

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ І МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ХІМІЧНОГО КОЛЬМАТАЖУ ФІЛЬТРІВ СВЕРДЛОВИН СПОЛУКАМИ ЗАЛІЗА

А. М. ТУГАЙ, *док-р техн. наук*, **О. Я. ОЛІЙНИК**, *док-р техн. наук*,
Я. А. ТУГАЙ, *канд. техн. наук*

Київський національний університет будівництва та архітектури
просп. Повітрофлотський, 31, м. Київ, Україна, 03680
e-mail: knuba@knuba.edu.ua

На формування процесів хімічного кольматажу сполуками заліза і пов'язаних з цим зменшенням їх продуктивності можуть впливати як технологічні фактори експлуатаційного характеру, так і наявність у воді різних речовин і сполук неорганічного, органічного, хімічного і біологічного походження.

Авторами розроблена математична модель цього процесу, вона складається з двох взаємопов'язаних блоків: гідродинамічного (фільтраційного) і динаміки кольматації фільтра сполуками заліза. Гідродинамічний блок моделі зв'язує гідродинамічні та гідрохімічні характеристики потоку і складається із двох рівнянь: фільтрації, записаного відносно напору за умови, що $Q = \text{const}$, і нерозривності фільтраційного потоку, одержаних з врахуванням зміни коефіцієнту фільтрації і пористості за рахунок накопичення осаду заліза у фільтрі.

Проведений аналіз процесу хімічної кольматації фільтрів сполуками заліза показав, що внесок дифузійного члена незначний і ним у розрахунках можна знехтувати. Це положення дозволило обґрунтувати найбільш доцільні кінетики обміну і реакцій, прийняти і оцінити ряд положень, які не вносять суттєвих похибок у розрахунки. З урахуванням сказаного і деяких спрощень загальної моделі, приводиться модель процесу кольматажу при достатній кількості кисню в зоні окислення сполук заліза.

При значній концентрації заліза в підземній воді основна його частина не встигає затриматися у фільтрі свердловини і тому потрібно проводити додаткове знезалізнєння води, що відкачується, на очисних фільтрах. Тому для комплексного вирішення цього питання розроблена також методика розрахунку знезалізнєння на очисних фільтрах.

На формування процесів хімічного кольматажу фільтрів свердловин переважно сполуками заліза і в зв'язку з цим на зменшення їх продуктивності можуть значно впливати технологічні фактори, в основному експлуатаційного характеру, і наявність у воді різних речовин і сполук неорганічного, органічного, хімічного і біологічного походження. Вивчення складу підземних вод на території України показав, що майже в усіх регіонах країни кількість залізистих сполук у воді перевищує допустиму норму, і поряд із залізом на багатьох ділянках експлуатації підземних водозаборів крім заліза у воді присутні інші речовини і сполуки різного походження. Але в попередніх

існуючих дослідженнях цієї проблеми були розглянуті і вивчені питання формування хімічного кольматажу залізистими сполуками стосовно до більш простих фізико-хімічних умов, коли утворення і накопичення осаду заліза в фільтрі свердловин і взагалі його кольматация відбувається швидко, а саме: при значних концентраціях закисних форм заліза у вихідній воді, за достатньої кількості кисню для переходу закисних в оксидні форми заліза, коли впливом різних факторів за інтенсивної динаміки утворення і накопичення осаду можна знехтувати. В цих умовах інтенсивної динаміки окислення достатньо вивчені фізико-хімічні механізми і перетворення, які відбуваються, складено їх фізичне і теоретичне обґрунтування, на підставі чого побудовані математичні моделі. Реалізація цих моделей дозволила розробити інженерні методи розрахунку параметрів хімічного кольматажу сполуками заліза фільтрів, додаткових фільтраційних опорів і втрат напору. Розроблені в цьому випадку моделі і методи розрахунку також доцільно використовувати під час вирішення технологічних задач внутрішньо-пластового вилучення заліза з води за допомогою вертикальних свердловин безпосередньо в підземних умовах. Такі методи очистки широко розповсюджені в різних країнах. Проте виконаний аналіз роботи під час звичайної їх експлуатації в реальних умовах показав, що їх колімація по ряду причин проходить повільно, хоча механізми утворення і накопичення осаду в пористому середовищі будуть в цілому такими, як і під час інтенсивної кольматации. В цьому випадку основною причиною мабуть буде недостатнє забезпечення процесу окислення киснем внаслідок обмеження його надходження. Для вирішення цієї задачі з метою оцінки впливу кисню на умови проходження повільної кольматации побудовані і реалізовані більш загальні моделі з врахування матеріального балансу (вилучення) кисню в процесах окислення заліза.

Реалізація чисельними і аналітичними методами цих моделей, аналіз одержаних результатів і виконана оцінка можливого впливу різних факторів на формування хімічного кольматажу залізом дозволили рекомендувати для інженерних розрахунків дві суттєві і технологічні схеми розрахунку утворення і накопичення залізного осаду в фільтрі. В умовах першої технологічної схеми накопичення осаду відбувається за більш-менш активної динаміки та достатньої кількості заліза Fe^{2+} в підземній воді і коли впливом різних факторів можна знехтувати (за винятком тих відомих (рН, температура та інш.), які безпосередньо впливають на реакції окислення і можуть бути враховані), але процес окислення буде лімітуватись (залежати) тільки від кількості кисню і підземній воді в межах фільтру, де проходить реакція окислення.

Під час повільної динаміки накопичення осаду переважно із сполук заліза, але при цьому його концентрація буде невеликою, і кількість кисню в підземній воді буде обмежена, тому в цих умовах різні фактори, а також з часом можливі трансформації і дегідратація утворених сполук заліза будуть впливати на утворення і повільне накопичення загального осаду, яке відбувається протягом тривалого часу. Тому в цьому випадку розробка інженерних методів доцільна також на основі спрощених математичних моделей, але з широким залученням дослідних даних.