоловых смол, увеличивая массовое содержание компонента с увеличением индекса после точки на постоянное значение. Смесь 2 готовилась на основе исходного сырья с добавлением спирт-бензоловых смол, увеличивая массовое содержание компонента аналогично смеси 1. Смесь 3 состоит из исходного сырья с добавлением смеси двух фракций смол. После чего был проведён анализ компонентного состава образцов «горячим» методом Гольде.

Результаты компонентного состава представлены на рисунке. Значения массового содержания масел не отражены ввиду меньшей информативности представленного изображения.

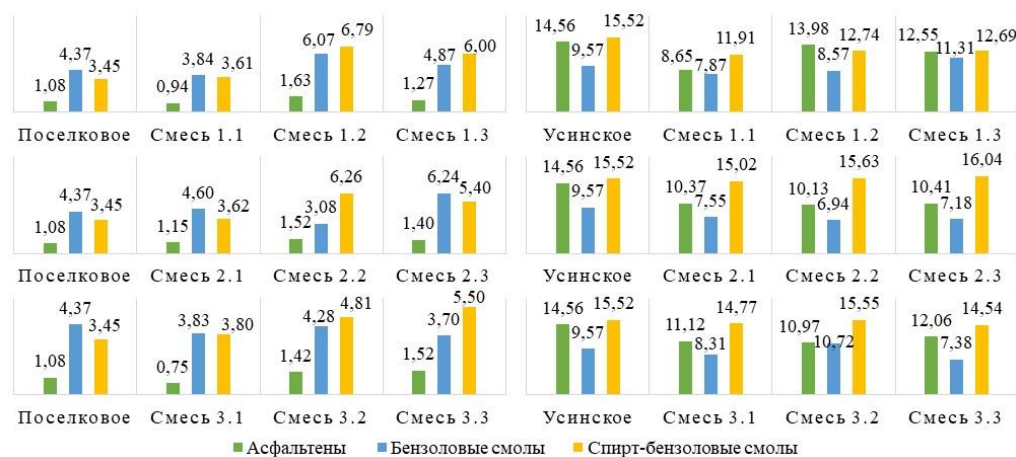


Рис. Результаты компонентного состава образцов «горячим» методом Гольде

Компонентный состав исследуемых образцов свидетельствует о высокой ингибирующей способности смеси на основе природных нефтяных смол. Однако, концентрационное соотношение компонентов в системе играет ключевую роль для процесса ингибирования образования асфальтовых агрегатов. Отметим, что для нефти с низким начальным содержанием асфальтенов (Поселковое месторождение) наибольшее влияние оказывает добавление двух фракций смолистых веществ в малых количествах, а для нефти с высоким содержанием асфальтенов (Усинское месторождение) – добавление бензоловых смол в малом количестве. Необходимо отметить происходящее в системе перераспределение компонентов, которое особо отмечается для веществ, имеющих схожие свойства и строение (асфальтены и бензоловые смолы). На фоне снижения асфальтенов заметно уменьшается количество выделенных бензоловых смол, что может свидетельствовать о повышении взаимной растворимости компонентов. Гомолитические переходы позволяют перераспределиться компонентам в системе таким образом, чтобы поддерживать термодинамическую устойчивость. Природа нефтяных смол даёт возможность образовывать оболочку агрегатов асфальтенов для их стабилизации.

Немаловажным фактом является рост масел в большинстве исследуемых образцов. Данное явление обусловлено перераспределением компонентов в нефтяной дисперсной системе, что сыграет ключевую роль в процессах переработки данного типа углеводородного сырья. Повышение количества масел свидетельствует об увеличении выхода лёгких дистиллятов.

При использовании разработанного ряда смесей-ингибиторов наблюдается повышение коллоидной устойчивости нефтяной дисперсной системы. Важно отметить, что практически все приготовленные смеси при введении легкого реагента (гексана) сохранили свою устойчивость в течение 12 ч, а без введения растворителя – больше нескольких месяцев. Следовательно, имеется потенциал внедрения данной технологии на действующие предприятия с целью снижения количества асфальтовых отложений.

Отмечено межклассовое перераспределение веществ в нефтяной дисперсной системе. В большей степени данное явление применимо к родственным классам веществ, таким как бензоловые смолы и асфальтены. Проявляя схожие свойства, бензоловые смолы в большей степени влияют на процесс образования асфальтовых агрегатов. Данный факт подтверждён снижением их количества в большинстве смесей при уменьшении количества выделенных асфальтенов.

Результаты анализа компонентного состава исследуемых образцов свидетельствуют в пользу теории межклассового перераспределения. При этом одним из механизмов ингибирования является гомолитический переход родственных соединений. В связи с этим возможно увеличение взаимной растворимости бензоловых смол и асфальтенов. Хотя стоит отметить возможность образования донорно-акцепторных связей с образованием комплексов с переносом заряда различного типа.

#### Литература

1. Ahmadbaygi, A. Chemical study of asphaltene inhibitors effects on asphaltene precipitation of an Iranian oil field [Text] / A. Ahmadbaygi, B. Bayati, M. Mansouri, H. Rezaei, M. Riazi // Oil & Gas Science and Technology. – 2020. – V. 75. – P. 1-10.