

Як відомо, Анаммох-бактерії дуже повільно розмножуються (період подвоєння складає від 10 до 20 діб), зате мають здатність до іммобілізації на поверхнях твердих тіл. У зв'язку з цим можна вважати вкрай перспективними подальші дослідження адгезії відповідальних за Анаммох-процес бактерій до різноманітних носіїв, які варто було б розмістити в діючих аеротенках і таким чином забезпечити звільнення стічних вод від екологічно небезпечних неорганічних сполук азоту.

1.Jetten M.S.M., Cirpust I., Kartal B., van Niftrikt L., van de Pas-Schoonen K.T., Slikerst O., Haaijer S., van der Star W., Schmid M., van de Vossenberg J., Schmidt I., Harhangi H., van Loosdrecht M., Gijls Kuenen, Op den Camp H, Strous M. 1994–2004: 10 years of research on the anaerobic oxidation of ammonium // 10th Nitrogen Cycle Meeting 2004. Biochemical Society. Transactions – 2005. – V. 33, part 1. – P.119-123.

2.Kuenen J.G. Anammox bacteria: from discovery to application // Nature Reviews. Microbiology. – 2008. – V.6. – P.320-326.

3.Анюшева М.Г., Калужный С.В. Анаэробное окисление аммония: микробиологические, биохимические и биотехнологические аспекты // Успехи современной биотехнологии. – 2003. – Т.127. – С.34-43.

4.Михайловская М.В. Anammox – как метод удаления соединений азота из сточных вод и перспективы его применения в Украине // Химия и технология воды. – 2008. – №6. – С.675-683.

5.Михайловська М.В., Гвоздяк П.І. Порівняльний аналіз методів біологічного очищення стічних вод від сполук азоту // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2007. – №2. – С.109-117.

6.Mulder A., Van der Graaft A.A. Robertson J.A., Kuenen J. G. Anaerobic ammonium oxidation in a denitrifying fluidized bed reactor // FEMS Microbiol. Ecology. – 1995. – №3. – P.177-184.

7.Гвоздяк П.І., Сапура О.В., Глоба Л.І. Заявка № а 2008 12869 на патент України, від 04.11.2008. Спосіб визначення інтенсивності біохімічного процесу. МПК G 01 N7/14.

*Отримано 11.12.2009*

УДК 628.112.001.8

А.М.ТУГАЙ, д-р техн. наук

*Київський національний університет будівництва та архітектури*

## **ІСНУЮЧІ МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СВЕРДЛОВИН**

Наводяться існуючі методи відновлення продуктивності свердловин, оцінена їх ефективність шляхом вивчення кінетики декольматації фільтрів і прифільтрових зон свердловин і підбору найефективнішого хімічного реагенту залежно від складу кольматанта.

Приводятся существующие методы восстановления производительности скважин, оценена их эффективность путем изучения кинетики декольматации фильтров и прифильтровых зон скважин и подбора наиболее эффективного химического реагента в зависимости от состава кольматанта.

In article existing restoration methods of chinks productivity are resulted, their efficiency is appreciated, by studying kinetic decolmatation filters and filter's zones of chinks and selection of the most effective chemical reagent depending on structure of a deposit.

*Ключові слова:* масоперенос, коьматант, присвердловинна зона, математична модель.

Вилучення коьматууючих утворень з пористого середовища (фільтра і прифільтрової зони) є основним завданням регенерації свердловин. Тому головним напрямком дослідження було вивчення кінетики декоьмататії фільтрів і прифільтрових зон свердловин і підбору найефективнішого хімічного реагенту залежно від складу коьматантанта.

Питання вибору і кількості реагенту, поширення реагентів у закоьматованих середовищах від місця подачі реагенту, процеси взаємодії його з частками коьматантанта (розчинення осаду), перетворення і трансформація часток коьматажу й інгредієнта – реагенту, оцінка ефективності проведених заходів щодо відновлення дебіту свердловин, тобто розгляд усього блоку механізмів процесу «коьматант-розчин реагенту», на думку дослідників [1, 2], доцільно вивчати з позицій теорії фільтрації, масопереносу і масообміну із застосуванням різних моделей обмінної кінетики.

В такій постановці процес розчинення коьматантанта при безупинній подачі реагенту в свердловини описується рівнянням

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

де  $l$  – довжина фільтру свердловини;  $\rho_{oc}$  – щільність закоьматованих відкладень;  $Q_p$  – витрата реагенту.

В результаті рішення цього рівняння одержимо:

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

де  $R(t)$  – радіус кільцевої зони поблизу свердловини, в якій досягнуто величину  $b_1$ ;  $C_m$  – максимальна концентрація коьматантанта в реагенті.

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

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

де  $R_0$  – радіус зони коьматажу.

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

$$W_p = Q_p t_o. \quad (4)$$

Однак моделі рівноважної кінетики, в 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 розглядається 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 з солями кольматанта.

У більшості випадків процес розчинення солей підкоряється законам дифузійної необоротної кінетики і може бути описаний рівнянням [3, 4]

$$\frac{db}{dt} = \frac{\omega\beta}{\rho_{oc}} (C_m - C). \quad (5)$$

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

У процесі регенерації свердловин звичайно можна бачити такі характерні етапи:

- 1) заливання реагенту в свердловину чи готування розчину реагенту безпосередньо в свердловині;
- 2) проникнення реагенту в присвердловинну зону;
- 3) розчинення кольматанту в присвердловинній зоні;
- 4) 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 кольтманту, розчинених у реагенті.

За своєю суттю наведена модель регенерації найбільше підходить для опису реагентної обробки свердловин за методом реагентної ванни. Проте шляхом істотного корегування коефіцієнта швидкості розчинення  $\beta$  чи  $\gamma$  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.

При найефективнішій і розповсюдженій на практиці циклічній обробці фільтра та прифільтрової зони в умовах зворотно-поступального руху підземних вод і при різних технологіях введення реагенту в свердловину необхідно розглядати і враховувати також процеси переносу і змішування реагентів і продуктів реакції з пластовою водою.

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

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

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

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

де  $C_H$  і  $C_F$  – поточні концентрації реагенту ( $H^+$ ) і продукту ( $Fe^{3+}$ );  $\beta_H$  і  $\beta_F$  – коефіцієнти масопередачі;  $\varepsilon$  – 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.

Деякі наведені апробації приведених залежностей по визначенню параметрів регенерації не дають можливості одержати їхню змістовну оцінку, тому що необхідні вихідні параметри також визначалися на основі цих досліджень, і тому інтегрально враховували вплив різних факторів і суттєві недоліки, допущені при реалізації запропонованих моделей. У зв'язку з викладеним, подальше удосконалення моделей і методів розрахунку хімічної реакції присвердловинної зони повинно здійснюватися і враховувати комплексний вплив зазначених факторів, фізико-хімічних і гідродинамічних особливостей протікання цих процесів у різних умовах і на їх базі створення більш надійних інженерних методів розрахунків хімічної регенерації фільтрів, закольматованих сполуками заліза.

1.Гаврилко В.М., Алексеев В.С. Фильтры буровых скважин. – М.: Недра, 1985. – 334 с.

2.Тугай А.М., Орлов В.О., Шадура В.О. Буріння свердловин для водопостачання. – Рівне: РДТУ, 2000. – 429 с.

3.Алексеев В.С., Коммунар Г.М. Исследование форм железистого кольматанта в прифильтровых зонах и на фильтрах водозаборных дренажных скважин // Инженерная гидрогеология: Тр. ВНИИ ВОДГЕО. Вып.52. – М., 1976. – С.10-12.

4.Алексеев В.С., Коммунар Г.М., Гребенников В.Т. Кинетика растворения кольматанта в прифильтровых зонах скважин // Инженерная гидрогеология: Тр. ВНИИ ВОДГЕО. Вып.52. – М., 1976. – С.15-18.

*Отримано 28.12.2009*

УДК 628.16

В.А.АНДРОНОВ, д-р техн. наук

*Университет гражданской защиты Украины, г.Харьков*

Ю.М.ДАНЧЕНКО, канд. техн. наук

*Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД ГАЗООЧИСТОК СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Рассматриваются вопросы реагентной обработки сточных вод для дальнейшего ее использования в замкнутых системах оборотного водоснабжения. Проведены исследо-