



УДК 622.276.6

ВЛИЯНИЕ ЭКО-РЕАГЕНТА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ И ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ СНИЖЕНИИ ВЯЗКОСТИ



INFLUENCE OF ECO-REAGENT ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF HIGH-VISCOSITY OIL AND ITS EFFECTIVENESS IN REDUCING VISCOSITY

Гайнутдинова Альбина Рифкатовна
инженер,
институт «ТатНИПИнефть»
gainutdinovaar@mail.ru

Волков Юрий Васильевич
кандидат геолого-минералогических наук, доцент,
доцент кафедры геологии нефти
и газа имени академика А.А. Трофимука,
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
старший научный сотрудник,
институт проблем экологии и недропользования
академии наук Республики Татарстан
lyvolkoff@yandex.ru

Аннотация. Задача настоящего исследования посвящена изучению влияния реагента различной концентрации на физико-химические свойства высоковязкой нефти и подбору реагента с наиболее эффективными показателями для снижения вязкости.

Ключевые слова: высоковязкие нефти, реагент, снижение вязкости.

Gainutdinova Albina Rifkatovna
Engineer,
«TatNIPIneft» institute
gainutdinovaar@mail.ru

Volkov Juri Vasilevich
Ph.D. (Geology and Mineralogy),
Associate Professor of Geology of Oil and Gas
named after academician A.A. Trofimuk,
Kazan Federal University,
Senior Researcher Institute of Ecology
and Subsoil Use Problems,
Academy of Sciences
of the Republic of Tatarstan
lyvolkoff@yandex.ru

Annotation. The purpose of this exploration to study the effect of a reagent of different concentrations on the physical and chemical properties of high-viscosity oil and to select the reagent with the most effective indicators for reducing the viscosity.

Keywords: high-viscosity oil, reagent, viscosity reduction.

Запасы высоковязкой тяжелой нефти и природного битума, часто называемые нетрадиционными, являются важнейшей составляющей сырьевой базы нефтяной отрасли всех успешно развивающихся нефтедобывающих стран мира.

Осознание конечности нефтегазового потенциала и высокие ресурсы данного вида углеводородного сырья обуславливают тот факт, что его разработке нефтяные компании уделяют все большее внимание.

Начало активной разработки нетрадиционной нефти во многом поменяло саму идеологию и подходы к проектам в нефтяной отрасли, превратив каждый случай в уникальный научно-практический вопрос.

По данным различных исследователей в России находится 30–75 млрд т. прогнозных ресурсов нефти всех типов, освоение которых без инновационных подходов практически невозможно, даже если их значительные запасы и ресурсы относятся к благоприятным регионам с довольно развитой инфраструктурой, как, например, в Татарстане.

В работе проведена серия экспериментов, направленная на уточнение особенностей физико-химических свойств и состава высоковязкой нефти, важных с позиций организации добычи, промышленной подготовки нефти и выбора направления ее дальнейшей переработки.

Определение физических свойств нефти

Лабораторные испытания проводились на нефти башкирского яруса Вишнево-Полянского месторождения.

Анализ полученных в ходе лабораторных исследований результатов (табл. 1) позволяет проклассифицировать нефть Вишнево-Полянского месторождения как высоковязкую, битуминозную и высокосернистую.

Таблица 1 – Измерение физико-химических свойств нефти

Определяемый параметр нефти	Прибор для измерения	Полученный результат
Вязкость	FUNGILAB	273 мПа·с
Плотность	Ареометр	978 кг/м ³
Сера	СПЕКТРОСКАН SUL	4,52 %



Геохимические исследования нефти

В качестве метода разделения, основанного на распределении вещества между подвижной и неподвижной фазами, был использован *метод газовой хроматографии*.

В ходе исследований были получены хроматограммы, по которым производились расчёты и интерпретация полученных результатов.

Для идентификации выделяемых компонентов использовались соответствующие эталоны (n-C₁₈, n-C₂₁), а также эталонные смеси (n-C₁₂–n-C₂₄). В дальнейшем аномалии (пики) на хроматограмме идентифицировались по принципу, основанному на постоянстве времени удерживания (времени от момента ввода пробы в колонку до выхода максимума пика концентрации) индивидуальных веществ в стандартных условиях определения.

Площади пиков на хроматограмме рассчитывались вручную и с использованием программного пакета «TotalChrom».

Результаты газохроматографических исследований нефти с подсчитанными биомаркерами представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты газохроматографических исследований

Биомаркер/Образец	P/F	(P+F)/(C ₁₇ +C ₁₈)	Квн	C ₂₇ /C ₁₇	F/C ₁₈	P/C ₁₇	(2·C ₂₉)/(C ₂₈ +C ₃₀)	CPI	C _{n4} /C ₄
Нефть исходная	0,56	0,75	0,31	0,53	0,97	0,53	0,94	0,92	0,97
Нефть + реагент 1 %	0,54	0,61	0,37	0,61	0,80	0,43	0,90	0,91	1,19
Нефть + реагент 3 %	0,51	0,69	0,38	0,61	0,92	0,46	0,91	0,91	0,95
Нефть + реагент 5 %	0,55	0,71	0,29	0,49	0,94	0,5	0,93	0,89	0,97
Нефть + реагент 7 %	0,51	0,6	0,33	0,56	0,81	0,4	1,03	0,97	0,98

Анализ биомаркеров позволяет определить пути миграции нефти из материнской породы в резервуар методом корреляции нефть – нефть и нефть – материнская порода, относительную термическую зрелость, а также возможные процессы вторичного изменения. Из-за их общей устойчивости к атмосферным воздействиям, биодеградаци, испарению и другим процессам, биомаркеры также используются в качестве индикаторов загрязнения окружающей среды.

В ходе исследований был построен график распределения коэффициентов Пристан/n-C₁₇ и Фитан/n-C₁₈ (рис. 1), предложенный американскими учеными Кенноном и Кессоу для определения типа исходного органического вещества (ОВ) и степени его зрелости.

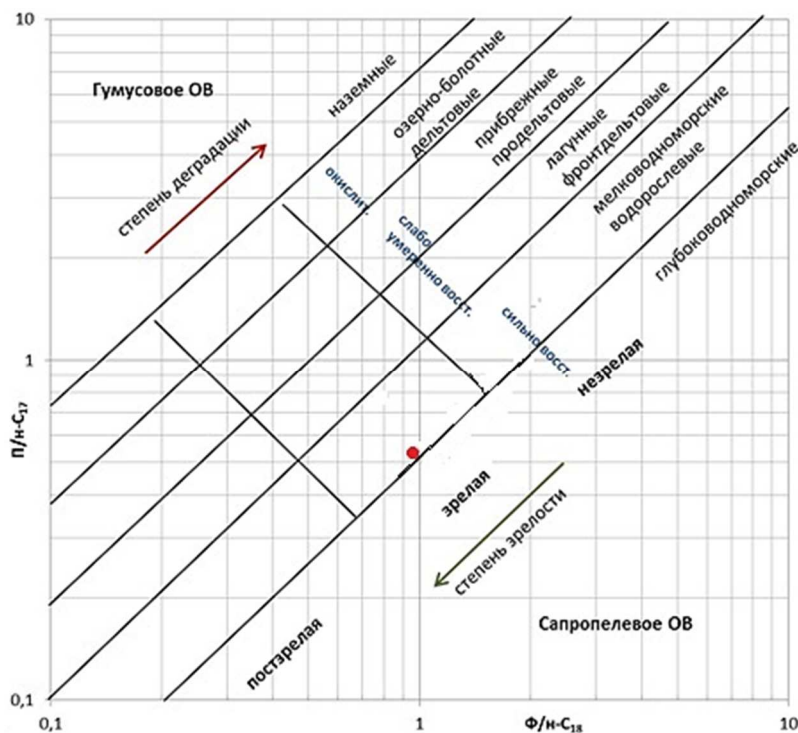


Рисунок 1 – Реконструкция условий осадконакопления и степени катагенетической преобразованности ОВ пород



Из графика видно, что исходный образец расположен в области сильно восстановительных условий осадконакопления - мелководноморские водорослевые. Тип исходного ОВ пород сапропелевый, генезис – морской. Это подтверждается и отношением пристана к фитану (П/Ф), которое для всех исследуемых образцов ≤ 1 , указывая на восстановительные условия fossilization ОВ.

Одной из простых и широко применяемых схем разделения нефти на компоненты в лабораторных условиях является SARA-анализ. Данный метод основан на разделении нефти на четыре аналитические группы соединений: насыщенные углеводороды, ароматические соединения, смолы и асфальтены (saturates, aromatics, resins, asphaltenes – SARA) (рис. 2).

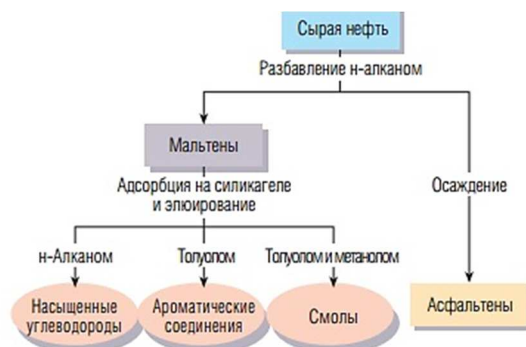


Рисунок 2 – Разделение сырой нефти методом фракционирования SARA [1, с. 29]

По результатам проведенного группового анализа отмечается небольшое преобладание в составе битумоида смолисто-асфальтеновых компонентов – 50,82 %.

В составе смол наблюдается преобладание компонентов бензольной фракции.

Содержание масляной фракции составляет 48,78 % (табл. 3).

Эко-реагент с концентрацией 7 % понизил количество смолисто-асфальтеновых компонентов на 10,99 %, тем самым повысив содержание масляных фракций и улучшив свойства нефти (табл. 3).

В ряде публикаций [2, с. 309–314; 3, с. 2327–2336] отмечается, что тенденция к осаждению асфальтенов зависит от соотношения содержания в нефти смол и асфальтенов.

Это соотношение составило 3,6 % в исходной нефти и 2,5 % для нефти с добавлением реагента с концентрацией 7 %, что говорит о высокой устойчивости нефти к образованию отложений асфальтенов, с одной стороны, и снижении устойчивости благодаря реагенту, с другой.

Таблица 3 – Результаты проведения экстракции битумоидов и определения их группового состава

№№ п/п	% реагента	Групповой состав ХБА, %						
		масла	Смолы			Асфальтены		
			Бензол	сп.бензол	Σ	ч.к.	а.к.	Σ
1	0	48,78	26,28	13,49	39,77	7,28	3,77	11,05
2	1	47,81	23,73	15,12	38,85	7,26	6,08	13,34
3	3	47,47	27,77	12,75	40,52	8,17	3,84	12,01
4	5	46,47	31,64	11,78	43,42	6,58	3,53	10,11
5	7	60,17	20,34	7,94	28,28	7,5	4,05	11,55



Подбор эко-реакнта с наиболее эффективными показателями для снижения вязкости

Опыт разработки нефтяных месторождений свидетельствует о том, что в процессе вскрытия и эксплуатации продуктивных пластов происходит постепенное ухудшение фильтрационных свойств в призабойной зоне пласта (ПЗП). Чаще всего это происходит из-за отрицательного влияния воды, образующей с нефтью стабильную эмульсию (рис. 3). При наличии твердых частиц стабильность эмульсий значительно повышается, кроме того, увеличивается их вязкость. Образование эмульсий при добыче нефти – основная причина больших потерь нефти, удорожания ее транспортировки и подготовки к переработке. Поэтому актуальными являются вопросы повышения эффективности процессов добычи, транспорта и подготовки нефти, осложненные образованием эмульсий, на основании исследования влияния на них химических реагентов, применяемых в нефтедобыче, оптимизации использования деэмульгаторов, разработки методов стабилизации работы установок подготовки нефти и технологий обработки водонефтяных эмульсий [4, с. 40–42].

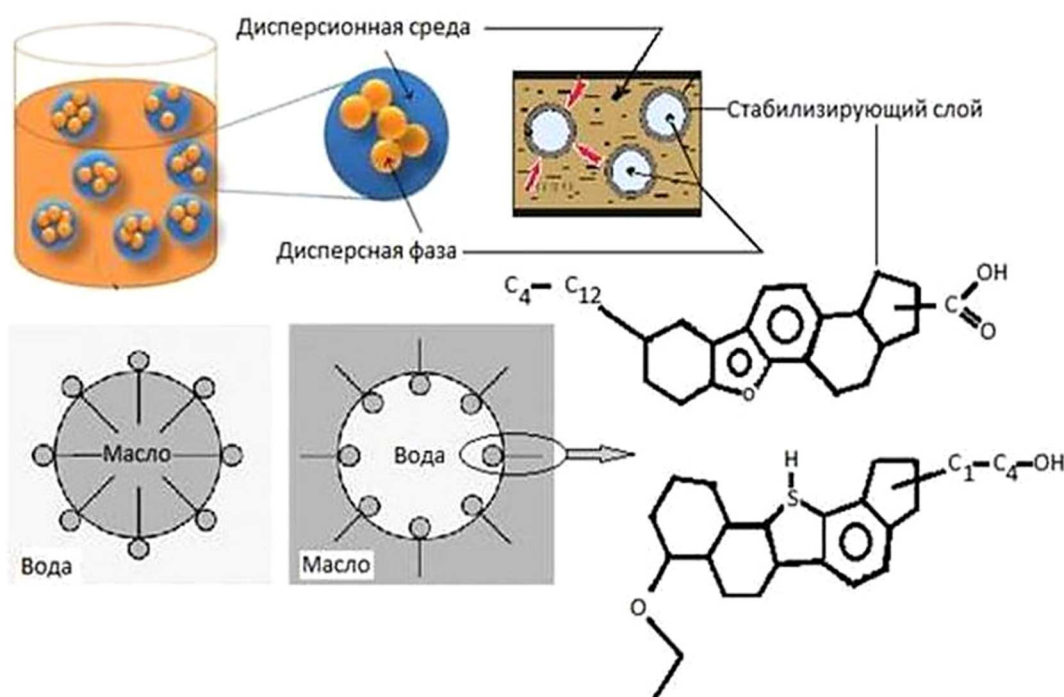


Рисунок 3 – Нефтяная эмульсия [5]

Методика лабораторных экспериментов предусматривала добавление эко-реакнта различной концентрации от 1 до 7 %, перемешивание механической мешалкой, термостатирование в течение 30 минут и проведение измерения вязкости.

Эко-реакнт – это раствор на органической основе темно-коричневого цвета, полученный электрохимическим путем из природных гумитов и каустобиолитов угольного ряда. Применяемый реакнт является естественным для окружающей природной среды, не образует токсичных соединений в почве, воде, не загрязняет атмосферу, не оказывает негативного влияния на флору, фауну (табл. 4).

Основное действующее вещество препарата – физиологически активные калиевые соли гуминовых кислот (гуматы калия). Так же в состав препарата входят аминокислоты, углеводы, водорастворимые карбоновые кислоты (щавелевая, янтарная, яблочная, лимонная), элементы минерального питания (азот, фосфор, калий) и микроэлементы (железо, медь, цинк, марганец, бор, молибден и др.).

В серии экспериментов была использована обезвоженная с помощью порошка прокаленного хлористого кальция нефть (рис. 4). Обезвоживание проходило по следующей методике: навеска порошка 200 г. на дне конической колбы заливалась 500 мл. нефти и оставлялась на отстой на 8 дней. В течение этого времени хлористый кальций впитывал в себя всю воду.

Результаты экспериментов воздействия эко-реакнта на вязкость μ нефтяной эмульсии (НЭ) и обезвоженной нефти (ОН) башкирского яруса Вишнево-Полянского месторождения представлены в таблицах 5 и 6.

Показанные на рисунках 5 и 6 кривые, наглядно свидетельствуют о том, что наиболее эффективными оказались концентрации эко-реакнта 2 % для нефтяной эмульсии и 3 % для обезвоженной нефти, снизившие вязкость на 51 и 32 мПа·с., соответственно.



Таблица 4 – Характеристика эко-реагента

Определяемый показатель	Единица измерения	Норма по ТУ 0392-001-99118391-2006
Внешний вид		Жидкость темно-коричн. цвета
Массовая доля влаги	%	86-98
Содержание органического вещества	%	8-12
Содержание калиевых солей гуминовых кислот	%	4-5
Массовая доля калиевых солей гуминовых кислот на сухое вещество, не менее	%	70
рН КСl суспензии		7,5-10
Массовая доля азота	мг/100 г	не менее 100,0
Массовая доля фосфора	мг/100 г	не менее 100,0
Массовая доля калия	мг/л	не менее 100,0
Массовая доля мышьяка	мг/л	не более 2,0
Массовая доля кадмия	мг/л	не более 0,5
Массовая доля ртути	мг/л	не более 2,1
Массовая доля свинца	мг/л	не более 32
Эффективная удельная активность радионуклеидов	Бк/л	не более 300
Удельная активность техногенных радионуклеидов	отн. ед.	1 отн. ед.
Массовая концентрация 3,4 бенз(а)пирена	мг/кг	не более 0,02



Рисунок 4 – Обезвоживание нефти

Таблица 5 – Действие реагента на нефтяную эмульсию

μ НЭ, мПа·с при T = 21,2 °C	1 % реагента	2 % реагента	3 % реагента	5 % реагента	7 % реагента	Снижение μ max, мПа·с	Снижение μ max, %
537	512	505	527	560	583	32	6

Таблица 6 – Действие реагента на обезвоженную нефть

μ НЭ, мПа·с при T = 21,2 °C	1 % реагента	2 % реагента	3 % реагента	5 % реагента	7 % реагента	Снижение μ max, мПа·с	Снижение μ max, %
425	433	416	410	448	476	15	3,5

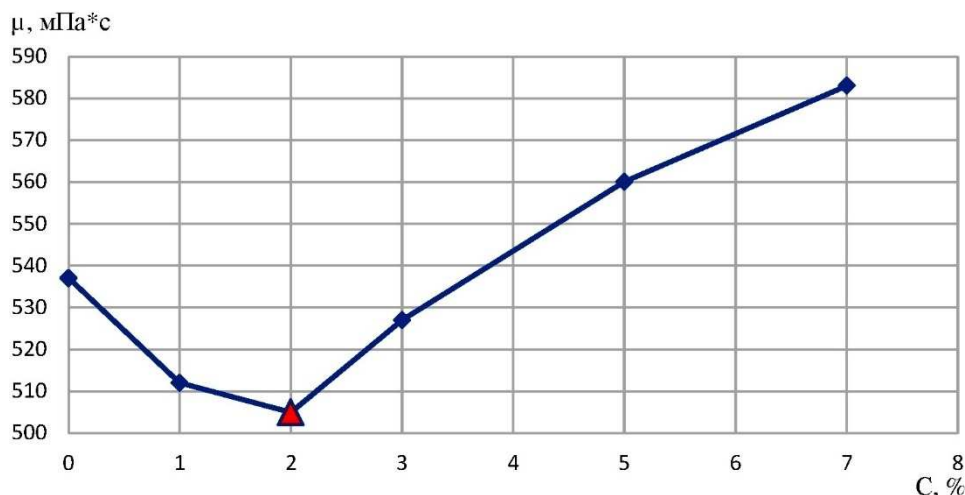


Рисунок 5 – Зависимость динамической вязкости нефтяной эмульсии от концентрации эко-реактента

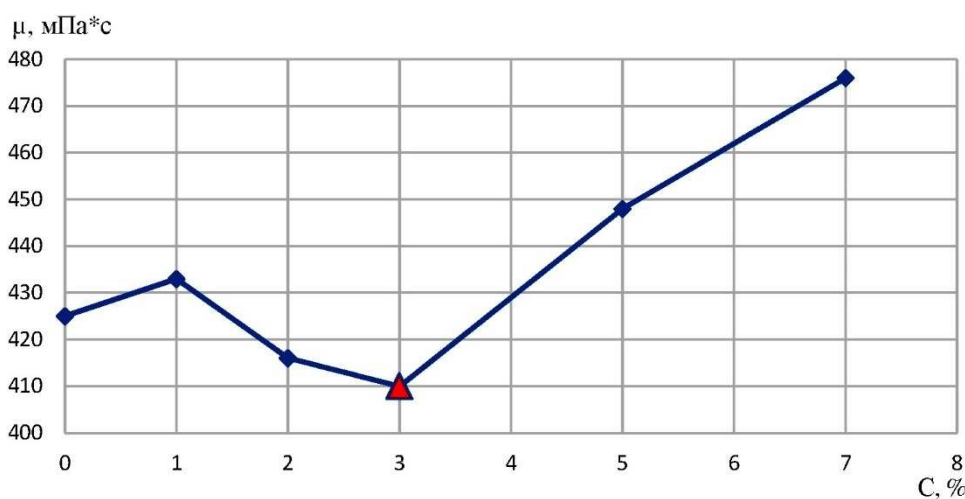


Рисунок 6 – Зависимость динамической вязкости обезвоженной нефти от концентрации эко-реактента

Выводы

Исходя из полученных результатов в ходе проведения исследования, было выявлено, что эко-реактент адсорбировался на структурообразующих компонентах нефти и ослабил взаимодействие между ними, что привело к снижению вязкости нефти.

Наибольшее снижение вязкости удалось достичь при введении 2 % реактента в нефтяную эмульсию (снижение вязкости на 51 мПа·с или 6 %), и 3 % реактента в обезвоженную нефть (снижение вязкости 32 мПа·с или 4,9 %).

Вытеснение нефти водой, которую содержит реактент, связано также с его влиянием на реологические свойства нефти. Введение реактента в нефть приводит к изолированию микрокристаллов парафинов и разрушению пространственной структуры, образуемой ими, а также к внедрению реактента в ассоциаты асфальто-смолистых веществ, следствием чего является снижение степени агрегирования АСВ (асфальто-смолистых веществ) в растворе низкомолекулярных углеводородов и уменьшение вязкости нефти.

Литература

1. Асфальтены: проблемы и перспективы / К. Акбарадзе [и др.]. – Нефтегазовое обозрение, 2007. – 29 с.
2. Properties of Resins Extracted from Boscan Crude Oil and Their Effect on the Stability of Asphaltenes in Boscan and Hamaca Crude Oils / N.F. Carnahan [et al.] // Energy & Fuels. – 1999. – № 13. – P. 309–314.
3. Khvostichenko D.S. Electrodeposition of Asphaltenes. 2. Effect of Resins and Additives / D.S. Khvostichenko, S.I. Andersen // Energy & Fuels. – 2010. – № 24. – P. 2327–2336.
4. К вопросу разрушения стабильных водонефтяных эмульсий / А.А. Волков [и др.] // Нефтегазопромисловое дело. – 2013. – № 5. – С. 40–42.
5. Первичная подготовка тяжелых нефтей. – URL : <https://en.ppt-online.org/450714> (дата обращения: 22.03.2020).



References

1. Asphaltenes: problems and prospects / K. Akbaradze [et al.]. – Oil and gas review, 2007. – 29 p.
2. Properties of Resins Extracted from Boscan Crude Oil and Their Effect on the Stability of Asphaltenes in Boscan and Hamaca Crude Oils / N.F. Carnahan [et al.] // Energy & Fuels. – 1999. – № 13. – P. 309–314.
3. Khvostichenko D.S. Electrodeposition of Asphaltenes. 2. Effect of Resins and Additives / D.S. Khvostichenko, S.I. Andersen // Energy & Fuels. – 2010. – № 24. – P. 2327–2336.
4. On the issue of destruction of stable water-oil emulsions / A.A. Volkov [et al.] // Oil and gas industry. – 2013. – № 5. – P. 40–42.
5. Primary preparation of heavy oils. – URL : <https://en.ppt-online.org/450714> (date accessed: 22.03.2020).