

УДК 622.27

А.В. Козлов**A.V. Kozlov**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ ГОРЯЧИХ МОЮЩИХ СОСТАВОВ
В БОРЬБЕ С ОРГАНИЧЕСКИМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ**

**DETERMINATION OF THE TECHNOLOGICAL
EFFICIENCY OF USING HOT WASHING POWDER
IN THE FIGHT AGAINST ORGANIC DEPOSITS**

Рассмотрена проблема образования органических отложений на внутренней поверхности линейных трубопроводов – одна из наиболее серьезных проблем при добыче и транспортировке пластовых флюидов. В борьбе с данными отложениями распространенной группой технологий является химизация процессов добычи флюида с целью предупреждения образования органических отложений или их удаления. Существует множество алгоритмов оценки технологической эффективности применения реагентов-ингибиторов и растворителей, однако наиболее дешевому способу очистки (промывки теплоносителем) в существующих публикациях уделено мало внимания. Предложен алгоритм определения оптимальных технологических параметров проведения промывок горячим моющим составом и его относительной технологической эффективности на лабораторной установке «Холодный стержень».

Ключевые слова: «Холодный стержень», асфальтосмолопарафиновые вещества, моющий состав, технологии борьбы.

In this paper, the problem of the formation of organic deposits on the inner surface of linear pipelines is considered. These deposits are one of the most serious problems in the production and transportation of formation fluids. When dealing with these deposits, a common group of technologies is the chemization of fluid production processes in order to prevent the formation of organic deposits or to remove them. There are many algorithms for evaluating the technological efficiency of the use of inhibitor reagents and solvents; however, little attention has been paid to the cheapest method of cleaning (flushing with a coolant) in existing publications. This paper proposes an algorithm for determining the optimal technological parameters for washing with a hot detergent composition and determining its relative technological efficiency on a laboratory unit "Cold Finger".

Keyword: "Cold Finger", asphalt-resin-paraffin substances, washing composition, fighting technologies.

Введение

Проблема образования органических отложений на внутренней поверхности линейных трубопроводов является одной из наиболее распространенных проблем при добыче и транспортировке флюида [1]. Примерами образующихся органических отложений могут служить асфальтосмолопарафиновые

отложения (АСПО). Данные отложения, образуясь на внутренней поверхности линейных трубопроводов, способны снизить гидравлический радиус рассматриваемого трубопровода, что влечет за собой увеличение давления и риск возникновения аварий на данном технологическом объекте [2]. В подтверждение актуальности данной проблемы на рис. 1 приведена статистика осложненного фонда южной группы месторождений Пермского края на 01.01.2020.



Рис. 1. Статистика осложненного фонда южной группы месторождений Пермского края

На рисунке видно, что наиболее распространенной проблемой на скважинах, составляющих добывающий фонд южной группы месторождений Пермского края, является образование АСПО. Данный факт позволяет утверждать, что борьба с органическими отложениями является наиболее актуальной задачей. На территории южной группы месторождений Пермского края существуют такие осложнения, как образование высоковязких эмульсий (ВВЭ), коррозия нефтепромыслового оборудования, образование солевых отложений, наличие высокого содержания механических примесей в добываемом флюиде и образование гидратов.

Существует несколько способов дифференциации методов борьбы с АСПО. Первый способ предполагает разделение на методы удаления образовавшихся отложений и методы предотвращения их образования [3]. Второй способ основан на разделении рассматриваемых методов по физическому полю, воздействию на органические отложения [4]. Наиболее перспективными методами борьбы с органическими отложениями являются химические, включающие в себя методы как предотвращения образования АСПО, а именно применение реагентов-ингибиторов, так и методы удаления отложений путем применения горячих моющих составов и растворителей [5]. Применение реагентов-ингибиторов и растворителей АСПО является распространенным методом борьбы с АСПО ввиду его высокой технологической эффективности

при корректном подборе реагента, однако данные методы борьбы обладают существенным недостатком – высокой стоимостью химического реагента. В связи с этим для удаления рассматриваемых органических отложений широкое распространение получает технология применения горячих моющих составов, представляющих собой водные растворы с поверхностно-активными веществами (ПАВ) [6]. Данный состав удаляет АСПО благодаря их нагреву выше температуры начала кристаллизации парафина (ТНКП), смывая их с внутренних поверхностей линейных трубопроводов.

На сегодня наиболее распространенным методом оценки эффективности применения технологий химизации в лабораторных условиях является метод «холодного стержня» [7, 8]. Данный метод основан на применении одноименной установки (рис. 2), основанной на принципе обращенного трубопровода. Данный принцип предполагает охлаждение внешней поверхности «холодных стержней» при помощи термостата-циркулятора и нагрева исследуемого флюида до ТНКП. Затем данная установка помещается в водяную баню, а исследуемый флюид перемешивается при помощи магнитного перемешивающего устройства, имитируя движение флюида в трубопроводе.

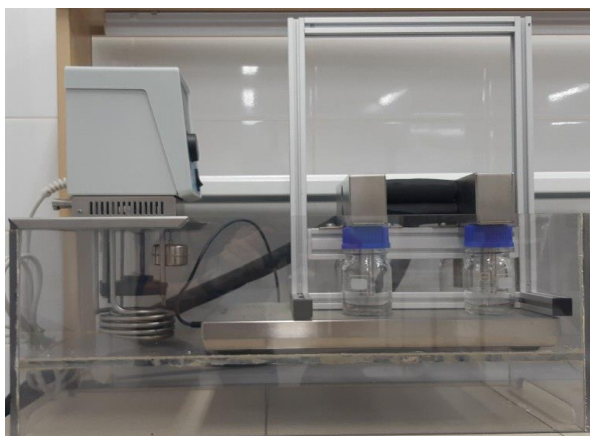


Рис. 2. Лабораторная установка «Холодный стержень» CF-4

Существует множество алгоритмов оценки эффективности применения технологий химизации добываемого флюида с применением установки «холодный стержень», что подтверждает ее распространенность. Однако необходимо отметить недостаточную изученность механизма оценки эффективности и определения оптимальных технологических параметров применения горячих моющих составов с помощью данной установки. В данной работе представлена методика подбора оптимальных технологических параметров и оценки относительной технологической эффективности удаления органических отложений горячими моющими составами в лабораторных условиях с применением установки «Холодный стержень» CF-4.

Методика

Оценка относительной технологической эффективности применения мощных составов проводилась на установке «Холодный стержень». На данной установке исследовалась проба пластового флюида с целевого технологического объекта с целью получения наибольшей интенсивности образования АСПО и его дальнейшего удаления исследуемым составом. Подбор оптимальных технологических параметров обработки горячим моющим составом проходил в несколько этапов и заключался в корректном определении технологических параметров применения конкретного моющего состава.

На первом этапе определялась концентрация активной части рассматриваемого состава в водном растворе. Активной частью горячего моющего состава считается доля присадок в водном растворе. Оптимальной концентрацией активной части будет считаться та концентрация, при которой достигается наибольшая эффективность моющего состава. При отсутствии конкретной рецептуры моющего состава необходимо проведение предварительного цикла подбора оптимального соотношения компонентов активной части.

На втором этапе определялась оптимальная температура проведения обработки внутренней поверхности трубопровода с учетом постепенного охлаждения рассматриваемого состава. Также проводилось дополнительное исследование, позволявшее «разложить» эффективность от применения горячего моющего состава на эффекты «плавления» и «отмывания». Для этого необходимо было провести серию опытов по отмыванию органических отложений горячей водой без присадок. Эффективность проведения данной промывки представляет собой эффект «плавления», после чего необходимо выделить эффект «отмывания». Оптимальной температурой проведения обработки АСПО горячим составом будет та, при которой эффективность «отмывания» будет наибольшей или интенсивность увеличения эффективности будет незначительной.

Третий этап – определение оптимальной скорости движения горячего моющего состава вокруг отложений АСПО. Этот параметр необходим для подбора объема и темпа проведения обработки внутренней поверхности линейных трубопроводов. Кроме того, необходимой для определения величины являлось оптимальное время обработки горячим моющим составом органических отложений.

Анализируя результаты проведенных лабораторных исследований, можно сделать вывод об относительной технологической эффективности применения данного моющего состава при следующих оптимальных параметрах:

- соотношение активной части и воды в горячем моющем составе для удаления органических отложений с конкретного целевого объекта;
- температура проведения обработки исследуемым составом;
- скорость прокачки исследуемого состава по нефтепроводу;
- время обработки органических отложений.

Лабораторные исследования

При исследовании целевого объекта на установке «Холодный стержень» применялась методика, представленная в работе [9]. При оценке относительной эффективности горячего моющего состава исследования проводились одновременно на четырех «холодных стержнях» для снижения возможных погрешностей. До определения оптимальных параметров скорости и температуры обработки органических отложений горячим моющим составом эти параметры были приняты в качестве стандартных величин:

- скорость перемешивания моющего состава 300 об/мин;
- температура обработки 55 °С;
- время проведения обработки 120 с.

Целевым объектом данного исследования выступал пластовый флюид, отобранный на технологическом объекте «N». Свойства данного флюида представлены в таблице. Исследуемым горячим моющим составом выступал реагент «А» с фиксированным соотношением компонентов в активной части.

Свойства рассматриваемого флюида

Показатель	Размерность	Величина
Плотность нефти	кг/м ³	877
Вязкость нефти	мм ² /с	20,03
Содержание асфальтенов	%	0,98
Содержание смол	%	31,15
Содержание парафинов	%	3,18
Содержание серы	%	2,05

Первым пунктом оценки относительной эффективности рассматриваемого горячего состава было определение концентрации активной части в его водном растворе. Результаты данных лабораторных исследований представлены на рис. 3.

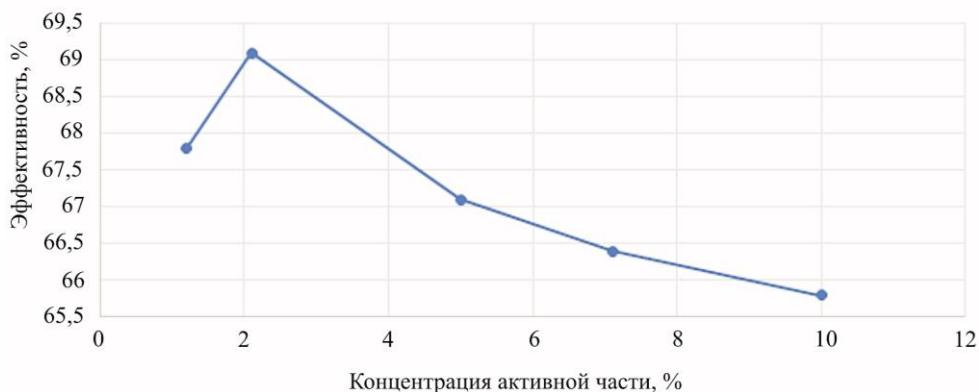


Рис. 3. Определение оптимальной концентрации активной части моющего состава

Из рисунка следует, что наибольшей эффективностью – 69,1 % – обладает моющий состав с концентрацией активной части 2 %. При дальнейшем увеличении концентрации активной части наблюдается снижение эффективности применения рассматриваемого моющего состава.

При реализации следующих лабораторных исследований, результаты которых отображены на рис. 4, было выявлено соотношение эффектов «плавления» и «отмывания», что позволило определить оптимальную температуру обработки органических отложений рассматриваемым составом. Величина эффекта «плавления» определялась при обработке органических отложений горячей водой, а эффекта «отмывания» – как разность общей эффективности моющего состава и эффекта «плавления».

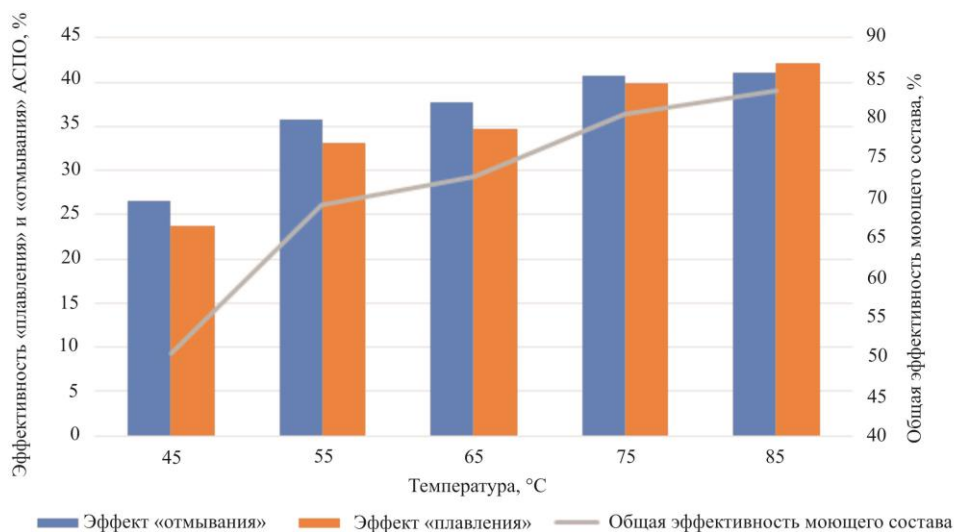


Рис. 4. Результаты лабораторных исследований по определению оптимальной температуры проведения очистных мероприятий горячим моющим составом

Анализ рисунка позволяет заключить, что при возрастании температуры обработки горячим моющим составом эффективность «плавления» превышает эффективность «отмывания» органических отложений при превышении температуры 75 °С. Также можно отметить снижение интенсивности увеличения общей эффективности моющего состава при нагревании выше 75 °С. Принимая во внимание данные факты, можно сказать, что данная температура будет наиболее эффективной для проведения обработок линейных трубопроводов горячими моющими составами.

Результаты определения оптимальной скорости движения рассматриваемого горячего состава представлены на рис. 5.

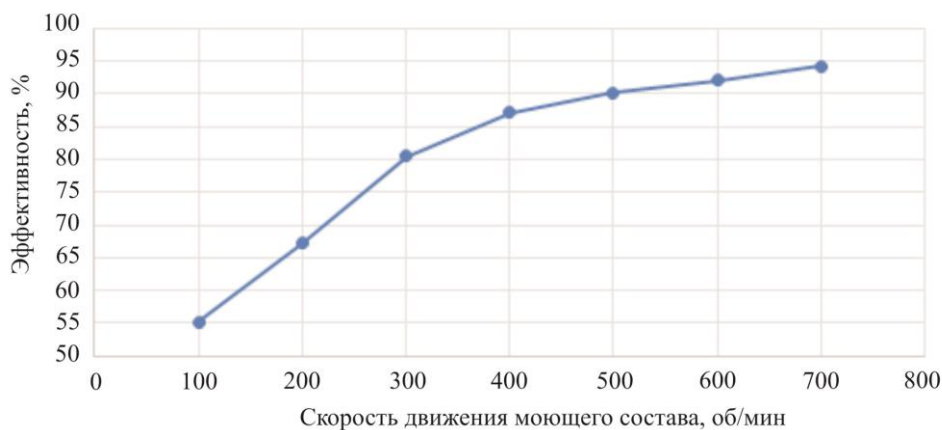


Рис. 5. Зависимость эффективности рассматриваемого горячего моющего состава от скорости его подачи

На рисунке видно, что максимальная эффективность – 94,31 % – достигается при окружной скорости в 700 об/мин, что равно линейной скорости 1,28 м/с. Однако оптимальной скоростью обработки принимается скорость 400 об/мин ввиду прекращения интенсивного увеличения эффективности по достижении данной скорости и наличие технических ограничений на рассматриваемом трубопроводе.

Кроме того, для определения наиболее эффективных технологических параметров проведения обработки необходимо оценить зависимость интенсивности обработки органических отложений от времени проведения обработки. Результаты данных лабораторных исследований представлены на рис. 6.

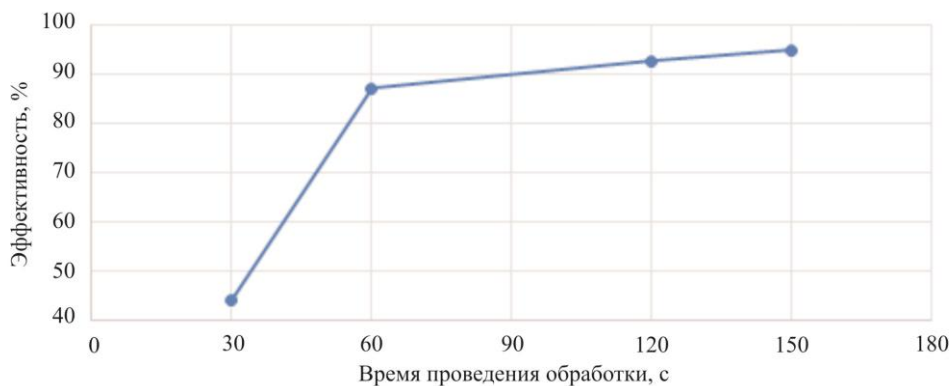


Рис. 6. Результаты лабораторных исследования по определению относительной эффективности при различном времени обработки органических отложений

Анализируя данный рисунок, можно заключить, что при обработке органических отложений дольше 60 с эффективность растет малыми темпами, что позволяет считать данное время наиболее эффективным. Таким образом, технологическая эффективность рассматриваемого моющего состава будет 87,12 % при следующих технологических параметрах:

- концентрация активной части в горячем моющем составе – 2;
- температура обработки – 75 °С;
- окружная скорость моющего состава – 400 м/с;
- время проведения обработки – 60 с.

Выводы

Образование и накопление на внутренней поверхности линейных трубопроводов органических отложений – одна из наиболее серьезных проблем в нефтедобыче. Технологии химизации, а именно применение реагентов-ингибиторов для предупреждения образования АСПО и углеродных растворителей для удаления данных отложений, являются наиболее перспективными технологиями и обладают высокой технологической эффективностью, но достаточно дороги. Альтернативной технологией выступает применение горячих моющих составов, характеризующихся меньшей технологической эффективностью и стоимостью. Для оценки оптимальных технологических параметров и относительной технологической эффективности применения горячих моющих составов была применена установка «Холодный стержень». По результатам лабораторных исследований разработан алгоритм оценки рассматриваемых величин. При использовании данного алгоритма для подбора технологий по борьбе с АСПО можно корректно оценить оптимальные технологические параметры, необходимые для достижения оптимальной технологической эффективности, и предотвратить возможный излишний нагрев рабочего агента, перерасход активного вещества или неправильный выбор параметров прокачки, что может негативно отразиться на технологической эффективности данного мероприятия.

Список литературы

1. Козлов А.В., Вотинова А.О. Технико-экономическое обоснование внедрения комплексной технологии борьбы с осложнениями в системе сбора и транспортировки нефти // Моск. экон. журн. – 2020. – №7. – С. 58–70.
2. Jalalnejhad M.J., Kamali V. Development of an intelligent model for wax deposition in oil pipeline // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. – 2016. – Vol. 6. – No 1. – P. 129–133.
3. Bai J., Jin X., Wu J. T. Multifunctional anti-wax coatings for paraffin control in oil pipelines //Petroleum Science. – 2019. – P. 1–13.

4. Ляпина А.Ю., Астахова А.В., Михалёва Ю.П. Исследование температуры кристаллизации парафинов в нефти с целью уменьшения образования асфальтосмолопарафиновых отложений // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2017. – №7. – С. 28–35.

5. Хасанова К.И., Дмитриев М.Е., Мастобаев Б.Н. Повышение эффективности применения средств и методов борьбы с асфальтосмолопарафиновыми отложениями в процессе транспорта нефти по магистральным трубопроводам // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2013. – № 3.

6. Иванова Л.В., Кошелев В.Н. Удаление асфальтосмолопарафиновых отложений разной природы // Нефтегазовое дело. – 2011. – № 2. – С. 257–268.

7. Wax deposition study in a cold-finger system with model oil / K. Fan [et al.] // SPE/IATMI Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition. – Society of Petroleum Engineers, 2015.

8. Jennings D.W., Weispfennig K. Effect of Shear on the Performance of Paraffin Inhibitors: Coldfinger Investigation with Gulf of Mexico Crude Oils // Energy & Fuels. – 2006. – No 20. – P. 2457–2464.

9. Вяткин К.А., Козлов А.В. Изучение, влияющих на интенсивность парафинообразования факторов в лабораторных условиях // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. – 2019. – Т. 1. – С. 96–98.

Получено 09.09.2020

Козлов Антон Вадимович – студент, горно-нефтяной факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: anton.kozlov@girngm.ru.

Научный руководитель **Илюшин Павел Юрьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Нефтегазовые технологии», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: ilushinpavel@yandex.ru.