

Бурение скважин и разработка месторождений

использования, оперативность, достоверность, функциональность и экономичность. Достоверность связана с тем, что подсчет запасов опирается на фактические данные по накопленной добыче скважин и учитывает текущие свойства коллекторов и флюидов, что позволяет более точно прогнозировать добычу существующих на месторождении скважин. При этом объемы сложных и дорогостоящих геолого-геофизических технологий и затраты на их проведение могут значительно уменьшиться. Функциональность метода заключается в возможности его применения на разных стадиях разработки месторождения, в том числе при активном применении технологий повышения коэффициентов нефтеизвлечения пластов. Необходимость большого количества статистических данных по накопленной добыче скважин и лабораторных исследований проб и их корреляции, а так же влияние лабораторных методик и условий на успешность применения метода можно отнести к его недостаткам. Эти недостатки можно преодолеть при отбраковке ошибочных данных, условии создания систем автоматизированной регистрации и обработке в промысловых условиях Ксп добываемой нефти.

Список литературы

1. Чоловский И.П., Иванова М.М., Гутман И.С. и др. Нефтегазопромысловая геология и гидрогеология залежей углеводородов. – М.: ГУП издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2002. – С.312.
2. Девликамов В.В., Мархасин И.Л., Бабалян Г.А. Оптические методы контроля за разработкой нефтяных месторождений. – М.: Недра, 1970. – С.21.
3. Шмойлова Р.А. Теория статистики. – М.: Финансы и статистика, 2002. – С.513.

Сведения об авторах

Бурханов Р.Н., к.г.-м.н., доцент, заведующий кафедрой «Геология», Альметьевский государственный нефтяной институт, тел.: (8553) 31-00-68

Хазипов Ф.Р., студент, Альметьевский государственный нефтяной институт, тел.: (8553) 31-00-68

Ханнанов М.Т., к.г.-м.н., доцент, Альметьевский государственный нефтяной институт, тел.: (8553) 31-00-68, главный геолог НГДУ «Ямашнефть»

Burkhanov R.N., Candidate of Sciences, associate professor, Head of Department "Geology", Almetievsk State Petroleum Institute, phone: (8553) 31-00-68

Khazipov F.R., student, Almetievsk State Petroleum Institute, phone: (8553) 31-00-68

Khannanov M.T., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, associate professor, Almetievsk State Petroleum Institute, phone: (8553) 31-00-68, Chief geologist of NGDU "Yamashneft"

УДК 622.276.72/665.7.038

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ИНГИБИТОРОВ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ С ДЕПРЕССОРНЫМИ ПРИСАДКАМИ

Т.В. Юрецкая, И.Г. Волинец
(Тюменский государственный нефтегазовый университет)

Смеси ингибиторов парафиноотложения, синергический эффект

Asphalt-resin-wax inhibitor compositions, phenomenon of synergism

UDC 622.276.72/665.7.038

Бурение скважин и разработка месторождений

Assessment of efficiency of two-component asphalt-resin-wax inhibitor compositions with pour-point depressants. Yuretskaya T. V., Volynets I. G.

Two-component asphalt-resin-wax inhibitor compositions FLEK-IP-101, FLEK-IP-102, HPP-004 and pour-point depressants DP-65, TyumII-77 have been analyzed. The blend compositions and their effective concentrations demonstrating a maximum inhibiting efficiency in the model medium, aircraft kerosene, have been determined. A comparative assessment of the results received during the study of blends behavior in aircraft kerosene and in oil from Yuzno-Kharamurskoye field has been made. A method for a quantitative estimation of the synergism effect has been suggested. It is shown that the synergistic blends ensure a reduction of inhibitors consumption with the given efficiency of equipment protection. Fig. 5, tables 3, ref. 5.

В настоящее время развитие нефтяной промышленности обусловлено значительными осложнениями при разработке нефтяных месторождений. Процессы добычи, сбора и подготовки нефти осложняются комплексом проблем, связанных с асфальтосмолопарафиновыми отложениями (АСПО). Одним из перспективных методов борьбы АСПО является применение ингибиторной обработки продукции скважин.

При разработке технологии ингибиторной защиты наиболее важным этапом является подбор эффективного ингибитора АСПО применительно к конкретным параметрам эксплуатации нефтепромыслового оборудования и физико-химическим свойствам нефти. Этот метод технологичен. Однако эффективность ингибиторов АСПО недостаточно высокая. Заводы России производят ограниченный ассортимент ингибиторов АСПО. Зарубежные ингибиторы имеют высокую стоимость и не всегда доступны. В то же время существует более экономичный, но эффективный способ расширения ассортимента ингибиторов парафиноотложения и повышения их качества. Это создание многокомпонентных смесей различных ингибиторов АСПО с синергическим ингибирующим эффектом [1]. Один из важных факторов, влияющих на проявление эффекта синергизма в многокомпонентных композициях, – различие химической природы исходных реагентов.

В статье представлены результаты исследования эффективности двухкомпонентных смесей ингибиторов АСПО ФЛЭК-ИП-101, ФЛЭК-ИП-102, ХПП-004 и депрессорных присадок ДП-65, ТюмИИ-77.

Исследование эффективности реагентов и их смесей проводилось методом «холодного стержня» на лабораторной установке [2], разработанной в ООО «ФЛЭК» согласно РД 39-3-1273-85 «Руководство по тестированию химических реагентов для обработки призабойной зоны пласта добывающих и нагнетательных скважин» п.2.8 в модельной среде – авиакеросине с добавлением 10% АСПО Харампурского месторождения. Для подтверждения явления синергизма и оценки эффективности разработанных составов полученные смеси повторно исследованы в нефти Южно-Харампурского месторождения с добавлением АСПО Харампурского месторождения в количестве 3% мас.

Эффективность ингибиторов парафиноотложения рассчитывалась по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{m_0 - m_p}{m_0} 100\%, \quad (1)$$

где m_0 – масса АСПО, отложившихся на стержне в контрольном опыте без добавления ингибитора, г; m_p – масса АСПО, отложившихся на стержне в опытах с добавлением ингибиторов и их смесей, г.

При исследовании ингибиторов АСПО, депрессорных присадок и их смесей обнаружено, что при одном и том же расходе композиции ингибиторов и присадок обладают большей эффективностью, чем исходные компоненты. Это связано с проявлением эффекта синергизма.

Нами предложена методика количественной оценки синергического эффекта. Согласно общему определению «аддитивности» масса смеси компонентов

Бурение скважин и разработка месторождений

(аддитивная масса m_a) равна сумме масс компонентов, составляющих эту смесь, умноженных на соответствующие им массовые доли в смеси:

$$m_a = \frac{(m_1 n_1 + m_2 n_2)}{(n_1 + n_2)}, \quad (2)$$

где m_1 – масса АСПО, отложившихся на стержне в опыте с добавлением первого ингибитора, г; m_2 – масса АСПО, отложившихся на стержне в опыте с добавлением второго ингибитора, г; n_1 – массовая доля первого ингибитора в смеси; n_2 – массовая доля второго ингибитора в смеси.

Аддитивная эффективность смеси рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_a = \frac{m_0 - m_a}{m_a}, \quad (3)$$

где m_a – аддитивная масса АСПО, рассчитанная по формуле (2), г.

Для количественной оценки используется соотношение

$$S = \frac{\mathcal{E}_{cm}}{\mathcal{E}_a}. \quad (4)$$

Если $\mathcal{E}_{cm}/\mathcal{E}_a > 1$, то проявляется синергический эффект, а если $\mathcal{E}_{cm}/\mathcal{E}_a < 1$, то эффект антагонистический.

Приведены физико-химические показатели исследуемых реагентов (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика ингибиторов АСПО и депрессорных присадок

Наименование реагента	Химическое строение	Физико-химические свойства
Присадка ТюмИИ-77	$\text{H}[\text{OCH}_2\text{C}(\text{CH}_2\text{OR})_2\text{CH}_2\text{OCO C}_6\text{H}_4\text{CO}]_n\text{OH}$, где $\text{R}=\text{C}_{21-25}$ диацетилпентаэритритфталат	Твердый продукт светло-коричневого цвета, низколетуч, малотоксичен. Кислотное число 16 мг КОН/г, температура плавления 60 – 90 °С; кинематическая вязкость 20%-ного раствора присадки в масле при 50 °С 93 мм ² /с
Присадка ДП-65	$\text{RCONH}\{\text{C}_2\text{H}_4\text{N}[\text{C}(\text{O})\text{R}]\}_n\text{H}$, где $\text{R}=\text{C}_{21-25}$ Амиды СЖК	Твердый продукт темно-коричневого цвета, малотоксичен. Кислотное число 9,4 мг КОН/г, температура плавления 58 °С; молекулярная масса - 920
ФЛЭК-ИП-101, ФЛЭК-ИП-102	В состав ингибиторов входят: толуол, этилбензол технический, ксилол нефтяной, сольвент нефтяной	Жидкость светло-желтого цвета. Температура застывания плюс 15°С; мас. доля активного вещества 5-20%
ХПП-004	Смесь фосфорорганического соединения, моноэтаноламина и оксиалкилированных спиртов и уретановых производных в смеси растворителей: метанола, сольвента нефтяного (нефрас А-130/150)	Жидкость светло-желтого цвета. Плотность при 20°С 0,820-0,870 г/см ³ ; температура застывания минус 50°С; кинематическая вязкость при 20°С ≤50 сСт; мас. доля активного вещества ≤8%

Бурение скважин и разработка месторождений

Результаты определения эффективности и синергического эффекта различных композиций депрессоров с ингибиторами позволяют выбрать составы смесей и их рабочую концентрацию для наиболее эффективного применения (см. табл.2). Все двухкомпонентные смеси, исследованные в авиакеросине при соотношении компонентов 50:50 по массе, обладают максимальным синергизмом и максимальным значением эффективности при соответствующих концентрациях, по сравнению со смесями, применяемыми при других соотношениях реагентов (см. табл.2).

Построены некоторые графические зависимости на основании указанных данных (см. табл.2).

Таблица 2

Результаты определения синергического эффекта для различных двухкомпонентных смесей ингибиторов и депрессорных присадок

Смесь депрессорной присадки с ингибитором АСПО	Общая концентрация смеси, г/т	Соотношение компонентов в смеси присадка : ингибитор АСПО	$\Sigma_{\text{присадки}}$	$\Sigma_{\text{ингибитора АСПО}}$	$\Sigma_{\text{смеси (экспериментальной)}}$	$\Sigma_{\text{аддитивная}}$	$\Sigma_{\text{см/га}}$
ДП-65 : ХПП-004, исследованная в авиакеросине	100	30:70	54,4	31,5	22,5	38,4	0,59
		50:50			58,9	42,9	1,37
		70:30			41,9	47,6	0,88
	250	30:70	57,0	40,1	43,3	45,1	0,96
		50:50			75,5	48,5	1,56
		70:30			68,6	51,9	1,32
	500	30:70	57,2	44,7	49,6	48,5	1,02
		50:50			59,6	51,0	1,19
		70:30			44,2	53,5	0,83
	1000	30:70	67,5	44,8	73,2	51,6	1,42
		50:50			85,9	56,1	1,53
		70:30			52,9	60,6	0,87
ТюмИИ-77 : ХПП-004, исследованная в авиакеросине	50	30:70	23,7	27,3	13,8	26,2	0,53
		50:50			60,3	25,5	2,36
		70:30			30,2	24,8	1,22
	100	30:70	30,6	30,1	24,2	30,2	0,80
		50:50			59,4	30,3	1,96
		70:30			17,2	30,4	0,57
	250	30:70	47,2	41,2	59,4	43,0	1,38
		50:50			66,6	44,2	1,51
		70:30			24,2	45,4	0,53
	500	30:70	69,1	49,5	64,2	55,4	1,16
		50:50			78,8	59,3	1,33
		70:30			82,6	63,3	1,30
ТюмИИ-77:ФЛЭК-ИП-101, исследованная в авиакеросине	50	30:70	25,4	27,7	11,9	27,0	0,44
		50:50			69,4	26,5	2,62
		70:30			10,2	26,1	0,39
	100	30:70	31,2	28,6	50,2	29,4	1,71
		50:50			71,6	29,9	2,39
		70:30			36,8	30,4	1,21
	250	30:70	46,3	33,3	44,7	37,2	1,20
		50:50			32,1	39,8	0,81
		70:30			81,3	42,4	1,92
	500	30:70	69,0	55,5	18,7	59,6	0,31
		50:50			62,6	62,3	1,00
		70:30			65,6	65,0	1,01
ДП-65 : ФЛЭК-ИП-102, исследованная в авиакеросине	50	30:70	27,7	24,5	19,0	25,5	0,75
		50:50			73,5	26,1	2,82
		70:30			60,7	26,8	2,26
	100	30:70	51,4	27,5	53,0	34,7	1,53
		50:50			60,4	39,4	1,53
		70:30			53,4	44,2	1,21
	250	30:70	70,6	41,4	69,5	50,2	1,38
		50:50			63,5	56,0	1,13

Бурение скважин и разработка месторождений

Смесь депрессорной присадки с ингибитором АСПО	Общая концентрация смеси, г/т	Соотношение компонентов в смеси присадка : ингибитор АСПО	Σ присадки	Σ ингибитора АСПО	Σ смеси (экспериментальная)	Σ аддитивная	$\Sigma_{см/за}$
	500	70:30	71,1	58,8	76,2	61,8	1,23
		30:70			40,0	62,5	0,64
		50:50			63,8	65,0	0,98
		70:30			64,6	67,4	0,96
ДП-65 : ХПП-004, исследованная в нефти Южно-Харампурского месторождения	50	30:70	19,5	21,3	42,7	20,7	2,06
		50:50			52,3	20,4	2,56
		70:30			53,0	20,0	2,65
	100	30:70	51,7	38,7	53,6	42,6	1,26
		50:50			52,1	45,2	1,15
		70:30			64,3	47,8	1,35
	250	30:70	56,0	49,7	44,6	51,6	0,86
		50:50			60,9	52,8	1,15
		70:30			55,2	54,1	1,02
		70:30					

Приведены зависимости эффективности ингибиторов АСПО, депрессорных присадок и некоторых наиболее эффективных смесей в зависимости от концентрации реагентов, исследованных в авиакеросине (рис.1), откуда видно, что присадка ДП-65 обладает наибольшим ингибирующим эффектом среди однокомпонентных реагентов при исследованных концентрациях. Эффективность же двухкомпонентных смесей присадок ДП-65 и ТюмИИ-77 с другими ингибиторами АСПО превышает эффективность ДП-65 в определенных интервалах концентраций. Это однозначно свидетельствует о том, что исследованные смеси проявляют синергический ингибирующий эффект.

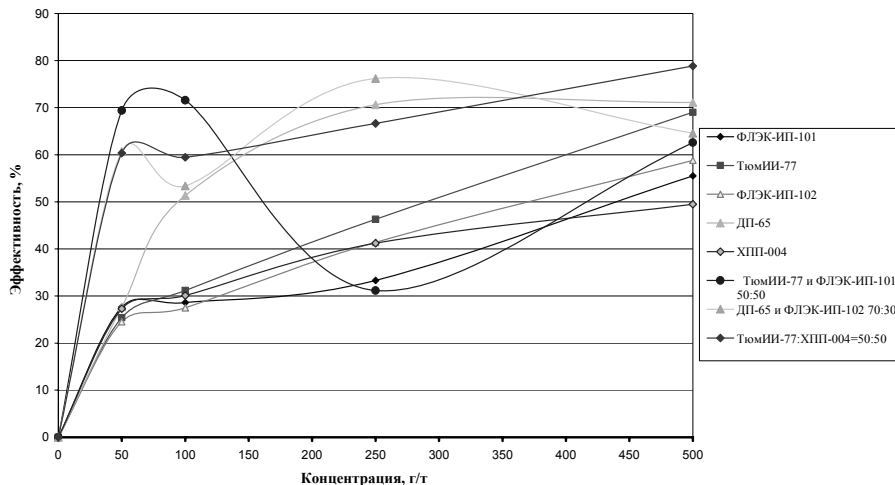


Рис. 1. Зависимость эффективности исходных ингибиторов и наиболее активных их смесей от концентрации в авиакеросине

Целесообразно рассмотреть полученные закономерности и построить графические зависимости на примере одной из наиболее эффективных композиций, смеси ДП-65 и ХПП-004, исследованной в различных соотношениях первоначально в авиакеросине, а затем в нефти для оценки эффективности и подтверждения синергического эффекта [3].

Представлены зависимости эффективности ингибирования от содержания наиболее эффективного компонента в смеси, исследованной в авиакеросине и

Бурение скважин и разработка месторождений

нефти (рис.2,3). Повышение эффективности ингибирования в смесях по сравнению с исходными ингибиторами имеет место в модельной среде – авиакеросине и нефти. Это однозначно свидетельствует о проявлении эффекта синергизма. Практический интерес представляют области минимальных значений концентраций, где эффективность ингибирования достаточно высока. Наиболее предпочтительна смесь при расходе 100 г/т нефти. Ее эффективность при всех соотношениях превышает эффективность исходных ингибиторов. При концентрации 250 г/т эффективна смесь в соотношении компонентов 50:50, что подтверждают полученные результаты исследования этой смеси в авиакеросине.

При исследовании эффективности смесей депрессоров с ингибиторами АСПО необходимо изучать все составы и концентрации для выбора наиболее эффективных [4].

Представлены зависимости отношения экспериментальной эффективности к эффективности аддитивной для смеси ингибиторов АСПО ХПП-004 и ДП-65, исследованной при оценке синергического эффекта в авиакеросине и в нефти соответственно (рис.4,5).

Для концентраций 50, 100 г/т при любых соотношениях ингибиторов в смеси проявляется синергический эффект (см. рис.5). Таким образом, смесь ДП-65 и ХПП-004 при дозировке 50, 100 г/т можно применять для ингибирования АСПО в любом соотношении ингибитора и присадки.

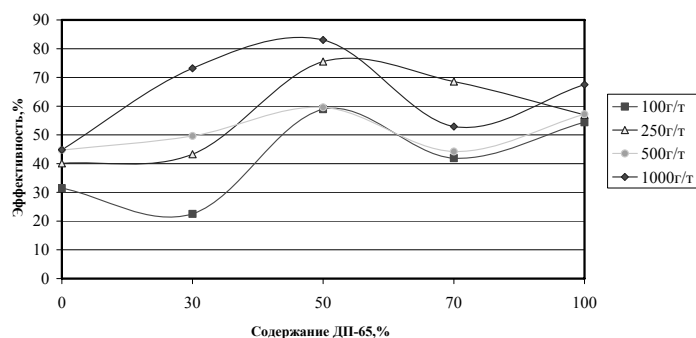


Рис. 2. Зависимость эффективности действия смеси ингибитора ХПП-004 и депрессатора ДП-65 от содержания ДП-65 и расхода смеси реагентов в авиакеросине

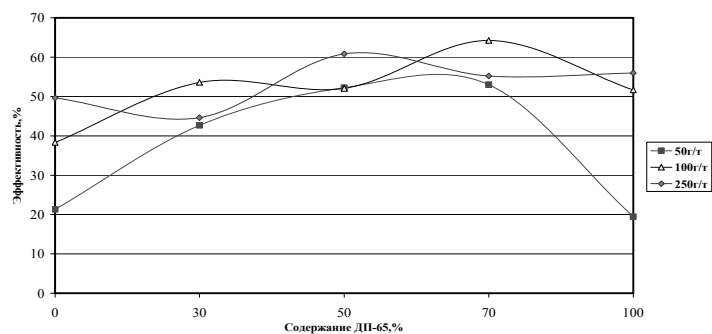


Рис. 3. Зависимость эффективности действия ингибиторов А СПО ХПП-004, ДП-65 и их смеси от содержания ДП-65 и расхода смеси реагентов в нефти

Бурение скважин и разработка месторождений

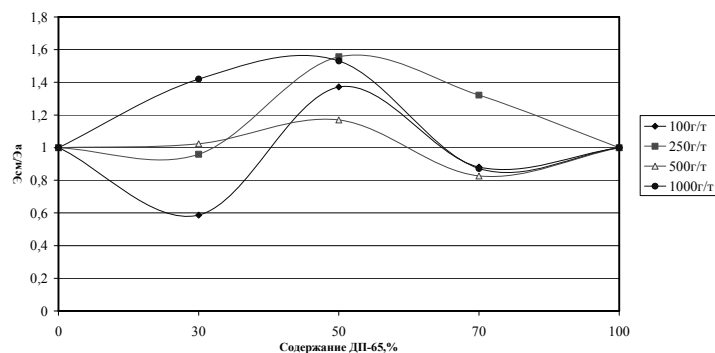


Рис. 4. Зависимость $\frac{Э_{см}}{Э_{а}}$ от содержания ДП-65 для смеси ДП-65 и ХПП-004, исследованной в авиакеросине

Одним из критериев при выборе ингибитора по величине его расхода является обеспечение необходимого уровня эффективности ингибирования. Зависимости $\frac{Э_{см}}{Э_{а}}$ от содержания активного компонента наиболее четко отражают, какую смесь и с каким расходом необходимо выбрать, а также позволяют численно оценить эффект синергизма.

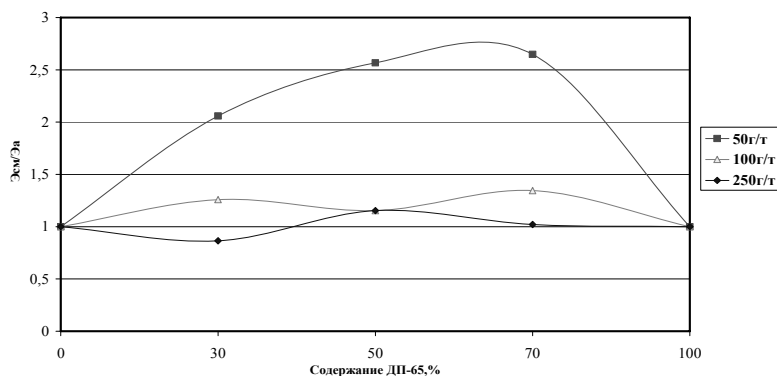


Рис. 5. Зависимость $\frac{Э_{см}}{Э_{а}}$ от содержания ДП-65 для смеси ДП-65 и ХПП-004, исследованной в нефти

Следует отметить, что эффект синергизма зависит от общей концентрации смеси. С повышением концентрации он уменьшается, тогда как эффект антагонизма увеличивается.

Для выбора наиболее эффективного ингибитора по эффекту ингибирования, без учета стоимости ингибиторов, необходимо принимать во внимание два параметра: величину эффективности и концентрацию. Предпочтителен тот ингибитор, который, к примеру, при равной эффективности показывает этот эффект при более низкой концентрации.

Приведены значения концентрации и эффективности ингибиторов, депрессаторов, их составы. Эффективность смесей, которые проявляют наибольший синергизм, заметно выше эффективности исходных компонентов. Минимальную удельную стоимость имеют составы с максимальным синергическим эффектом.

Таблица 3

Бурение скважин и разработка месторождений

Оценка экономии ингибиторов и присадок, проявляющих синергический эффект в двухкомпонентных композициях, исследованных в авиакеросине без учета стоимости реагентов

Пор. номер	Ингибиторы, депрессаторы и их смеси	Эффективность ингибиторов, присадок и их смесей при разном расходе, %			
		50 г/т	100 г/т	250 г/т	500 г/т
1	ХПП-004	27,3	31,5	40,1	44,7
2	ДП-65	27,7	54,4	57	57,2
3	ТюмИИ-77	23,7	30,6	47,2	69,1
4	ФЛЭК-ИП-102	24,5	27,5	41,4	58,8
5	ФЛЭК-ИП-101	27,7	28,6	33,3	55,5
6	ДП-65:ХПП-004 50:50	-	58,9	75,5	59,6
7	ДП-65:ХПП-004 70:30	-	41,9	68,6	44,2
8	ТюмИИ-77:ХПП-004 50:50	60,3	59,4	66,6	78,8
9	ДП-65:ФЛЭК-ИП-102 70:30	60,7	53,4	76,2	64,6
10	ДП-65:ФЛЭК-ИП-102 50:50	73,5	60,4	63,5	63,8
11	ТюмИИ-77:ФЛЭК-ИП-101 50:50	69,4	71,6	31,2	62,6

Выводы

- Разработанные составы двухкомпонентных смесей ингибиторов АСПО с депрессорными присадками показывают высокое ингибирующее действие по сравнению с самым эффективным исходным компонентом, обладая высоким синергическим эффектом.
- Эффективность и величина синергизма смесей зависят от состава смесей и концентрации. Поэтому при разработке смесей, обладающих высокой ингибирующей защитой от АСПО, необходимо точное соблюдение составов и рабочих областей концентраций смесей.
- Применение разработанных высокоэффективных смесей ингибиторов для защиты нефтепромысловых объектов от АСПО позволит в 3-4 раза снизить их расход по сравнению с расходом исходных ингибиторов при одной и той же заданной величине эффективности защиты.

Список литературы

1. Синергетические эффекты при дезмульсации высокопарафинистых нефтей/ Оринбасаров К.А., Климова Л.З., Дарищева Н.В. и др. // Нефтепромысловое дело. – 2006. - № 10. – С. 38 - 42.
2. Глуценко В.Н., Шипигузов Л.М., Юрпалов И.А. Оценка эффективности ингибиторов асфальтено-смолопарафиновых отложений // Нефтяное хозяйство, 2007. – № 5. – С. 84 – 87.
3. МПК С09К 3/00 E21B 37/06. Состав для удаления асфальтосмолопарафиновых отложений / Пензев Т.В., Перекупка А.Г., (ОАО «Гипротюменнефтегаз»). - № RU 2 316 642 C1; Заявл. 31.05.06 // Патент. – 2006.
4. Юрецкая Т.В., Перекупка А.Г. Эффективность многокомпонентных смесей ингибиторов АСПО. – Москва: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции. Нефтепромысловая химия, 26-27.06.2008. - С. 144.
5. Зараева Ю.С., Юрецкая Т.В., Перекупка А.Г. Разработка синергетических смесей реагентов для добычи нефти.- Тюмень: 32-я научно-практическая конференция, посвященная 45-й годовщине ОАО «Гипротюменнефтегаз», 2009.- С. 54.

Сведения об авторах

Юрецкая Т. В., младший научный сотрудник, ОАО «Гипротюменнефтегаз», тел.: (3452)46-53-92, Yuretskaya_NIO@mail.ru

Волынец И.Г., к.т.н., доцент кафедры «Сооружение и ремонт нефтегазовых объектов», Тюменский государственный нефтегазовый университет, Институт транспорта, тел.: (3452)417-025

Yuretskaya T. V., Junior scientific worker of OJSC «Giprotuymenneftegas», phone +7 (3452) 46-53-92, Yuretskaya_NIO@mail.ru