

ОБЕССОЛИВАНИЕ КАРАЧАГАНКСКОЙ НЕФТЕКОНДЕНСАТНОЙ СМЕСИ

Р.О.Баямирова¹, А.Р.Тогашева²

1 – *Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга им. Ш.Есенова
130003, Республика Казахстан, г.Актау, 32 микрорайон*

2 – *Институт нефти и газа*

В результате анализов установлено, что выходные параметры нефти при двухступенчатом обессоливании находятся в соответствии с установленными нормами, однако в то же время требуют создания циркуляции дренажной воды и увеличения подачи пресной воды в систему до 5 %, которую в последующем необходимо очищать.

Введение

В настоящее время наиболее широко известны два механизма обессоливания нефтей, основывающиеся на том, что весь солевой потенциал сосредоточен в каплях пластовой соленой воды.

Согласно теории вытеснения (Гумеров и др., 2006; Тонов, 1977), выравнивание концентраций солей в каплях воды не является обязательным и даже при равновероятном удалении из смеси капель воды всех соленостей. При таком допущении решающее значение отводится числу ступеней обессоливания. По механизму идеального смешения (Логинов, 1979), глубина обессоливания может быть рассчитана из содержания остаточной воды в нефти, а соленость самих капель в идеале одинакова.

Первая модель обессоливания осуществима при условии равенства факторов осаждения пластовой воды – носителя солей и капель вводимой промывочной воды. Второй механизм требует длительного перемешивания системы, необходимого для коалесценции капель воды разной солености до полного (или заданного) выравнивания концентраций. Это связано с замедлением скорости капельного массообмена в ходе процесса перемешивания по уравнению (Логинов, 1984):

$$t_m = 0,98(\rho / A)^{0,5} \lambda_o \bar{v}(0)^{0,5} / m_1, \quad (1)$$

где t_m – время укрупнения капель дисперсной системы в «е» раз; ρ – плотность внешней

фазы; λ_o – внутренний масштаб турбулентности; $\bar{v}(0)$ – начальный объем капель внутренней фазы дисперсной системы; m_1 – концентрация дисперсной фазы; A – константа молекулярного взаимодействия.

Согласно расчетам автора, при укрупнении капель на порядок скорость этого процесса уменьшается в 30 раз. Практически в процессе обессоливания принимают участие элементы обоих механизмов, в частности, первого – при электродеэмульсации в дегидраторе и второго – при движении нефти с введенной промывочной водой в коммуникациях ЭЛОУ (электрообессоливающая установка).

Постановка задачи

Учитывая изложенное, предлагается выполнять оценку эффективности работы обессоливающей ступени следующим образом:

Принимаем, что обессоливание происходит при взаимодействии всех капель дисперсионной системы, причем при отстое или электродегидрации все крупные капли покинут аппарат в виде дренажной воды. Количество нескоалесцировавших частиц n объемом w к моменту времени t согласно (Логинов, 1979) можно выразить в виде:

$$n(w, t) = n(w, 0) \exp \left\{ -B \int_0^t S(t) dt \right\}, \quad (2)$$

где $S(t)$ – величина межфазной поверхности в момент времени t ; $n(w, 0)$ – количество частиц объемом w в начальный момент перемешивания.

вания; B – постоянная перемешивания

$$B = \frac{2}{3} \left(\frac{A \cdot \varepsilon_o}{v^2 \cdot \rho} \right)^{1/3} \quad (3)$$

Рассмотрим трехступенчатую схему установки обессоливания (рис.1). Используя закон сохранения массы, записывается уравнение для процесса обессоливания. Для первой ступени уравнение имеет вид:

$$w_{ex1} \cdot C_{ex1} + w_{\partial 2} \cdot C_{\partial 2} = w'_{\partial 1} \cdot C_{\partial 1} + w_{ex2} \cdot C_{ex1}, \quad (4)$$

$$w_{ex1} + w_{\partial 2} + w_{np} = w'_{\partial 1} + w_{ex2}. \quad (5)$$

Аналогично для второй и третьей ступеней запишется:

$$w_{ex2} \cdot C_{ex2} + w_{\partial 3} \cdot C_{\partial 3} = \quad (6)$$

$$= w_{\partial 2} \cdot C_{\partial 2} + w'_{\partial 2} \cdot C_{\partial 2} + w_{ex3} \cdot C_{ex}$$

$$w_{ex2} + w_{\partial 3} + w_{np} = w'_{\partial 1} + w_{\partial 1} + w_{ex2} \quad (7)$$

$$w_{ex3} \cdot C_{ex3} = w_{\partial 3} \cdot C_{\partial 3} = w'_{\partial 3} \cdot C_{\partial 3} + w_{вых} \cdot C_{вых} \quad (8)$$

$$w_{ex3} + w_{np} = w_{\partial 3} = w'_{\partial 3} + w_{вых}. \quad (9)$$

Здесь $w_{ex1}, w_{ex2}, w_{ex3}$ – количество воды в водонефтяной эмульсии на входе в первую, во вторую и в третью ступени соответственно; w_{np} – количество подаваемой пресной воды; $w_{\partial 2}, w_{\partial 3}$ – количество дренажной воды, кото-

рая используется в качестве промывочной и подается соответственно в первую и во вторую ступени; $w'_{\partial 1}, w'_{\partial 2}$ и $w'_{\partial 3}$ – количество сливаемой дренажной воды из 1, 2 и 3 ступени соответственно; $w_{вых}$ – количество воды в водонефтяной эмульсии на выходе после 3 ступени; $C_{ex1}, C_{ex2}, C_{ex3}$ – удельное количество солей в нефти на входе соответственно в 1, 2 и в 3 ступени; $C_{вых}$ – удельное количество солей на нефть на выходе из 3 ступени; $C_{\partial 1}, C_{\partial 2}, C_{\partial 3}$ – удельное количество солей в нефти в дренажной воде.

Окончательные формулы для вычисления количества остаточной воды и удельное количество солей после каждой ступени, полученные с использованием уравнений (2) и (4)-(9) имеют вид:

$$w_{ex2} = [w_{ex1} + (w + w_{np}) \cdot \kappa_1] \cdot \sigma, \quad (10)$$

$$w_{ex3} = [w_{ex2} + (w + w_{np}) \cdot \kappa_1] \cdot \sigma, \quad (11)$$

$$w_{вых} = [w_{ex3} + w \cdot \kappa_1] \cdot \sigma, \quad (12)$$

где κ_1 – доля образовавшихся капель воды

$$\sigma = \exp \left[-B \int_j^t S(t) dt \right], \quad (13)$$

$$C_{ex3} = w_{ex1} \cdot C_{ex1} / A,$$

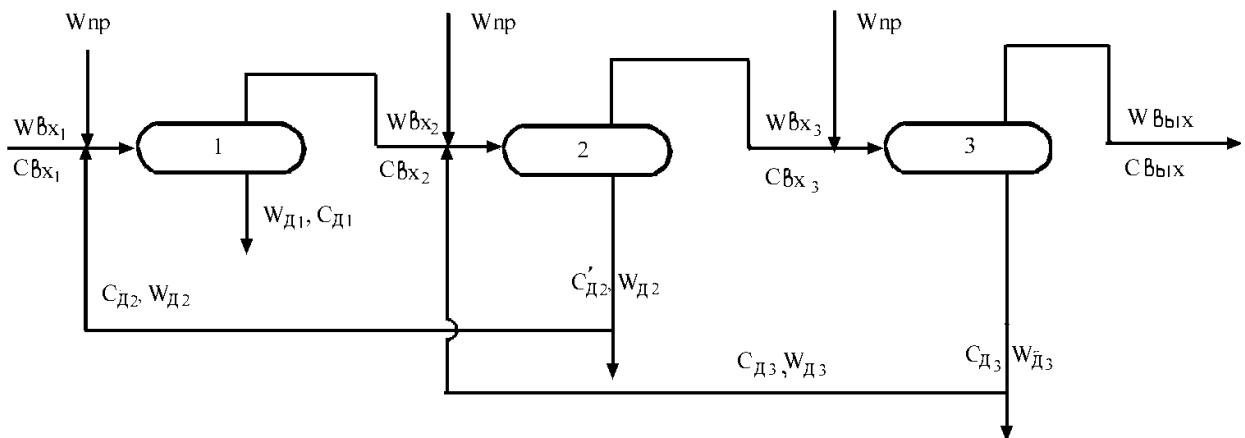


Рис. 1. Схема основных потоков блока подготовки нефти

Записав уравнение материального баланса для каждой ступени, получим систему уравнений для i – го цикла

$$\begin{aligned} C_{ex1} \cdot w_{ex1} + C_{o1}^{i-1} \cdot w_{o1} + C_o^{i-1} \cdot w_3 &= \\ &= C_{ex2} \cdot w_{ex2} + C_{o1}^i (w_{o1} + w_{o1}^1) \\ C_{ex2} \cdot w_{ex2} + C_o^{i-1} \cdot w &+ = \\ &= C_{exx} \cdot w_{exx} + C_{o2}^i \cdot w_{o2} \end{aligned} \quad (16)$$

Здесь w_{o1} – количество дренажной воды 1 аппарата, возвращаемой обратно в 1 аппарат; w_{o2} – количество дренажной воды 2 аппарата; w, w_3 – количество промывочной воды, подаваемой соответственно в 1 и 2 аппараты; C_o^i – концентрация солей в воде, образованной после смешения пресной и дренажной воды 2 аппарата после i -го цикла.

Легко можно доказать, что при некотором $i = n$ параметры $C_o^i, C_{o1}^i, C_{o2}^i$ выйдут на стационарные значения. Для определенности обозначим

$$\lim C_o^i = C_o, \quad \lim C_{o1}^i = C_{o1}, \quad \lim C_{o2}^i = C_{o2}$$

и перепишем систему уравнений (16) в виде

$$\begin{aligned} C_{ex1} \cdot w_{ex1} + C_{o1} \cdot w_{o1} + C_o \cdot w_3 &= \\ &= C_{ex2} \cdot w_{ex2} + C_{o1} (w_{o1} + w_{o1}^1) \\ C_{ex2} \cdot w_{ex2} + C_o \cdot w &+ = \\ &= C_{exx} \cdot w_{exx} + C_{o2} \cdot w_{o2} \end{aligned} \quad (17)$$

Учитывая, что $C_o = C_{o2} \cdot w_{o2} / (w_{np} + w)$, после некоторых сокращений система уравнений (17) запишется в виде:

$$\begin{aligned} C_{ex1} w_{ex1} + C_{o2} \frac{w_{o2} \cdot w_3}{w_{np} + w} &= C_{ex2} w_{ex2} + C_{o1} w_{o1}^1, \\ C_{ex2} w_{ex2} + C_{o2} \frac{w_{o2} \cdot w}{w_{np} + w} &= C_{exx} w_{exx} + C_{o2} w_{o2}^1. \end{aligned} \quad (18)$$

Используя формулу (2), найдем $C_{ex2} w_{ex2}$ и $C_{exx} w_{exx}$

$$C_{ex2} \cdot w_{ex2} = \left[\frac{C_{ex1} \cdot w_{ex1} + (C_{o1} \cdot w_{o1} + C_o \cdot w_3) \cdot \kappa_1}{(C_{o1} \cdot w_{o1} + C_o \cdot w_3) \cdot \kappa_1 + w_{np} + w} \right], \quad (19)$$

$$C_{exx} \cdot w_{exx} = (C_{ex2} \cdot w_{ex2} + C_o \cdot w \cdot \kappa_1) \cdot \sigma. \quad (20)$$

Подставляя (19) и (20) в (18) получаем:

$$\begin{aligned} C_{ex1} \cdot w_{ex1} (1 - \sigma) + C_{o2} \frac{w_{o2} \cdot w_3}{w_{np} \cdot w} (1 - \kappa_1 \sigma) - \\ - C_{o1} (w_{o1} \cdot \kappa_1 \cdot \sigma + w_{o1}^1) &= 0, \\ C_{ex1} \cdot w_{ex1} (1 - \sigma) \sigma + C_{o1} \cdot \kappa_1 (1 - \sigma) \sigma - C_{o2} w_{o2} + \\ + \frac{C_{o2} \cdot w_{o2}}{w_{np} + w} [w_3 \cdot \kappa_1 \cdot \sigma (1 - \sigma) + w (1 - \kappa_1 \cdot \sigma^2)] &= 0. \end{aligned} \quad (21)$$

Из уравнений (19) и (20) можно найти C_{ex2} и C_{exx} .

$$\begin{aligned} C_{ex2} = C_{ex1} \frac{w_{ex1}}{w_{ex2}} \sigma + \\ + \left(C_{o1} \cdot w_{o1} + C_{o2} \frac{w_{o2} \cdot w_3}{w_{np} \cdot w} \right) \frac{\kappa_1 \cdot \sigma}{w_{ex2}}, \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} C_{exx} = C_{ex2} \frac{w_{ex2}}{w_{exx}} \sigma + \\ + C_{o2} \frac{w_{o2} \cdot w}{w_{np} \cdot w} \cdot \frac{\kappa_1 \cdot \sigma}{w_{ex2}}, \end{aligned} \quad (23)$$

где

$$w_{ex} = [w_{ex1} + (w_{o1} + w_3) \cdot \kappa_1] \cdot \sigma;$$

$$w_{exx} = (w_{ex2} + w \cdot \kappa_1) \cdot \sigma.$$

При следующих значениях параметров $w_{ex1} = 0,5 \%$, $C_{ex1} = 500$ мг/л, $w_{np} = 15 \%$, $w_{o1} = 10\%$ и $\kappa_2 = 0,2$ было получено $C_{exx} = 9,1$ мг/л и $w_{exx} = 0,1 \%$.

Таким образом, выходные параметры нефти при двухступенчатом обессоливании близко соответствуют установленным нормам, но требуют создания циркуляции дренажной воды и увеличения подачи пресной воды в систему до 5 %, которую в последующем необходимо очищать.

Заключение

Для обеспечения оптимальной кондиции по обессоливанию нефти с некоторым технологическим запасом качества продукта необходимо применять двухступенчатое обессоливание. Наибольшая глубина обессоливания

ния достигается при циркуляции на каждой ступени 15 % собственной воды; температура процесса должна быть не ниже 70...-75 °С; необходимая полнота разделения эмульсии требует применения интенсифицирующих факторов, таких как электрическое поле, добавка к промывочной воде ингибитора солей отложения.

ЛИТЕРАТУРА

- ГУМЕРОВ, А.Г., КАРАМЫШЕВ, В.Г., ТОГАШЕВА, А.Р., БЕКБАУЛИЕВА, А.А. 2006. Подготовка нефти в процессах обезвоживания и обессоливания. В кн.: *Проблемы сбора, подготовки нефти и нефтепродуктов*. Гранстэк, Уфа, 7-12.
- ЗАРИПОВ, А.Г., ФАТТАХОВ, К.Н., ЧУРИН, В.Н., ПОЗДНЫШЕВ, Г.Н., ПЕЛЕВИН, Л.А. 1976. Пути совершенствования блочного оборудования для подготовки нефти. В трудах ВНИИСПТнефть: *Сбор, подготовка и транспорт нефти и воды*. Уфа, 21-26.
- ЛОГИНОВ, В.И. 1979. Обезвоживание и обессоливание нефтей. Химия. Москва. 216.
- ЛОГИНОВ, В.И. 1984. Теоретические основы и оптимизация процессов обезвоживания и обессоливания нефти. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва. 44.
- МАНСУРОВ, Р.И., ВЫГОВСКОЙ, В.П., ИЛЬЯСОВА, Е.З. 1993. Формирование межфазных пленок водонефтяных эмульсий в электрическом поле. В трудах ИПТЭР: *Эксплуатация нефтепромыслового оборудования и трубопроводов*, 38-43.
- ТРОНОВ, В.П. 1977. Промысловая подготовка нефти. Недра. Москва. 271.

Рецензент: д.г.-м.н., проф. Ф.Р.Бабаев