

Бурение скважин и разработка месторождений

угла диэлектрических потерь для эмульсии, от концентрации в ней воды

Для исследуемой эмульсии $K=24\%$, поэтому после отслоения 24% воды заново исследовали зависимость $\operatorname{tg} \delta(f)$ и определили эффективную частоту воздействия, которая составила 18 МГц .

Таким образом, проведенные исследования показали, что для большинства образцов эмульсии диэлектрические параметры испытывают дисперсию в высокочастотном диапазоне частот $1\text{--}20 \text{ МГц}$, обусловленную наличием бронирующей оболочки на поверхностях капель воды, состоящих из АСВ. В этом диапазоне частот происходит резонансное взаимодействие полярных молекул нефти с электромагнитным полем, что приводит к разрушению бронирующих оболочек и расслоению эмульсии в целом.

На основе проведенных исследований разработана методика контроля эффективности действия электромагнитного поля, учитывающая изменение диэлектрических свойств эмульсии по мере отслоения воды.

Список литературы

1. Позднышев Г.Н. Стабилизация и разрушение эмульсий. – М: Недра, 1982.–222с.
2. Тронов В.П. Разрушение эмульсии при добыче нефти. – М: Недра, 1974. – 271с.
3. Дебай П., Закс Г. Теория электрических свойств молекул. – Л.-М.: ОНТИ, 1936. – 144 с.
4. Денисова Н.Ф., Чистяков С.И., Саяхов Ф.Л. К вопросу о диэлектрических свойствах эмульсий //Нефтяное хозяйство. 1972. № 9. – С. 58.
5. Саяхов Ф.Л., Хакимов В.С., Арутюнов А.И. и др. Диэлектрические свойства и агрегативная устойчивость водонефтяных эмульсий //Нефтяное хозяйство. 1979. №1. – С.36.
6. Ковалева Л.А., Миннигалимов Р.З., Зиннатуллин Р.Р. К исследованию диэлектрических и реологических характеристик водонефтяных эмульсий //Теплофизика высоких температур. 2008.Т.44. №5. – С.792.

Сведения об авторах

Ковалева Л.А., д.т.н., профессор, заведующая кафедрой «Прикладная физика», Башкирский государственный университет, г.Уфа, тел.:(3472)73-67-62

Миннигалимов Р.З., к.т.н., начальник департамента добычи нефти и газа ЗАО "Татойлгас", г.Альметьевск, тел.: (8553)25-02-85, Башкирский государственный университет, г.Уфа, тел.:(3472)73-67-62, e-mail: r1604@yandex. ru

Зиннатуллин Р.Р., к.т.н., доцент кафедры «Прикладная физика», Башкирский государственный университет, г.Уфа, тел.:(3472)73-67-62, e-mail: rasulz@yandex. ru

Kovaleva L.A. Doctor of Technical Sciences, Head of Department "Applied Physics", Bashkirski State University, Ufa, phone: (3472)73-67-62

Minnigalimov R.Z. Candidate of Technical Sciences, Head of Department for Oil and Gas Production, CJSC "TatOilgas", Almetievsk, phone: (8553)25-02-85

Zinnatullin R.R. Candidate of Technical Sciences, assistant professor of Department "Applied Physics", Bashkirski State University, Ufa, phone: (3472)73-67-62, e-mail: rasulz@yandex.ru

УДК 541.64

ОТКЛОНЕНИЕ СКОРОСТИ ДЕГАЗАЦИИ ЖИДКОСТИ ОТ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ В ВИХРЕВОМ ПОТОКЕ

Г.В. Бахмат, Н.С. Корнеева, Ю.В. Пахаруков, А.С. Симонов
(Тюменский государственный университет,
Тюменский государственный нефтегазовый университет)

Дегазация жидкости, вихревой поток, фазовое расслоение, неравновесная дегазация

Liquid degassing, a vortex flow, phase solution layering, non-equilibrium degassing

UDC 541.64

Deviation of liquid degassing rate from exponential dependence in the vortex flow. Bakhmat G.V., Korneeva N.S., Pakharukov Yu.V., Simonov A.S.

The liquid degassing process in the vortex chamber was considered. A relation between instability of homogeneous liquid-gas state and evolution of concentration fluctuations was found. It is shown that the correlation radius value changes the degassing process kinetic dependence and makes it non-exponential. Fig.1, ref. 5.

Процесс дегазации жидкости является важной составной частью общего технологического процесса в нефтедобыче. В основе физических методов дегазации, как правило, лежит образование и удаление пузырьков растворенного газа из жидкости. Одним из перспективных направлений процесса дегазации является использование энергии потока жидкости. Проведенные исследования [1] позволяют предположить, что использование вихревого эффекта может быть перспективным в потоке фазового разделения. Считается, что процесс образования газового пузырька является результатом фазового перехода первого рода вследствие потери устойчивости системы жидкость – газ.

Из термодинамики следует, что фазы жидкость и газ могут находиться в равновесии друг с другом только при условии выполнения равенства давлений $P_\ell = P_g$ и химических потенциалов $m_\ell = m_g$ (ℓ – индекс жидкости, g – индекс газа). Если система, по какой-либо причине, переходит в неустойчивое состояние, то под воздействием флуктуации неизбежно возникают отклонения от начального состояния, нарастающие со временем. При этом критический размер зародыша новой фазы определяется из следующего условия:

$$R_\ell = \frac{2\sigma}{|\bar{P} - P'|}, \quad (1)$$

где $|\bar{P} - P'|$ – разность давления в жидкости и внутри зародыша. Следовательно, представляется, что достаточно реализовать в системе перепад давления, чтобы пошел процесс дегазации.

В простейшем случае, процессу дегазации можно поставить в соответствие стохастическое уравнение:

$$\frac{dn}{dt} = -\alpha n + f(t)n, \quad (2)$$

где α – постоянная скорость растворения молекул газа в жидкости, $f(t)$ – случайная скорость дегазации, n – концентрация выделенного газа.

Выделим условия, при которых n будет неограниченно возрастать. После интегрирования (2) получим [2]:

$$\bar{n}(t) = e^{-\alpha t} \left\langle \exp\left(\int_0^t f(t') dt'\right) \right\rangle. \quad (3)$$

Будем считать, что время жизни зародыша газового пузырька при $R > R_\ell$, больше времени процессов молекулярных взаимодействий на границе пузырька. В этом случае справедливо адиабатическое приближение, означающее, что за время перестройки движение границы пузырька будет медленнее, чем изме-

Бурение скважин и разработка месторождений

нение концентрации газа вокруг зародыша. Тогда справедливо представить процесс дегазации как наложение независимых очагов выделения газа длительностью ϕ_0 и интенсивностью J :

$$f(t) = \sum_{i=1}^n J_i \theta(t - t_0), \quad (4)$$

где $u(t)=1$, при $0 < t < \phi_0$; $u(t)=0$, при $t < 0$, $t > \phi_0$.

Выберем среднее число очагов \bar{m} :

$$\left\langle \exp\left(\int_0^t f(t') dt'\right) \right\rangle = \exp\left\{-\bar{m} \int_0^t (1 - \exp(J \int_0^{t'} \theta'(t' - t) dt')) dt\right\}. \quad (5)$$

Это даёт возможность получения возрастания концентрации в среднем:

$$\langle n(t) \rangle = n_0 \exp\left[\bar{m}(\exp(J\tau_0) - 1) - \alpha\right]t. \quad (6)$$

Приводится экспериментальная зависимость интенсивности газовыделения от времени дегазации (рисунок).

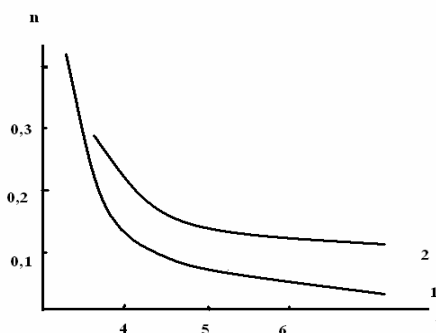


Рисунок. Зависимость газовой выработки от времени дегазации:

1-дегазирование жидкости в вихревой камере; 2-дегазация нефти при перепаде давления [3]

Процесс дегазации нефти [3], вызванный перепадом давления, демонстрирует (см. рисунок) экспоненциальную зависимость, что согласуется с выражением (6). На этом же рисунке приведена зависимость дегазации от времени пребывания в вихревой камере для газа CO_2 растворенного в воде. Из сравнения результатов следует, что процесс дегазации в вихревой камере развивается не по экспоненциальной зависимости. Следовательно, в анализе механизма дегазации в вихревом потоке нельзя ограничиваться только диффузионным переносом. Переход от устойчивого состояния системы к неустойчивому реализуется в тех случаях, когда систему удастся тем или иным образом перевести в область абсолютной неустойчивости однородного состояния под спинодали [4].

Степень приближения системы к спинодали можно определить по величине корреляционного радиуса флуктуации концентрации, отождествив её с зарождением новой фазы, то есть с пузырьком газа. В работе [4] показано, что в вихревой камере в результате изменения давления увеличивается сжимаемость (4). Среднеквадратичная флуктуация плотности в условиях постоянства температуры определяется выражением

$$\frac{\langle \Delta \rho^2 \rangle}{\rho^2} = \frac{kT}{V} \chi, \quad (7)$$

Бурение скважин и разработка месторождений

где k – постоянная Больцмана, V – объём, c – плотность.

Плотность вероятности образования таких флуктуаций можно понимать как скопление N молекул при температуре T и давлении P . Появление зародыша новой фазы должно означать, что $V \rightarrow V_c$ (где V_c – критический объём зародыша). В условиях устойчивого состояния $V \rightarrow \infty$, следовательно, Δc^2 будет стремиться к нулю. Если скорость увеличения сжимаемости χ будет опережать скорость увеличения V_c , то среднеквадратичные флуктуации будут стремиться к конечной величине.

Проследим за эволюцией флуктуации концентрации, считая ее случайной функцией координат. Обозначим через $f(c)$ – плотность свободной энергии на одну частицу, тогда уравнение спинодали будет иметь вид

$$\left(\frac{\partial^2 f}{\partial c^2} \right)_{c=c_s} = 0,$$

где c_s – концентрация на спинодали.

Свободная энергия неоднородного по концентрации раствора такова [5]:

$$F = f \left[f(c) + \gamma (\nabla c^2) \right] n(r) d^3 r, \quad (8)$$

где n – число молекул в единице объема, γ – коэффициент разложения.

В уравнении диффузии коэффициент диффузии при переходе через спиналь меняет знак:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial c}{\partial x} \right), \quad (9)$$

где $D = u c \frac{d^2 f}{dc^2}$, u – подвижность.

Пусть средняя концентрация на границе раздела близка к спинодали $|c_0 - c_s| / c_s \ll 1$. При этом флуктуации $v(x, t) = c(x, t) - c_0$, еще остаются малыми,

так что $\frac{|v|}{c_s} \ll 1$. В этих условиях можно предположить следующее:

$$\frac{d^2 f}{dc^2} \approx \left(\frac{d^3 f}{dc^3} \right)_{c=c_s} (c - c_s) = \varepsilon (c - c_s), \quad (10)$$

где $\varepsilon = \left(\frac{d^3 f}{dc^3} \right)_{c=c_s}$.

С учетом вышеизложенного, выражение (9) можно переписать:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \beta \Delta c_s \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{\beta}{2} \frac{\partial^2 v^2}{\partial x^2}, \quad (11)$$

где $v = |c|c_s > 0$, $\Delta c_s = c_s - c_0$.

Будем считать, что система обладает однородностью, так что корреляторы зависят лишь от модуля разности координат, а среднее будет равно нулю. Уравнение (11) умножим на $v(x', t)$ и усредним:

Бурение скважин и разработка месторождений

$$\left\langle \frac{\partial v}{\partial t} v(x', t) \right\rangle = \beta \Delta c_s \left\langle \frac{\partial^2 v(x, t)}{\partial x^2} v(x', t) \right\rangle - \frac{\beta}{2} \left\langle \frac{\partial^2 v^2(x, t)}{\partial x^2} v(x', t) \right\rangle. \quad (12)$$

Выразим коррелятор третьего порядка через коррелятор второго порядка G:

$$G(x, x', t) = G(|x - x'|, t) = G(s, t) = \langle v(x, t) v^2(x', t) \rangle, \\ K(x, x', t) = \langle v(x, t) v(x', t) \rangle.$$

Перепишем выражение (12)

$$\frac{\partial K}{\partial t} = 2\beta \Delta c_s \frac{\partial^2 K}{\partial S^2} - \beta \frac{\partial^2 G}{\partial S^2}, \quad (13)$$

где $|x - x'| = S$.

Как и в [5], предполагается, что тройной коррелятор обладает той же временной зависимостью, что и парная корреляция $K(s, t)$. Перепишем (13) в удобной форме:

$$\frac{\partial K}{\partial t} = \left[2\beta \Delta c_s - \beta \frac{G(0, t)}{K(0, t)} \right] \frac{\partial^2 K}{\partial S^2}. \quad (14)$$

Таким образом, мы получим уравнение диффузии с коэффициентом, зависящим от времени, решение которого имеет вид

$$K(s, t) = \frac{K(0)R(0)}{R(t)} \exp\left(-\frac{S^2}{2R^2}\right), \quad (15)$$

где $R(t)$ – корреляционный радиус.

Поскольку $K(s, t) \sim n(t)$, $K(0) \sim n_0$, $\frac{S^2}{R^2} \approx \frac{t}{t_0}$, перепишем выражение (15)

$$n(t) \approx n_0 \exp\left(-\left(\frac{t}{t_0} + \ln\left|\frac{R(0)}{R(t)}\right|\right)\right). \quad (16)$$

Таким образом, кинетическая зависимость процесса дегазирования жидкости (см. рисунок) при выходе из спиноподобной области оказывается быстрее экспоненты.

Список литературы

1. Г.В. Бахмат, Ю.В. Пахаруков, Е.Н. Кабес. Разделение газожидкостных смесей в вихревых аппаратах. – Тюмень: ТГУ, 2007. – 203с.
2. А.С. Михайлов, И.В. Упоров. Критические явления в средах с размножением, распадом и диффузией. // УФН. 1984. Т.144. №1
3. Ю.А. Гордюхин. Исследование фазовых равновесий при совместном трубопроводном транспорте нефти и газа: Автореф. дис. к.т.н. – М.: МИНХ и ГП, 1974.
4. В.Г. Бойко, Х.П. Могель, В.М. Сысоев, А.В. Чалый. Особенности метастабильных состояний при фазовых переходах жидкость-пар. // УФН. 1991. Т.161. №2.
5. Э.П. Фельдман, Л.Н. Стефанович. Эволюция замороженных флуктуаций концентрации при распаде стекол с составом, близким к спиноподобному. // ЖЭТФ. 1989. Т.96. В.4(10).

Сведения об авторах

Бахмат Г.В., д.ф.-м.н., профессор кафедры «Механика многофазных систем», Тюменский государственный университет, тел.:(3452)25-15-94

Бурение скважин и разработка месторождений

Корнеева Н.С., старший преподаватель кафедры «Математические методы в экономике», Тюменский государственный нефтегазовый университет, тел.:(3452)41-63-98

Пахаруков Ю.В., д.ф.-м.н., профессор кафедры «Ремонт и восстановление скважин», Тюменский государственный нефтегазовый университет, тел.:(3452)20-09-89

Симонов А.С., аспирант кафедры «Ремонт и восстановление скважин», Тюменский государственный нефтегазовый университет, тел.:(3452)20-09-89

Bakhmat G.V., PhD, professor of department «Mechanics of multiphase systems», Tyumen State University, phone (3452) 25-15-94

Korneeva N.S., senior teacher of department «Mathematical techniques in economics», Tyumen State Oil and Gas University, phone: (3452) 41-63-98

Pakharukov Yu.V., PhD, professor of department «Well repair and recovery» Tyumen State Oil and Gas University, phone: (3452) 20-09-89

Simonov A.S., graduate student of department «Well repair and recovery» Tyumen State Oil and Gas University, phone: (3452) 20-09-89

УДК: 550.832.53

ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ СОСТАВА УГЛЕВОДОРОДОВ В ОБСАЖЕННЫХ СКВАЖИНАХ

А.И. Лысенков, В.А. Лысенков
(ОАО НПП "ВНИИГИС", ЗАО НПФ «ГИТАС», г. Октябрьский)

Спектрометрический нейтронный гамма-каротаж, обсаженные скважины, двухзондовый нейтронный гамма-каротаж, оценка характера насыщения

*Spectrometry neutron gamma-ray logging, dual neutron logging, evaluation of saturation
nature, cased boreholes*

UDC 550.832.53

Hydrocarbons content evaluation technology for cased boreholes. Lysenkov A.I., Lysenkov V.A.

Possibilities of neutron logging methods are analyzed for detailed subdivision of geological section by chlorine and on this basis defining the oil and gas saturations of reservoirs in development wells. The capabilities to determine the composition of hydrocarbons by their density in reservoirs are also considered. Fig.3, ref. 3.

Спектрометрический нейтронный гамма-каротаж позволяет расчленить геологический разрез по содержанию радиационно-активных химических элементов, содержащихся в горной породе и пластовом флюиде. В первую очередь это радиационно-активные элементы, составляющие матрицу породы: кальций (Ca), кремний (Si), водород (H) и входящие в состав пластовых вод: хлор (Cl), водород (H).