

P.B. АХМЕТКАЛИЕВ

СЕДИМЕНТАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ВОДОНЕФТЬЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ

Проведен анализ графиков для кинетики разделения водонефтяной эмульсии. Предложено выражение для описания процесса разрушения эмульсии и показано его применение.

Промысловая подготовка нефти включает в себя отделение воды и солей от сырья.

Разделение водонефтяной эмульсии состоит из нескольких последовательных этапов, успешность каждого из которых зависит от завершенности предыдущей операции. Качество обезвоживания и обессоливания нефти определяется степенью разрушенности «бронирующих» оболочек на каплях воды, которая в свою очередь зависит от температуры, дозы деэмульгатора и режима деэмульсации.

Механизм разрушения водонефтяной эмульсии может быть представлен в виде схемы [1], состоящей из смешения деэмульгатора с нефтяной эмульсией и его адсорбцией на каплях воды; вытеснение природных стабилизаторов эмульсии в нефтяную или водную фазу; сближение, контакт капель и слияние капель воды; разделение фаз. Последние три процесса могут быть объединены в коалесценцию и седиментацию капелек.

Разрушение «бронирующих» оболочек капель воды может происходить различным образом, которые в общем виде сводятся к следующим вариантам:

- 1 - вытеснение деэмульгатором природных стабилизаторов эмульсий с капель воды в нефтяную среду;
- 2 - смачивание веществ защитной оболочки и поглощение их в водную среду;
- 3 - образование агломератов из мелких капель и частиц мехпримесей и поглощение их более крупной каплей;
- 4 - массобменное взаимодействие эмульсий раствора деэмульгатора и пластовой воды в виде многократных коалесценций и дроблений;
- 5 - массобменное взаимодействие эмульсий как в п. 4 в виде столкновений и порционной передачи деэмульгатора;
- 6 - другие виды разрушения адсорбционно-сольватного слоя (АСС) капель воды с исполь-

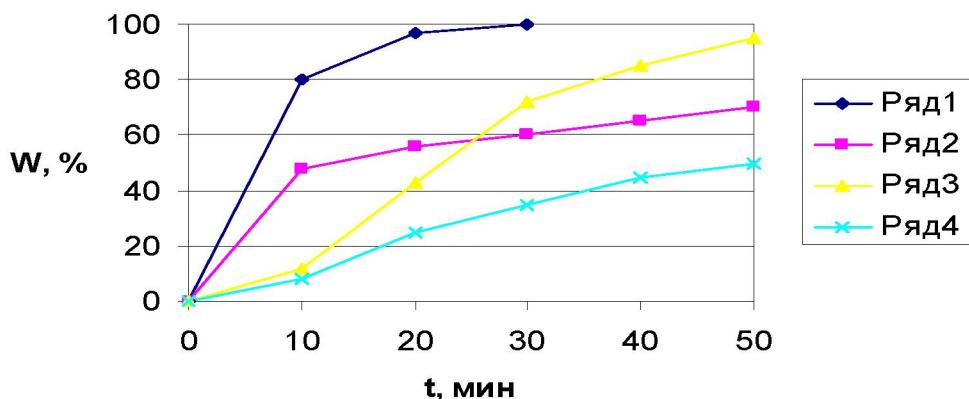


Рис. 1. График кинетики разделения водонефтяной эмульсии

зованием механической энергии, ультразвукового воздействия или электрического поля.

Графическим отображением процесса разделения эмульсии является зависимость количества отделившейся воды из нефти от времени.

Существующее многообразие кривых кинетики разделения эмульсий может быть сгруппировано в четыре идеализированных зависимости [2] (рис. 1).

Кривая 1 соответствует процессу оптимального разделения эмульсии. Кривая 2 описывает работу установок, когда эмульсия разделяется быстро, но не полностью. Зависимость 3 соответствует медленному, но полному разделению эмульсии. Случай 4 типичен для медленного и незавершенного процесса деэмульсации нефти.

Описание процесса разделения водонефтяной эмульсии (ВНЭ) может быть проведено с использованием коэффициента коагуляционно-седиментационной активности:

$$k = -\frac{1}{t} \ln \frac{\varphi_{\text{вых}}}{\varphi_{\text{вх}}}, \quad (1)$$

где $\varphi_{\text{вых}}$, $\varphi_{\text{вх}}$ – начальная и конечная обводненность нефти; t – время.

Были проведены определения коэффициента активности K для четырех рассмотренных кривых кинетики разделения ВНЭ (рис. 1). Результаты приведены в таблице 1, где W – количество отделившейся воды от эмульсии, %; K – коэффициент коагуляционно-седиментационной активности за данное время деэмульсации, мин^{-1} .

Кривые на рисунке 1 определяют относительное количество отделившейся воды от эмульсии.

Математически они могут быть представлены в виде полиномных формул из формулы (1).

Полиномные формулы для соответствующих кривых имеют вид:

$$1. W = -0,003t^4 + 0,16t^3 - 3,2t^2 + 28,4t; \quad (2)$$

$$2. W = -6 \cdot 10^{-5}t^4 + 0,08t^3 - 0,38t^2 + 7,8t; \quad (3)$$

$$3. W = 3 \cdot 10^{-5}t^4 - 0,004t^3 + 0,18t^2 + 0,09t; \quad (4)$$

$$4. W = 4 \cdot 10^{-5}t^4 - 0,004t^3 + 0,13t^2 - 0,15t; \quad (5)$$

Из формулы (1) получается выражение:

$$W = 100(1 - e^{-kt}), \quad (6)$$

Подстановкой значения $k=0,042$ для кривой 3 получаем значения $W=72\%$ при $t=30$ мин.

Анализ таблицы 1 и соответствующих ей формул (2-6) показывает, что для описания кривых кинетики разделения эмульсии более удобной и общей является формула (6). Формулы (1,6) получены из дифференциального уравнения, описывающего процесс уменьшения количества капель воды в заданном объеме.

В общем случае эмульсия является полидисперсной системой и может состоять из капель воды разного происхождения и возраста (пластовая вода и закачиваемая в пласт для нефтеотеснения).

Для эмульсии, состоящей из двух разнообразных компонентов кинетика разделения эмульсии описывается формулой:

$$W = 1 - a_1 c_1 e^{-k_1 t} - a_2 c_2 e^{-k_2 t} - [(1 - a_1)c_1 + (1 - a_2)c_2]e^{-k_{12}t}; \quad (7)$$

где c_1, c_2 – концепция капель I и II рода; a_1, a_2 – доля капель I и II рода, взаимодействующих только между собой (однородными каплями); $(1 - a_1), (1 - a_2)$ – доля капель I, (II) рода, взаимодействующих только с каплями II (I) рода; K_1, K_2, K_{12} – коэффициенты коагуляционно-седиментационной активности.

Таблица 1. Результаты исследования деэмульсации нефти

Номер кривой на рис. 1		Время отстоя эмульсии, мин					Остаточное содержание воды, %
		0	10	20	30	60	
1	W	0	95	97	100		
	K	0	0,3	0,18	0,18		0,5
2	W	0	48	56	60	70	
	K	0	0,065	0,04	0,03	0,02	30
3	W	0	12	43	72	95	
	K	0	0,03	0,028	0,042	0,050	5
4	W	0	8	25	35	50	
	K	0	0,08	0,014	0,014	0,011	50

Используя формулу (7) можно объяснить все четыре вида кривых кинетики разделения эмульсии и варианты разрушения «бронирующих» оболочек капелек.

Быстрее и полнее разделение эмульсии происходит при достаточно высоких значениях K_1, K_2, K_{12} . Это соответствует полному разрушению АСС капель всех видов в данной эмульсии, при котором происходит коалесценция однородных и разнородных капель и их дальнейшая седimentация (кривая 1).

Быстрое, но не полное разделение эмульсии происходит при низком значении (K) для некоторых видов капель в эмульсии (кривая 2). Это наблюдается при введении в эмульсию пресной промывочной воды и недостаточном ее взаимодействии с эмульсией пластовой воды (варианты 4,5). Старая эмульсия при отстоев не отделяется.

Капли пресной воды быстро оседают, не взаимодействуя с каплями пластовой воды. Здесь K_2 и $K_{12} \approx 0, K_1 > 0$.

Медленное и полное разделение (кривая 3) может происходить при низком, но не нулевом значении (K) для всех видов капель в данной эмульсии.

Медленное и неполное разделение эмульсии происходит при низком значении (K) для одних видов капель и нулевом – для других (кривая 4).

Численное значение параметра (K) зависит от температуры, дозы деэмульгатора и режима деэмульсации нефти. Для полного и быстрого разделения эмульсии необходимо иметь достаточно высокие значения (K) для всех типов капель в данной эмульсии.

Слияние капель воды происходит при определенной степени разрушительности «бронирующих» оболочек. Зависимость коэффициента (K) от температуры и дозы деэмульгатора можно представить в виде:

$$k = (c - c_0)^a \bullet (T - T_0)^b = \Delta c^a \bullet \Delta T^b, \quad (7)$$

где Δc , ΔT – превышение дозы деэмульгатора и температуры от минимально необходимого значения c_0 , T_0 , соответствующих началу коалесценции капель; a , b – показатели степени.

Для определения показателей (a,b) были проведены определения остаточного содержания воды в нефти (W, %) и коэффициента коагуляционно – седиментационной активности (Л, 1/мин)

Таблица 2. Остаточное содержание воды в нефти

Доза деэмульгатора, г/т	Температура, °C		
	60	70	80
300, B_1	4,5	1,6	2,1
	0,026	0,034	0,032
500, B_1			0,85
			0,040
500, B_2			28,4
			0,010
700, B_2			3,1
			0,030

для деэмульгаторов доуфакс (B_1) и дипроксамин – реолон (40-60%, B_2). Время отстоя 120 мин.

В результате расчетов для деэмульгатора доуфакс в диапазоне доз реагента 300-500 г/т (нефть Каражанбас) было получено: $a=0,48$; $b=0,1$.

Для второго деэмульгатора в диапазоне 500-700 г/т имеем:

$$a=33,2; b=4,5.$$

Получение значения показателей степени можно объяснить, используя формулу (7). Для второго деэмульгатора при дозе реагента 500 г/т наблюдается быстрое, но неполное разделение эмульсии, увеличение дозы до 700 г/т приводит к более полному разделению эмульсии, происходит значительный рост коэффициента (K).

Это означает, что начинают работать коэффициенты K_2 и K_{12} . Резкое увеличение суммарного (K) при относительно небольшом росте дозы реагента математически возможно при больших значениях (a и b).

Для первого реагента значения (a и b) небольшие. Это соответствует, тому факту, что все типы капель между собой коалесцируют ($K_1, K_2, K_{12} > 0$) и увеличение температуры и дозы реагента при-

водит к более плавному росту суммарного коэффициента (K).

Выводы по статье:

1. Приведен анализ различных видов кривых кинетики разделения водонефтяной эмульсии;
2. Эмульсия рассматривается как полидисперсная система, деэмульсация – взаимодействие разнородных капелек воды;
3. Предлагается выражение для зависимости между коэффициентами коагуляционно - седиментационной активности и дозой реагента и температурой. Показано его применение совместно с формулой (7) для некоторых деэмульгаторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметкалиев Р.Б. «О механизме разделения устойчивой водонефтяной эмульсий». //Нефть и газ Казахстана, 1998, №4, с.55-59.
2. Никитин Ю.М., Персиянцев М.Н., Редъкин И.И. «Диагностика процесса предварительного обезвоживания нефти»// Нефтяное хозяйство, 1995, №8, с. 13-15.

Резюме

Су-мұнай эмульсияның бөліну кинетикасының графикалар қарастырылған. Осы процессті сипаттайтын формула табылған және оның қолданылуы көрсетілген.

Поступила 15.09.2008 г.