

УДК 665.7.035.6

**Исследование механизма ингибирования осаждения асфальтеновых агрегатов  
с помощью ингибитора на основе природных нефтяных компонентов**

В.Е. Тарасов, К.Б. Кривцова

Научный руководитель: инженер К.Б. Кривцова

Национальный исследовательский университет ИТМО,

Россия, г. Санкт-Петербург, пр. Кронверкский, 49 А, 197101,

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [vetarasov@itmo.ru](mailto:vetarasov@itmo.ru)

**Investigation of the mechanism of inhibition of sedimentation of asphaltene aggregates using  
an inhibitor based on natural oil components**

V.E. Tarasov, K.B. Krivtsova

Scientific Supervisor: engineer K.B. Krivtsova

ITMO University, Russia, St. Petersburg, Kronverksky str., 49 A, 197101,

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [vetarasov@itmo.ru](mailto:vetarasov@itmo.ru)

**Abstract.** *A study was carried out of the inhibitory effect of benzene and alcohol-benzene resins on the formation of asphaltene aggregates. By studying the component composition of the samples, a possible mechanism for inhibiting the formation of asphaltene aggregates was identified. The component composition of the samples was determined by the "hot" Golde method. Based on the results of the study, a conclusion was made about the suitability of using natural petroleum resins as an inhibitor of the formation of asphaltene aggregates, and the main mechanism of inhibition was identified - the homolytic transition of related compounds.*

**Key words:** *resins, asphaltenes, inhibitors, «hot» Golde method, component composition.*

**Введение**

Истощение запасов классических нефтей приводит к необходимости использования альтернативных источников углеводородов. Примером использования альтернативных источников является разработка тяжелых и сверхтяжелых нефтей. Однако, данное сырье, в силу специфики своих свойств, а именно высокой вязкости и низкой агрегационной устойчивости, требует модификации имеющихся технологий добычи и транспортировки. В частности, решением данных проблем является использование различных стабилизаторов и разбавителей [1]. Однако, в настоящий момент на промысле используются различные синтетические добавки, являющиеся чужеродными компонентами для нефти, обладающие высокой стоимостью, и ограниченной применимостью к разным типам нефти. Ключом к созданию универсального эффективного стабилизатора нефтяных дисперсных систем является понимание строения данных систем. Так, нефть представляет собой множество сложных структурных единиц, распределенных в объеме жидких углеводородов, где нефтяные смолы выступают в роли стабилизатора асфальтеновых кластеров [2]. Ранее, была показана [3] возможность применения смеси нативных нефтяных смол в качестве ингибиторов процесса агрегации асфальтенов на примере легкой и средней нефти.

Целью данного исследования является разработка универсального ингибитора процесса коагуляции асфальтенов на основе нативных нефтяных смол для нефтей различных типов.

**Экспериментальная часть**

Разработана широкая линейка ингибиторов, с различным содержанием бензоловой и спирт-бензоловой фракции нативных смол. Смолы были получены экстракцией из исходного

нефтяного сырья. В качестве объектов исследования выбраны легкая нефть месторождения «Верхнесалатское», средняя нефть месторождения «Снежное», тяжелая нефть месторождения «Поселковое», сверхтяжелая нефть месторождения «Усинское».

В ходе эксперимента в исходную нефть вносилась смесь-ингибитор, после чего полученный образец выдерживали в течение суток, затем проводили гравиметрический анализ, устанавливали компонентный состав, измеряли реологические параметры образцов. Компонентный состав определяли при помощи «горячего» метода Гольде, реологические параметры определяли при помощи автоматического вискозиметра-плотномера Штабингера (“Anton Paar GmbH”, Austria).

### Результаты

Данные компонентного состава свидетельствуют о достаточно высокой ингибирующей способности природных нефтяных смол в различных концентрациях ввиду того, что большую роль оказывает соотношение содержания различных компонентов в нефтяной дисперсной системе. Так, для тяжелой Поселковской нефти с не высоким начальным содержанием асфальтенов, большой ингибирующий эффект оказывает добавление смеси двух фракций нефтяных смол в малых концентрационных количествах. Для сверхтяжелой Усинской нефти с высоким начальным содержанием асфальтенов наибольший ингибирующий эффект оказывает добавление бензоловых смол в малом концентрационном соотношении (рис. 1). Для лёгкой нефти Верхнесалатского месторождения класс добавляемых смол не имеет значения – ввиду сверхмалого количества асфальтенов любые смолы действуют одинаково хорошо. Для средней нефти Снежного месторождения наибольшим ингибирующим эффектом обладают бензолные смолы. В целом, при добавлении смесей-ингибиторов к исследуемым образцам снижение содержания асфальтенов варьируется в пределах от 53 до 88 % массовых.

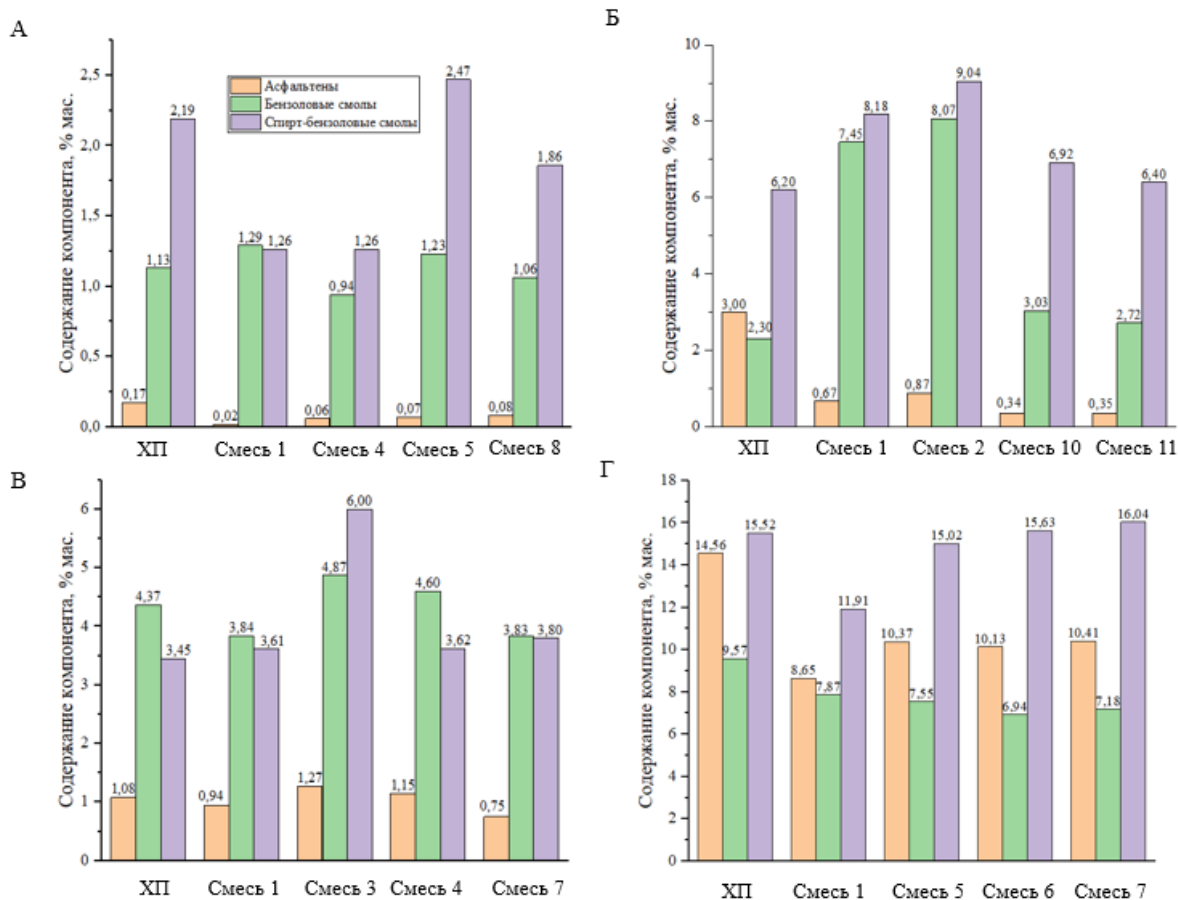


Рис. 1. Компонентный состав систем «нефть+ингибитор», где А – м/р «Верхнесалатское», Б – м/р «Снежное», В – м/р «Поселковое», Г – м/р «Усинское»

Снижение выхода асфальтенов сопровождается в большинстве случаев уменьшением содержания спирт-бензоловых и бензоловых смол, что прямо свидетельствует о том, что смолы выступают в качестве ингибирующего компонента, растворяющего асфальтеновые частицы. В основе такого механизма ингибирования лежит образование сопряжённых систем за счёт  $\pi$ - $\pi$ -взаимодействий молекул смол и асфальтенов. Также немаловажным фактом является увеличение массового содержания масел, так как это влияет на количественный выход лёгких дистиллятов. В большинстве случаев увеличение количества масел происходит на фоне снижения содержания асфальтенов и бензоловых смол, что свидетельствует в пользу гипотезы межклассового перераспределения компонентов нефтяной дисперсной системы.

Отметим, что использование обеих смесей при определённых концентрациях привносит значительный вклад в процесс ингибирования асфальтеновых отложений, а значит смесь на основе природных нефтяных смол может стать альтернативой традиционным методам борьбы с АСПО.

### Заключение

Анализ компонентного состава показывает, что наибольшее ингибирующее воздействие на образец с меньшим начальным содержанием асфальтенов оказывает добавление бензоловых смол, для образца с большим начальным содержанием – спирт-бензоловых. Несмотря на это для Усинской нефти наименьшее количество асфальтенов выделено при добавлении малого количества бензоловых смол. Данный факт свидетельствует о том, что ключевое значение имеет соотношение всех компонентов, входящих в систему. Стоит отметить межклассовое перераспределение родственных групп (асфальтенов и бензоловых смол). На фоне снижения количества асфальтенов снижается содержание бензоловых смол, что может говорить о большом влиянии бензоловых смол на процесс ингибирования образования агрегатов. В основе механизма лежат образующиеся в процессе нарушения термодинамической устойчивости различного типа сопряжённые системы, позволяющие формировать сольватный слой и повышать устойчивость.

### Список литературы

1. Мальком А. Келланд Промысловая химия в нефтегазовой отрасли: пер. с англ. яз. 2-го изд.; под ред. Л.А. Магадовой. – СПб.: ЦОП “Профессия”, 2015. – 608 с.
2. Сюняев З.И. Физико-химическая механика нефтей и основы интенсификации процессов их переработки: Учеб. пос. – М.: МИНХ и ГП им. И.М. Губкина, 1979. – С. 93
3. Кривцова, К.Б., Тарасов В.Е. Влияние природных нефтяных смол на агрегативную устойчивость дисперсных систем лёгких и средних нефтей // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2022. – № 6. – С. 3–8.