

Існуючі методи відновлення продуктивності свердловин

А.М.Тугай, Київський національний університет будівництва та архітектури

Вилучення кольматуючих утворень з пористого середовища (фільтра і прифільтрової зони) є основною задачею регенерації свердловин. Тому головним напрямком дослідження було вивчення кінетики декольматції фільтрів і при фільтрових зон свердловин і підбору найефективнішого хімічного реагенту в залежності від складу кольматанта.

Питання вибору і кількості реагенту, поширення реагентів у закольматованих середовищах від місця подачі реагенту, процеси взаємодії його з частками кольматанта (розчинення осаду), перетворення і трансформація часток кольматанту й інгредієнта – реагенту, оцінка ефективності проведених заходів щодо відновлення дебіту свердловин, тобто розгляд усього блоку механізмів процесу «кольматант-розчин реагенту», на думку багатьох дослідників доцільно вивчати з позицій теорії фільтрації, масопереносу і масообміну з застосуванням різних моделей обмінної кінетики.

У такій постановці процес розчинення кольматанта при безупинній подачі реагенту в свердловини описується рівнянням:

$$2\pi r \rho_{oc} (b_0 - b_1) \frac{dr}{dt} = Q_p C_m \quad (1)$$

де l - довжина фільтру свердловини; ρ_{oc} - щільність закольматованих відкладень; Q_p - витрата реагенту;

У результаті рішення цього рівняння одержимо:

$$R(t) = \sqrt{r_c^2 + \frac{Q_p C_m t}{\pi \phi (b_0 - b_1) \rho_{oc}}} \quad (2)$$

де $R(t)$ – радіус кільцевої зони поблизу свердловини, у якій досягнута величина b_1 ; C_m – максимальна концентрація кольматанту в реагенті.

Якщо відомий радіус зони кольматанта, то з (2) можна визначити час закінчення обробки t_0

$$t_0 = \frac{\pi (R_0^2 - r_c^2) (b_0 - b_1) \phi \rho_{oc}}{Q_p C_m} \quad (3)$$

де R_0 - радіус зони кольматанту.

Доза реагенту, необхідна для повного вилучення кольматанту, визначається з виразу:

$$W_p = Q_p t_0 \quad (4)$$

Однак моделі рівноважної кінетики, у яких швидкість розчинення кольматанту прагне до нескінченності, не одержали експериментального підтвердження. Дослідами встановлено, що питомий обсяг відкладень зменшується в часі і збільшується концентрація часток кольматанта в реагенті, що цілком відповідає фізичним представленням. Це спостерігалось при дослідженні різних реагентів. Тому для рішення поставленої задачі надалі ці процеси вивчалися на основі моделей нерівноважної кінетики. Оскільки процес розчинення розгляда-

ється як гетерогенна хімічна реакція, то в таких моделях варто враховувати два граничних випадки: дифузійний і хімічний. У першому випадку процес лімітується малими швидкостями дифузії, а в другому – швидкостями реакцій взаємодії реагенту із солями кольматанта.

У більшості випадків процес розчинення солей підкоряється законам дифузійної необоротної кінетики і може бути описаний рівнянням

$$\frac{\partial b}{\partial t} = \frac{\omega\beta}{\rho_{oc}}(C_m - C) \quad (5)$$

З рівняння слідує, що швидкість розчинення пропорційна питомій поверхні пористого середовища ω , константі швидкості розчинення β різниці концентрації кольматанту в реагенті $(C_m - C)$ і зворотно пропорційна щільності кольматанту, що утворився ρ_{oc} . Таким чином, чим більше будуть значення ω , β та $\Delta C = (C_m - C)$, тим інтенсивніше буде протікати процес розчинення осадів, а зі збільшенням ρ_{oc} швидкість розчинення буде зменшуватися.

У процесі регенерації свердловин звичайно можна бачити такі характерні етапи:

- заливання реагенту в свердловину чи готування розчину реагенту безпосередньо в свердловині;
- проникнення реагенту в присвердловинну зону;
- розчинення кольматанту в присвердловинну зону;
- винос розчиненого кольматанту.

Надалі для можливої реалізації цієї моделі вважається, що тривалість перших двох і останнього етапів набагато менше, ніж час самої обробки, що цілком припустимо і прийнятно для обробки за методом реагентної ванни.

Матеріальний баланс речовин в оброблюваній присвердловинній зоні має вигляд:

$$\frac{\partial(nC)}{\partial t} + \rho_{oc} \frac{\partial b}{\partial t} = 0 \quad (6)$$

де $n = n_0 - b(t)$, C - масова концентрація солей кольматанту, розчинених у реагенті.

По своїй суті приведена модель регенерації найбільше підходить для опису реагентної обробки свердловин за методом реагентної ванни. Проте шляхом істотного корегування коефіцієнта швидкості розчинення β чи γ вона без належного обґрунтування рекомендується для застосування для інших методів обробки, в яких крім кінетики розчинення потрібно враховувати дисперсно-конвективний перенос реагенту і продуктів реакції. Тому для кожного методу обробки він повинен бути встановлений дослідним шляхом і може бути рекомендований для тих умов, при яких проведено його визначення. Тому подальше вдосконалення моделей і методів розрахунку регенерації, насамперед, визначається особливостями технології обробки свердловин, що застосовується.

Задача масообміну вирішується з урахуванням фактора гідродинамічної дисперсії і знакозмінної конвекції, а також впливу складу і концентрації реагенту на процес розчинення. Математична модель у фазі прямого руху і розчинення

заліза кольматанта розглядається як двокомпонентна й описується з урахуванням рівняння рівноваги системою з двох фактично незалежних між собою рівнянь:

$$D \frac{\partial^2 C_H}{\partial x^2} - V \frac{\partial C_H}{\partial x} - \varepsilon \beta_H (C_H - C_H^*) = n_0 \frac{\partial C_H}{\partial t} \quad (7)$$

$$D \frac{\partial^2 C_F}{\partial x^2} - V \frac{\partial C_F}{\partial x} - \beta_F (C_F - C_F^*) = n_0 \frac{\partial C_F}{\partial t} \quad (8)$$

$$C_F^* = k_{F0} C_H^* \quad k_{F0} = k_F = k_F (C_{HO}^*)^2 \quad (9)$$

де C_H і C_F – поточні концентрації реагенту (H^+) і продукту (Fe^{3+}); β_H і β_F – коефіцієнти масопередачі; ε – коефіцієнт стехіометрії.

Істотним недоліком запропонованої вище моделі є прийняття в основній моделі (7-9) рівноважної кінетики масообміну між концентраціями реагенту й осаду, що зовсім не відповідає реальній картині розчинення. Звичайно прийняття цього допущення дозволяє істотно спростити рішення систем рівнянь (7-9), вирішувати їх незалежно одне від одного. В реальних умовах механізм розчинення буде описуватися неврівноваженою кінетикою масообміну. В цьому випадку система рівнянь буде зв'язаною і необхідно вирішувати їх спільно.

Подальше удосконалення моделей і методів розрахунку хімічної реакції присвердловинної зони повинно здійснюватися і враховувати комплексний вплив фізико-хімічних і гідродинамічних особливостей протікання процесів у різних умовах і на їх базі створення більш надійних інженерних методів розрахунків хімічної регенерації фільтрів, закольматованих сполуками заліза.