

Методика розрахунку хімічного кольматажу фільтрів свердловин сполуками заліза

А.М.Тугай, *д-р техн. наук*, Я.А.Тугай, *канд. техн. наук*

Київський національний університет будівництва та архітектури
03680, Київ, Повітрофлотський проспект, 31

У тезах наводиться теоретичне обґрунтування і методика розрахунку хімічної кольматації фільтрів свердловин і прифільтрового простору сполуками заліза.

Показано, що 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.

Приведена, розроблена авторами, математична модель цього процесу, яка складається із двох взаємопов'язаних блоків: гідродинамічного (фільтраційного) і динаміки кольматації фільтра сполуками заліза. Гідродинамічний блок моделі зв'язує гідродинамічні і гідрохімічні характеристики потоку і складається із двох рівнянь: фільтрації, записаного відносно напору при $Q=const$, 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 знезалізнення води, що відкачується, на очисних фільтрах. Тому для комплексного вирішення цього питання наводяться також методика розрахунку знезалізнення 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 й 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 кольматація відбувається швидко, а саме: при значних концентраціях закисних форм заліза у вихідній воді, при достатній кількості кисню для забезпечення переходу закисних в оксидні форми заліза, коли впливом різних факторів при інтенсивній динаміці 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 при рішенні 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 свердловин при звичайній їх експлуатації в реальних умовах показав, що їх кольматація по ряду причин проходить повільно, хоча механізми утворення і накопичення осаду в пористому середовищі будуть в цілому такими, як і при інтенсивній кольматації. 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 кольматації 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 характерні технологічні схеми розрахунку утворення і накопичення залізного осаду в фільтрі. В умовах першої технологічної схеми накопичення осаду відбувається при більш-менш активній динаміці при достатній кількості заліза Fe^{2+} в підземній воді і коли впливом різних факторів можна знехтувати (за винятком тих відомих (pH , температури і ін.) які безпосередньо впливають на реакції окислення і можуть бути враховані), але процес окислення буде лімітуватись (залежати) тільки від кількості (концентрації) кисню в підземній воді в межах фільтру, де проходить реакція окислення.

При повільній динаміці накопичення осаду переважно із сполук заліза, але при цьому його концентрація буде невеликою, а кількість кисню в підземній воді буде обмеженою, тому в цих умовах різні фактори, а також з часом можливі трансформації і дегідратація утворених сполук заліза будуть впливати на утворення і повільного накопичення загального осаду, яке відбувається на протязі тривалого часу. Тому в цьому випадку розробка інженерних методів розрахунку доцільно також на основі спрощених математичних моделей, але з широким залученням дослідних даних. Такі дані

одержані на підставі широких багатолітніх досліджень кольматації свердловин, проведених в натурних умовах під час їх експлуатації в ряді регіонів України.

Такий підхід дозволив врахувати вплив різних факторів шляхом введення в розрахункові формули узагальненого коефіцієнта β_* , одержаного на підставі обробки і аналізу результатів дослідів. Враховуючи те, що при значній концентрації заліза в підземній воді тільки деяка його частина затримується в фільтрі свердловини, розроблена методика розрахунку подальшого вилучення заліза фільтруванням на очисних фільтрах. Отримані аналітичні залежності дозволяють визначити технологічні характеристики знезалізнення і параметри очисних фільтрів.

Апробація, яка проведена для різних розглянутих умов утворення і накопичення осаду із сполук заліза, дозволяє зробити висновок, що запропоновані методи розрахунку у всіх розглянутих випадках спроможні більш надійно і достовірно визначити параметри хімічного кольматажу і за рахунок цього обґрунтувати падіння з часом продуктивності свердловин а також необхідні параметри очисних фільтрів. Проте більш ґрунтовні дослідження по подальшій апробації запропонованих методик, особливо по визначенню вихідних параметрів, які входять в запропоновані моделі і методи розрахунку, доцільно продовжити.