

Кинетика растворения отложений методом “реагентной ванны” в скважинах, оборудованных затрубными системами промывки

Ивашечкин В.В., Автушко П.А.

Белорусский национальный технический университет

Если скважина оборудована затрубной системой промывки, ее регенерация может быть реализована методом “реагентной ванны”. По нагнетательным трубкам системы в гравийную обсыпку порционно подают реагент, выдерживают его там заданное время, а затем вытесняют новой порцией свежего реагента. Математическая модель процесса растворения отложений описана системой двух уравнений: обобщенным уравнением кинетики (1) и уравнением баланса вещества (2) с учетом изменения структуры пористой среды

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{db}{dt} = -\frac{B_i}{\rho_{oc}} f(b) \cdot (C_m - C), \\ \frac{d(nC)}{dt} + \rho_{oc} \frac{db}{dt} = 0, \end{array} \right. \quad (1)$$

при начальных условиях $b(0) = N_0$ и $C(0) = C_0$ (3)

где $B_i = 2 \cdot D \cdot \omega_0 / d_0$; $f(b) = (1 + \alpha b)^{1/3}$; $\alpha = 1 / (1 - n_0)$; $n = n_0 - b$; n_0, n - начальная и текущая пористости обсыпки; ω_0, d_0 - начальные удельная поверхность и диаметр частиц обсыпки; C_0, C, C_m - начальная, текущая и предельная концентрации солей в реагенте; ρ_{oc}, N_0, b - плотность, начальный и текущий удельный объем отложений; D - коэффициент диффузии.

Установлено, что система (1)-(2) имеет стационарное решение $b \equiv b_{крит}$, $C \equiv C_m$, которое притягивает решение задачи (1)-(3) при $t \rightarrow \infty$, т.е.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} b(t) = b_{крит}; \quad \lim_{t \rightarrow \infty} C(t) = C_m.$$

Точное решение системы уравнений (1) и (2) имеет вид

$$\left\{ \begin{array}{l} F(b) - F(N_0) = -\frac{B_i}{\rho_{oc}} t, \quad b > b_{крит}, \\ C = \rho_{oc} - \frac{(n_0 - N_0)(\rho_{oc} - C_0)}{n_0 - b}, \end{array} \right. \quad (4)$$

где $F(b), F(N_0)$ - известные функции.

Расчеты показали, что из-за малой пористости закольматированной гравийной обсыпки требуется несколько этапов обработки, причем их продолжительностью составляет от 15 до 30 минут и не превышает $T_{фин} = 11$ часов, при этом, число этапов обработки может достигать 15.