

УДК 622.276

УДАЛЕНИЕ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЗНОЙ ПРИРОДЫ

Иванова Л.В.¹, Кошелев В.Н.²

*Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина
г. Москва, e-mail: ¹ivanovalv@gubkin.ru, ²koshelev@gubkin.ru*

Аннотация. *Применение удалителей: органических растворителей и водных растворов ПАВ – один из способов очистки нефтезаводского и нефтепромыслового оборудования от АСПО. В работе испытаны четыре углеводородные фракции различного химического состава, получаемые на НПЗ: Нефрас А-95/130, Нефрас С-2-80/120, Нефрас П-1, легкий газойль кат.крекинга и составы на водной основе, содержащие реагенты Фосфол и Проксанол. В качестве объектов испытания служили асфальтосмолопарафиновые отложения (АСПО) нефтезаводского и нефтепромыслового происхождения.*

Показано, что легкие углеводородные растворители, за исключением легкого газойля каталитического крекинга, независимо от их химического состава, хорошо отмывают все АСПО. Подобрана эффективная концентрация для водных растворов реагентов Фосфол и Проксанол. Удалители на водной основе наиболее эффективны для АСПО с высоким содержанием поверхностно-активных веществ: смол и асфальтенов. Установлено, что для достижения наибольшего эффекта отмыва для разных АСПО требуется варьировать температуру моющего раствора. Показано, что наибольшим отмывающим эффектом обладают составы, приготовленные на основе минерализованной воды.

Ключевые слова: *асфальтосмолопарафиновые отложения, АСПО, очистка нефтезаводского и нефтепромыслового оборудования от отложений, углеводородные растворители, водные растворы ПАВ*

Асфальтосмолопарафиновые отложения (АСПО), образующиеся в нефтепромысловом и нефтезаводском оборудовании, это проблема, с которой нефтяники сталкиваются постоянно. Предлагаемые в настоящее время многочисленные методы предупреждения образования АСПО, как физические, так и химические, позволяют увеличить межремонтный период, но полностью избежать образования отложений не удастся. Так что проблема удаления АСПО из нефтепромыслового и нефтезаводского оборудования, в конечном счете, присутствует всегда.

Одним из эффективных методов удаления АСПО из технологического оборудования является применение различных удалителей.

Анализ ассортимента удалителей и растворителей АСПО, который описан в отечественной и зарубежной литературе, показал, что все составы можно разделить на несколько классификационных групп [1]: индивидуальные органические растворители; растворители различных классов органических соединений природного характера; смесь одного или различных классов органических соединений производств нефтехимии и нефтепереработки; органические смеси с добавками ПАВ; удалители на водной основе и многокомпонентные смеси.

Прежде всего, привлекают внимание органические растворители и удалители, поскольку они имеют схожую природу с компонентами нефти. Среди индивидуальных растворителей наибольшую эффективность проявляют ароматические соединения, такие как бензол, толуол, ксилолы, этилбензол, хлорбензол, стирол [2, 3]. Однако применение этих реагентов в практике нефтедобычи ограничено из-за их высокой токсичности и пожароопасности.

Наибольшее распространение на промыслах получили удалители АСПО природного характера, сопутствующие нефтедобыче, такие как газоконденсат, газовый бензин, смесь сжиженных нефтяных газов, легкая нефть [4, 5]. Несомненным достоинством таких растворителей является их доступность. Они, как правило, добываются или получают в нефтяных районах, имеют низкую стоимость, не влияют на дальнейшие процессы переработки нефти. Химический состав удалителей этой группы представлен, в основном, легкими фракциями парафиновых углеводородов C_3-C_6 . Однако эффективность их невысока, так как смолы, а тем более асфальтены плохо растворимы в органических соединениях этого класса. Поэтому при удалении парафинов из призабойной зоны скважин возможно отложение асфальтенов в порах пласта, что в конечном итоге снижает его фильтрационные характеристики.

В последние годы наметилась тенденция в поиске дешевого и эффективно-го углеводородного сырья из числа вторичных ресурсов химии, нефтехимии и нефтепереработки [6]. В этой группе следует выделить такие реагенты, как этил- и бутилбензолная фракция, толуольная и ксилольная фракции, нефрас, керосиновая фракция, нефтяной сольвент, уайт-спирит. По эффективности растворения АСПО эти составы незначительно отличаются от растворителей природного характера, а в некоторых случаях даже менее эффективны, но они получили распространение для обработки призабойной зоны и удаления АСПО из нефтепромыслового оборудования вследствие их относительной доступности.

Для увеличения эффективности удалителей АСПО предложены составы, содержащие углеводородный растворитель и различные поверхностно-активные вещества (ПАВ). ПАВ, вводимые в составы в количестве до 3 %, повышают поверхностную активность растворителей и эффект диспергирования АСПО. К таким ПАВ относятся: композиционные присадки, полиалкилбензолная смола (ПАБС), смола пиролизная тяжелая (СПТ), термогазойль (ТГ) каталитического крекинга, азотсодержащий блоксополимер (БП) оксида этилена и оксида пропилена с молекулярной массой ~ 5000, фенолформальдегидные смолы [7-10].

В качестве удалителей АСПО можно использовать как углеводородные растворители, так и водные растворы ПАВ. Исходя из знаний состава отложений и руководствуясь общей теорией растворимости, растворителем для АСПО могут быть композиции удалителей с поверхностно-активными веществами, обладающие пептизирующими и дефлокулирующими свойствами по отношению к орга-

нической части и соответствующие требованиям ПАВ с точки зрения поверхностной активности и смачивающей способности по отношению к неорганической части. Уменьшая поверхностное натяжение раствор смачивает отложения, проникая в трещины и поры, при этом снижается сцепляемость частиц загрязнения. В качестве растворителей, приготовленных на водной основе, используются реагенты производства ООО «Нефтепромхим» (ряд СНПХ) [8], раствор соды кальцинированной, раствор щелочи, тринатрийфосфата, композиционная смесь, состоящая из ПАВ, фосфатов, карбонатов, сульфатов, силикатов. Также применяются ПАВ на основе фенолформальдегидных смол (ФФС) [10].

В данной работе в качестве удалителей для отмыва АСПО были исследованы удалители различной природы: углеводородные фракции, получаемые в процессах нефтепереработки и водные растворы реагентов Фосфол и Проксанол.

Углеводородные растворители:

1. Фракция Нефрас А-95/130 – толуольный сольвент (смесь ароматических углеводородов, преимущественно, толуола);

2. Фракция Нефрас С-2-80/120 – деароматизированная бензольная фракция с $T_{кип.}=80-120$ °С (ароматические углеводороды отсутствуют, состоит из парафино-нафтеновых углеводородов);

3. Фракция Нефрас П-1 – деароматизированная ксилольная фракция $T_{кип.}=110-160$ °С (ароматические углеводороды отсутствуют, состоит из парафино-нафтеновых углеводородов);

4. Легкий газойль с установки каталитического крекинга ($T_{кип.}=200-350$ °С).

Физико-химические свойства углеводородных растворителей представлены в табл. 1.

Таблица 1. Физико-химические характеристики углеводородных растворителей

Показатель	Нефрас С-2-80/120	Нефрас П-1	Нефрас А-95/130	Легкий газойль
Плотность ρ_4^{20} , г/см ³	0,69	0,70	0,87	0,97
Вязкость, сСт	0,87	0,56	0,65	3,99
Групповой химический состав, %				
Парафины*	99,4	86,94	0	
Нафтены*	0	11,86	0	
Ароматика*	0,59	1,2	~ 100	
Парафино-нафтеновые**				12,5
Ароматические**				
- моноциклические				4,1
- бициклические				58,2
- полициклические				22,1
Смолы**				3,1

*Метод анилиновой точки **Метод ВЖХ

В качестве водорастворимых реагентов были испытаны промышленно выпускаемые реагенты Фосфол и Проксанол, краткая характеристика которых представлена в табл. 2.

Таблица 2. Характеристика водорастворимых ПАВ

Реагент	Состав	Применение в нефтяной и газовой промышленности
Фосфол	техническая смесь моно- и диэфира ортофосфорной кислоты и полиэтиленгликолевого эфира моноизононилфенола со степенью оксиэтилирования n=12	компоненты деэмульгаторов; компонент технических моющих средств.
Проксанол	продукт последовательного присоединения окиси пропилена, а затем окиси этилена к гидроксильным группам пропиленгликоля: $\text{HO}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_m(\text{C}_3\text{H}_6\text{O})_n(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_m \cdot \text{H}$	моющее и смачивающее средство, диспергатор деэмульгатор.

Объектами исследования являлись асфальто-смоло-парафиновые отложения, отобранные на различных участках нефтепромыслового и нефтезаводского оборудования:

1. АСПО-1 – осадки коммуникационных систем Московского НПЗ;
2. АСПО-2 – донный осадок из нефтяного резервуара товарного парка Рязанского НПЗ;
3. АСПО-3 – донный осадок из мазутового резервуара товарного парка Рязанского НПЗ;
4. АСПО-4 – АСПО Асомкинского месторождения;
5. АСПО-5 – АСПО Вьенгапуровского месторождения;
6. АСПО-6 – АСПО с месторождения Калмыкии.

Отмывающая способность растворителей определялась весовым способом по разности массы АСПО, нанесенной на металлический стержень опусканием в расплав АСПО, и массы отложений, оставшихся на стержне после взаимодействия с растворителем.

Таблица 3. Физико-химические характеристики АСПО

	Показатели	АСПО-1	АСПО-2	АСПО-3	АСПО-4	АСПО-5	АСПО-6
		нефтезаводские АСПО			нефтепромысловые АСПО		
1.	Плотность, г/см ³	0,94	1,0	1,3	1,0	0,9	0,81
2.	Содержание мех. примесей, % масс	6,97	49,9	44,5	37,34	12,06	18,53
3.	Содержание воды, % об.	5	2,6	1,4	-	0,3	4
4.	Температура плавления, °С	44	57	53,4	75	70	66
5.	Содержание серы, % масс	0,3	1,7	1,5	0,4	0,2	0,1
6.	Структурно-групповой состав, %						
	н-Парафины (П >C ₁₉)	14,2	10,4	13,8	4,7	4,6	12,3
	Смолы (С)	8,75	12,1	9,4	2,3	2,04	3,47
	Асфальтены (А)	7,24	17,5	4,6	2,0	8,78	4,39
7.	Σ(С+А)	15,19	29,6	14,0	4,3	10,82	7,86
8.	П/(А+С)	0,93	0,35	0,98	1,09	0,43	1,56
9.	Тип АСПО	С	А	С	С	А	П

*Тип АСПО: А – асфальтеновый, П – парафиновый, С – смешанный

Испытания углеводородных растворителей

Известно, что эффективность отмыва АСПО зависит от времени контакта с растворителем, температуры растворителя, соотношения массы АСПО к объему растворителя и др. Нами было проведено исследование влияния времени контакта АСПО с растворителем и температуры растворителя на эффективность удаления АСПО и установлены оптимальные параметры: время контакта с растворителем – 40 мин., температура рабочего раствора – 30 °С.

В табл. 4 приведены данные по эффективности моющего действия испытанных нефтяных фракций по отношению к АСПО различного происхождения.

Таблица 4. Эффективности моющего действия углеводородных растворителей по отношению к АСПО различного происхождения, %

Растворители	АСПО-1	АСПО-2	АСПО-3	АСПО-4	АСПО-5	АСПО-6
	нефтезаводские АСПО			нефтепромысловые АСПО		
1. Нефрас С-2-0/120	80,0	99,6	81,5	57,6	90,3	53,9
2. Нефрас П-1	81,0	72,0	99,4	90,1	81,4	65,0
3. Нефрас А-95/130	80,5	99,9	100,0	85,5	80,5	57,0
4. Легкий газойль кат.крекинга	-17,3	-16,6	-28,4	-27,1	-11,9	-22,9

Данная серия экспериментов показала, что легкие углеводородные растворители, как парафиновые, так и ароматические при температуре 30 °С проявляет достаточно высокую отмывающую эффективность по отношению к нефтезаводским АСПО, характеризующимся высоким содержанием полярных соединений – ароматических углеводородов и смолисто-асфальтеновых веществ, а также относительно низким содержанием парафино-нафтеновых углеводородов.

АСПО нефтепромыслового происхождения отличаются по своему составу от отложений нефтезаводского происхождения и характеризуются высоким относительным содержанием наиболее трудно удаляемых парафино-нафтеновых углеводородов. Полученные данные показали, что, в целом, легкие углеводородные растворители (при температуре 30 °С) сохраняют свою отмывающую способность по отношению и к этой группе АСПО. Лучше всего данные растворители отмывают АСПО-4 и АСПО-5, которые характеризуются практически равным относительным содержанием суммы парафино-нафтеновых углеводородов: 75,1 и 78,6 соответственно и, что представляется на наш взгляд важным, равным относительным содержанием твердых парафинов: 4,7 и 4,6 соответственно. Нефрас С, представляющий собой смесь средних фракций парафинов, хуже отмывает АСПО-4 месторождения по сравнению с АСПО-5. В тоже время по отношению к АСПО-6 легкие растворители заметно уступают по своим показателям, не превышая 65 % отмыва. Вероятно, это связано с высоким суммарным содержанием высокомолекулярных нормальных парафинов – 12,3 %, что в 3 раза превышает их содержание в АСПО-4 и АСПО-5.

Легкий газойль каталитического крекинга оказался не эффективным для данной группы АСПО.

Таким образом, данные, полученные в первой серии испытаний, показали что, в целом, легкие углеводородные фракции, достаточно успешно удаляют АСПО различного происхождения. При этом, не удалось увидеть явной зависимости между групповым углеводородным составом АСПО и природой используемого растворителя. Использование этой серии растворителей наиболее экономически выгодно применительно к нефтезаводским АСПО. В этом случае сведены к

минимуму затраты на доставку растворителя, к тому же схема утилизации отмытых АСПО предполагает отгон растворителя и его возврат, с небольшими потерями, в систему топливных потоков НПЗ.

В то же время легкий газойль каталитического крекинга (фракция с температурой кипения 200-350 °С), содержащий более высокомолекулярные компоненты показал отрицательный результат. В условиях, выбранных для данной серии испытаний, газойль не отмывает АСПО с поверхности металлических стержней. Напротив, наблюдается некоторое увеличение массы стержня с АСПО, вероятно, за счет «набухания».

Испытания водных растворов ПАВ

Несмотря на высокую эффективность моющего действия легких углеводородных растворителей, при их практическом применении на нефтепромыслах могут возникнуть затруднения, как экономического характера, так и связанные с промышленной безопасностью. Первая проблема обусловлена доставкой легких углеводородных растворителей на промыслы, которые, зачастую, значительно удалены от нефтеперерабатывающих заводов, что повлечет за собой, наряду с высокой стоимостью самих растворителей, дополнительные расходы по их транспорту и хранению. Вторая проблема связана с высокой пожароопасностью применения легких углеводородных растворителей, в особенности, при повышенных температурах. Обойти названные недостатки углеводородных растворителей можно при использовании водных растворов ПАВ. Удалятели этого типа можно классифицировать как моющие смеси, поскольку их действие сводится, в основном, не к растворению составляющих АСПО, а к их диспергированию и отмыву. В состав моющих средств, как правило, входят различные оксиалкилированные продукты, щелочи, электролиты, спирты, кислоты и другие компоненты.

Нами были проведены предварительные испытания по отмывающему действию водных растворов выбранных ПАВ при разных концентрациях реагента по отношению к АСПО-1 и выбрана минимальная эффективная концентрация, при которой эффективность моющего действия более 50 %. Для реагента Фосфол она составила 0,005 % (масс.), для реагента Проксанол – 0,05 % (масс.).

На рис. 1 и 2 представлена эффективность моющего действия водных растворов испытуемых реагентов при минимально эффективной концентрации в зависимости от температуры рабочего раствора.

Из приведенных данных видно, что эффективность моющего действия испытанных ПАВ по отношению к АСПО нефтезаводского происхождения выше, чем для нефтепромысловых. АСПО нефтезаводского происхождения достаточно эффективно отмываются уже при температуре 30 °С.

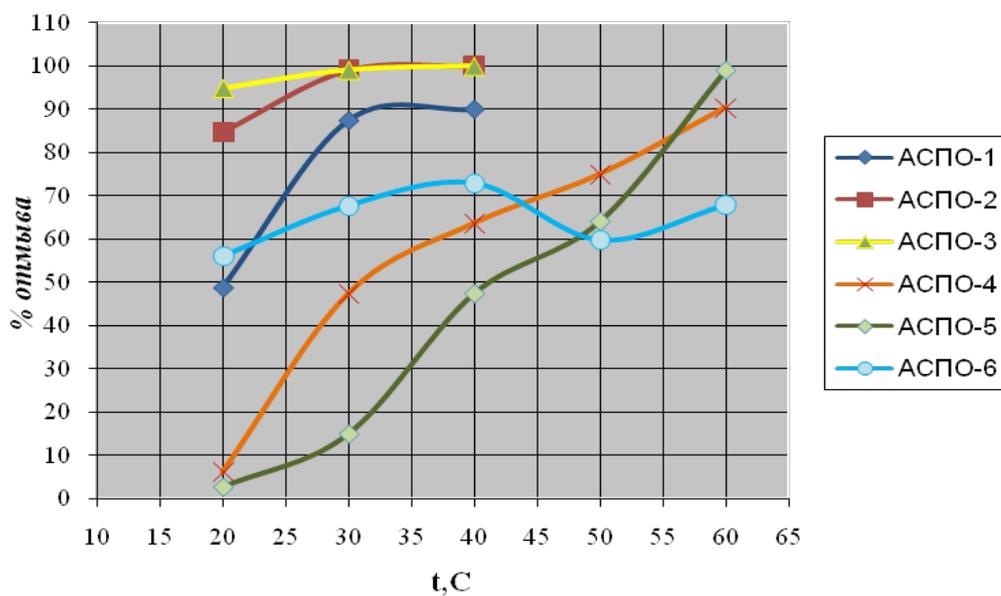


Рис.1. Эффективность моющего действия 0,005 %-го раствора Фосфолв зависимости от температуры по отношению к АСПО различного происхождения

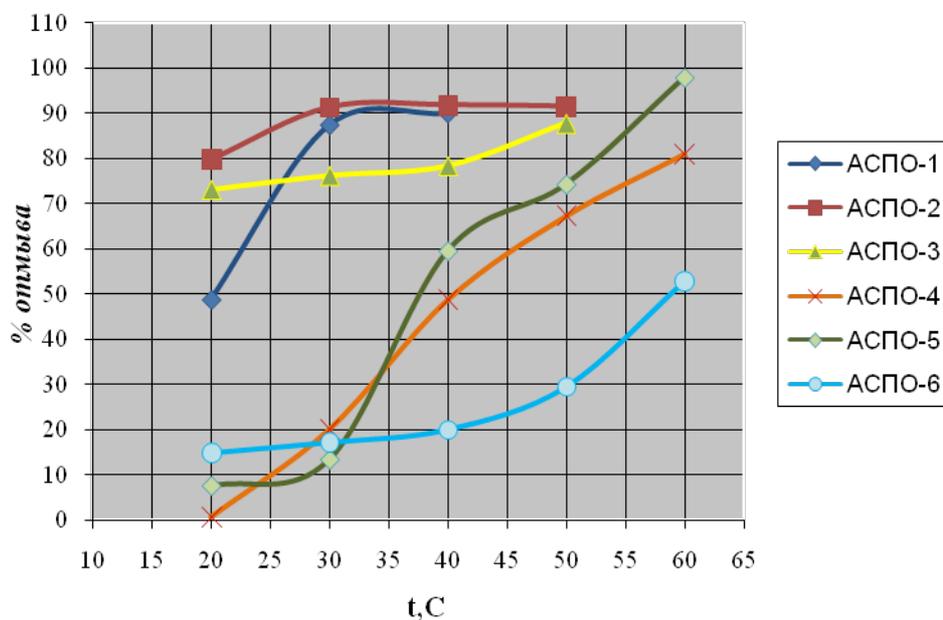


Рис.2. Эффективность моющего действия 0,05 %-го раствора реагента Проксанол в зависимости от температуры по отношению к АСПО различного происхождения

Иная картина наблюдается для АСПО нефтепромыслового происхождения. Характер зависимостей отмыва АСПО-4 и АСПО-5 схожий: наблюдается монотонное возрастание эффективности моющего действия раствора с повышением температуры. Наиболее эффективно моющее действие раствора проявляется при температуре 60 °С и для АСПО-4 достигает 90 %, для АСПО-5 – 100 %. Иначе ведет себя АСПО-6, для которого эффективность моющего действия 0,005 %-го раствора реагента Фосфол при всех испытанных температурах остается на уровне 60-70 %, а эффективность 0,05 %-го раствора реагента Проксанол только при максимальной в данной серии испытаний температуре 60 °С превышает 50 %-й уровень. Это подтверждает тот факт, что наиболее трудно удаляемыми отложениями являются АСПО парафинового типа.

Таким образом, можно сделать вывод, что наблюдается дифференциация эффективности моющего действия водных растворов испытанных ПАВ по отношению к АСПО различного состава. Это еще раз подтверждает необходимость подбора эффективных удалителей, их концентраций, условий удаления для каждого АСПО отдельно.

Во многих технологических процессах, сопровождающих добычу, транспорт и переработку применяется вода в чистом виде или в виде растворов. Использование воды в этих процессах неизбежно приводит к ее загрязнению компонентами нефти. Это делает технологическую воду непригодной для возврата в природные водоемы без предварительной очистки. В такой ситуации лучше использовать оборотную воду или воду, сопровождающую нефтедобычу (пластовую воду). Пластовую воду можно так же использовать в качестве оборотной для многократного использования.

В данной работе была исследована возможность многократного использования моющего раствора на основе реагента Фосфол (0,005 %) для обработки АСПО-5 при оптимальной температуре отмыва. Результаты показаны на следующем рисунке (рис. 3).

Эксперимент показал, что моющий раствор сохраняет свою эффективность на достаточно высоком уровне при повторном использовании. Так, после пяти циклов использования моющего раствора его эффективность снизилась всего на 10 %. Эти данные позволяют предположить, что при периодической «подпитке» раствора реагентом, моющий раствор можно использовать многократно без потери эффективности.

Важным компонентом любого раствора является применяемый растворитель. В последующих экспериментах было выявлено влияние минерализации воды на эффективность моющего действия растворов. Для сравнения были взяты: дистиллированная вода, водопроводная вода (минерализация 0,006 г/100 г воды), модель пластовой воды – сеноманская вода (минерализация 3 г/100 г воды).

Отмыв проводился при минимально эффективных температурах отмыва: 40 °С для АСПО-4 и АСПО-5 и 60 °С для АСПО-6. Результаты проведенных испытаний представлены на рис. 4.

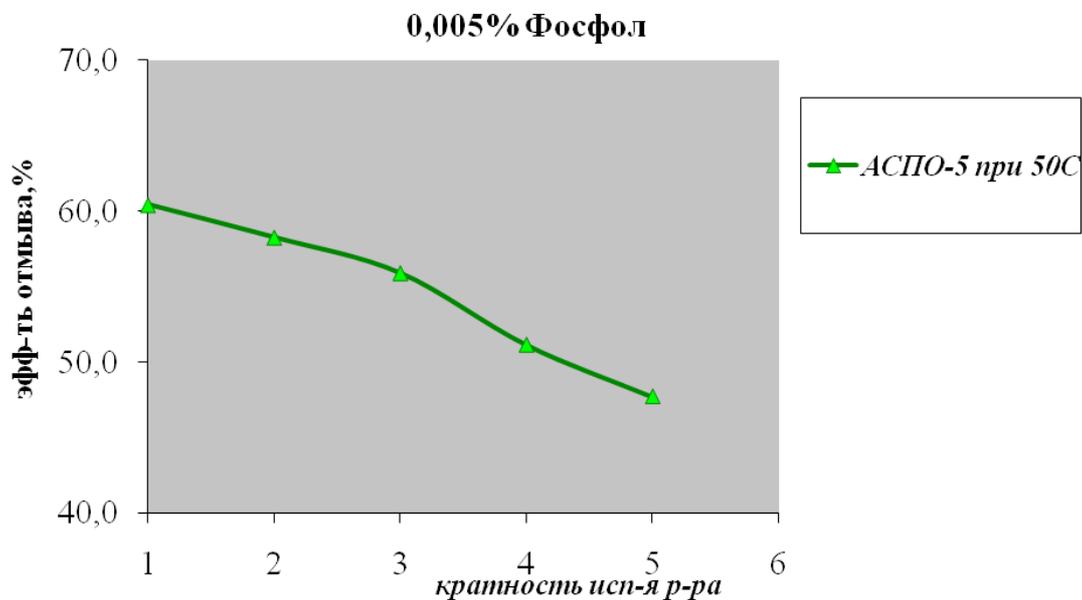


Рис.3. Эффективность моющего действия 0,005 %-го раствора Фосфол при многократной обработке

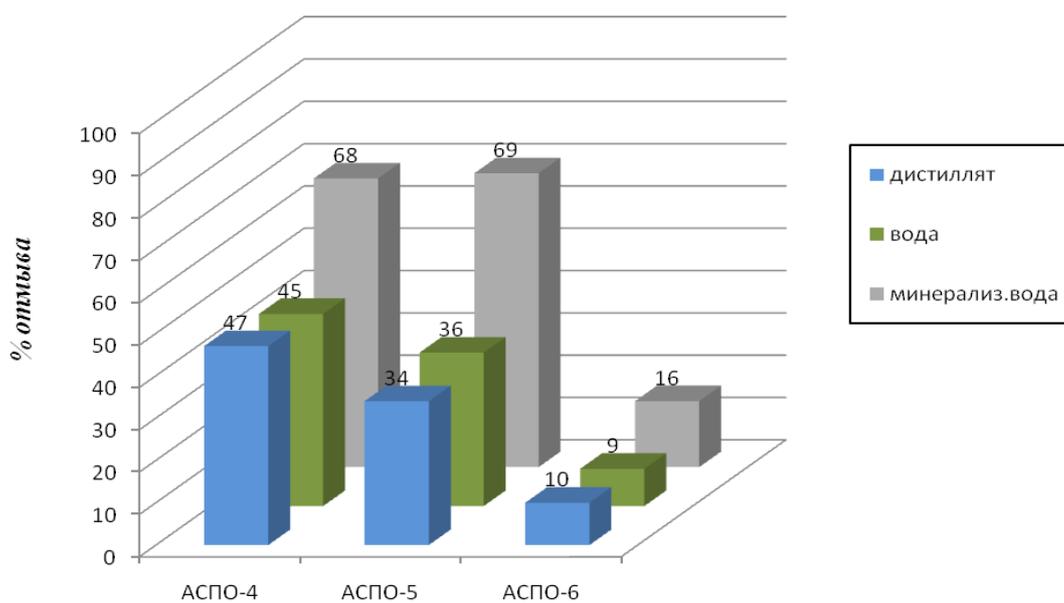


Рис. 4. Влияние минерализации воды на отмыв Нефтепромысловых АСПО

Полученные данные показывают, что увеличение минерализации водных растворов ПАВ позволяет повысить их отмывающий эффект. Для всех рассмотренных АСПО эффективность отмыва заметно возрастает (на 34 - 47 %) при использовании сеноманской воды. Это служит дополнительным аргументом к применению пластовой воды для приготовления моющих растворов в нефтепромысловых условиях.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

– Наивысшей эффективностью к отмыву АСПО разного происхождения обладают легкие углеводородные растворители. Повышение температуры растворителя улучшает его растворяющую способность по отношению к АСПО разного происхождения: как нефтезаводского, так и нефтепромыслового;

– Эффективность отмыва АСПО зависит от структурно-группового состава АСПО и определяется в первую очередь присутствием высокомолекулярных n- парафинов. С увеличением содержания n-парафинов и уменьшением содержания полярных компонентов растворимость АСПО в легких углеводородах снижается;

– Показана возможность применения удалителей на основе водорастворимых ПАВ: Фосфол и Проксанол, для АСПО различного состава. Экспериментально установлены минимально эффективные концентрации для каждого из использованных ПАВ;

– Показано, что для достижения наибольшего эффекта отмыва требуется варьировать температуру моющего раствора;

– Установлено, что 0,005 %-й раствор реагента Фосфол может многократно использоваться в циклической системе без значительного снижения эффективности моющего действия;

– Исследование влияния минерализации воды позволяет рекомендовать в промысловых условиях для приготовления моющего раствора использовать пластовую воду с добавлением ингибитора коррозии.

Литература

1. Марьин В.И., Акчурин В.А., Демахин А.Г. Химические методы удаления и предотвращения образования АСПО при добыче нефти: аналитический обзор. Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 2001. 156 с.

2. Строганов В.М., Турукалов М.Б., Ясьян Ю.П. Некоторые аспекты удаления асфальтено-смоло-парафиновых отложений с применением углеводородных растворителей // Нефтепереработка и нефтехимия. 2006. №12. С. 25-28.

3. Строганов В.М., Турукалов М.Б. Экспресс-методика подбора эффективных растворителей асфальтено-смоло-парафиновых отложений // OilGas. 2007. №8 С. 44-48.

4. Тороп О.В. Оценка термобарических показателей депарафинизации горячей нефтью подземного оборудования скважин // Нефтепромысловое дело. 2006. №8. С. 46-49.

5. Ахсанов Р.Р., Шарифуллин Ф.М., Карамышев Б.Г., Тухбатуллин Р.Г., Харланов Г.П., Куртаков О.М. Влияние легких углеводородов и их композиций на растворимость парафиновых отложений // Нефтепромысловое дело. 1994. №7-8. С. 12-16.

6. Рагулин В.В., Смолянец Е.Ф., Михайлов А.Г., Латыпов О.А., Рагулина И.Р. Исследование свойств асфальтосмолопарафиновых отложений и разработка мероприятий по их удалению из нефтепромысловых коллекторов // Нефтепромысловое дело. 2001. №5. С. 33-36.

7. Шарифуллин А.В. Механизм удаления нефтяных отложений с применением композиционных составов // Технологии нефти и газа. 2007. №4. С. 45-50.

8. Мухаметова Э.М., Мусавирова Г.А. Изучение воздействия комплексных реагентов, содержащих ПАВ, на асфальтосмолистые и парафинистые отложения // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2007. №8. С. 14-17.

9. Нагимов Н.М., Ишкаев Р.К., Шарифуллин А.В., Козин В.Г. Новый ряд углеводородных композитов для удаления АСПО // Нефтепромысловое дело. 2001. №9. С. 25-29.

10. Лебедев Н.А., Юдина Т.В., Сафаров Р.Р., Варнавская О.А., Хлебников В.Н., Дияров И.Н. Разработка реагента комплексного действия на основе фенолформальдегидных смол // Нефтепромысловое дело. 2002. №4. С. 34-38.

REMOVAL OF ASPHALTENE-RESIN-PARAFFIN DEPOSITS OF DIFFERENT GENESIS

L.V. Ivanova¹, V.N. Koshelev²

Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow, Russia

e-mail: ¹ivanovalv@gubkin.ru, ²koshelev@gubkin.ru

Abstract. *Eliminators application: organic solvents and aqueous solutions of surfactants is one of the ways to clean refinery and oil field equipment from the ARPD. We tested four hydrocarbon fractions of different chemical compositions, obtained at the refinery: Nefras A-95/130, Nefras S-2-80/120, Nefras P-1, light catalytic cracking gas oil and water-based formulations containing reagents Phosphol and Proxanol. The objects of the test were ARPD of oil refinery and oilfield origin. It is shown that the light hydrocarbon solvents, except light catalytic cracking gas oil, regardless of their chemical composition, effectively removed all the ARPD. The effective concentration for aqueous solutions of reagents Phosphol and Proxanol is chosen. Water-based removers work best for deposits with a high content of surfactants: resins and asphaltenes. It was established that to achieve the greatest effect for the detergent of different deposits it is necessary to vary the temperature of the cleaning solution. It is shown that the greatest detergent effect have compositions, prepared on the basis of mineralized water.*

Keywords: *asphaltene-resin-paraffin deposits, ARPD, cleaning refinery and oil field equipment from deposits, organic vehicle, water solution of surface acoustic wave*

References

1. Mar'in V.I., Akchurin V.A., Demakhin A.G. Khimicheskie metody udaleniya i predotvrashcheniya obrazovaniya ASPO pri dobyche nefiti: analiticheskii obzor. (Chemical methods for removing and preventing the formation of asphalt, resin, and paraffin deposits in oil production: an analytical review). Saratov: «Kolledzh», 2001. 156 p.
2. Stroganov V.M., Turukalov M.B., Yas'yan Yu.P. Nekotorye aspekty udaleniya asfal'teno-smolo-parafinovykh otlozhenii s primeneniem uglevodorodnykh rastvoritelei (Some aspects of the removal of asphalt-resin-paraffin deposits with the use of hydrocarbon solvents). *Neftepererabotka i neftekhimiya*, 2006, Issue 12, pp. 25-28.
3. Stroganov V.M., Turukalov M.B. Ekspress-metodika podbora effektivnykh rastvoritelei asfal'teno-smolo-parafinovykh otlozhenii (Express-method of selection of effective solvents asphaltene-resin-paraffin deposits). *OilGas*, 2007, Issue 8, pp. 44-48.
4. Torop O.V. Otsenka termobaricheskikh pokazatelei deparafinizatsii goryachei nef'tyu podzemnogo oborudovaniya skvazhin (Evaluation of temperature and pressure indicators of dewaxing downhole equipment with hot oil). *Neftepromyslovoe delo*, 2006, Issue 8, pp. 46-49.
5. Akhsanov R.R., Sharifullin F.M., Karamyshev B.G., Tukhbatullin R.G., Kharlanov G.P., Kurtakov O.M. Vliyanie legkikh uglevodorodov i ikh kompozitsii na rastvorimost' parafinovykh otlozhenii (Effect of light hydrocarbons and their composi-

tions on the solubility of paraffin deposition). *Neftepromyslovoe delo*, 1994. Issue 7-8, pp. 12-16.

6. Ragulin V.V., Smolyanets E.F., Mikhailov A.G., Latypov O.A., Ragulina I.R. Issledovanie svoystv asfal'tosmoloparafinovykh otlozhenii i razrabotka meropriyatii po ikh udalenyu iz neftepromyslovykh kollektorov (Studying the properties of asphalt-resin and paraffin depositions and development of procedures to remove them from the oil-field gathering lines). *Neftepromyslovoe delo*, 2001, Issue 5, pp. 33-36.

7. Sharifullin A.V. Mekhanizm udaleniya neftyanykh otlozhenii s primeneniem kompozitsionnykh sostavov (The mechanism of removal of oil deposits with the use of composite formulations). *Tekhnologii nefti i gaza*, 2007, Issue 4, pp. 45-50.

8. Mukhametova E.M., Musavirova G.A. Izuchenie vozdeistviya kompleksnykh reagentov, sodержashchikh PAV, na asfal'tosmolisty i parafinisty otlozheniya (Studying the impact of complex reagents containing surfactants, on the asphalt-resin and paraffin deposition). *Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse*, 2007, Issue 8, pp. 14-17.

9. Nagimov N.M., Ishkaev R.K., Sharifullin A.V., Kozin V.G. Novyi ryad uglevodorodnykh kompozitov dlya udaleniya ASPO (A new series of hydrocarbon composites to remove asphalt, resin, and paraffin deposits). *Neftepromyslovoe delo*, 2001, Issue 9, pp. 25-29.

10. Lebedev N.A., Yudina T.V., Safarov R.R., Varnavskaya O.A., Khlebnikov V.N., Diyarov I.N. Razrabotka reagenta kompleksnogo deistviya na osnove fenolformal'degidnykh smol (The development of the complex reagent based on phenol-formaldehyde resin). *Neftepromyslovoe delo*, 2002, Issue 4, pp. 34-38.