

УДК 517.958: 532.72

МОДЕЛЬ ОЧИЩЕННЯ ЗАБРУДНЕНОГО РОЗЧИНУ У ВОДНОМУ ФІЛЬТРІ З ПОМ'ЯКШЕННЯМ ЖОРСТКОЇ ВОДИ ЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ НА МЕЖІ

Ольга Чернуха, Юрій Білушак, Анастасія Чучвара

*Інститут прикладних проблем механіки і математики
ім. Я.С. Підстригача НАН України*

cher@cmm.lviv.ua, byixx13@gmail.com, davydoka@gmail.com

Для очищення природної та забрудненої води до стану питної використовують різні типи фільтрів: механічні, хімічні, фізико-хімічні, електричні, біологічні тощо [1]. Кожен з них є ефективним для певного виду забруднення. Наприклад, такі домішки як органічні речовини, іони металів з низькими степенями окислення і бактерії можна ефективно знешкоджуються методами хімічної очистки води.

Для кількісного опису процесів масоперенесення частинок забруднення з водним розчином через засипний фільтр з урахуванням пом'якшення води за допомогою хімічної реакції побудована математична модель на основі балансових співвідношення маси компонент системи. За компоненти термодинамічної системи прийнято взаємодіючі дискретні сукупності матеріальних частинок, які утворюють скелет фільтра, водного розчину та домішкові частинки, які сорбуються, у двох виділених станах – у водному розчині та сорбовані на скелеті фільтра, сполуку одного з основних катіонів (яка спричинює надмірну твердість води), реагент, частинки нерозчинної речовини, які утворилися в наслідок хімічної реакції та молекули газу, які миттєво випаровуються. Дифузійний потік визначається градієнтами хімічних потенціалів, які лінійно залежать від концентрацій. Прийнято, що джерелом (сток) маси компонент типу важких металів є процеси сорбції-десорбції частинок, а компонент, які приймають участь в хімічній реакції – хімічна реакція. Потужності виробництва маси компонент, які приймають участь в процесах сорбції-десорбції, є пропорційними до локальної різниці хімічних потенціалів і, як наслідок, різниці концентрацій. У результаті, після врахування умови нормування отримана система 6 диференціальних рівнянь.

Крайова задача сформульована для шару, в якому фільтрується водний розчин і на його поверхню рівномірно подається реагент. Крайові умови враховують, що в початковий момент часу механічний фільтр є чистим, його поровий простір заповнений водою, проте цей водний розчин характеризується сталою підвищеною твердістю; реагент у тіло ще не поступив, відповідно хімічна реакція ще не відбулась і нема продуктів цієї реакції. В подальшому на

верхню поверхню пористого шару подається водний розчин підвищеної твердості та однакова кількість реагенту і на цій поверхні речовина, що випадає в осад, не утворюється. Прийнято, що на нижній границі фільтра відомо або можна виміряти значення функції концентрації важких металів у водному розчині в певні моменти часу. Такі експериментальні дані апроксимуються поліномом заданої степені.

Запропоновано модельний опис хімічної реакції пом’якшення води.

Розроблено пакет програм WodFil (рис. 1) та проведено числовий аналіз концентрації забруднюючих частинок, які мігрують у водному розчині, та концентрації частинок, сорбованих на скелеті фільтра. Розрахунки проведені

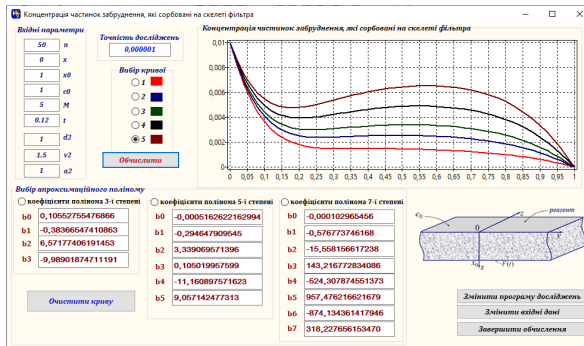


Рис. 1 Робота одного з модулів пакету WodFil

для двох наборів експериментальних даних – для якісного очищення води та менш якісного. На їх основі побудовані апроксимаційні поліноми 5-ї степені, які використані як гранична умова для функції концентрації частинок забруднення у водному розчині на нижній поверхні фільтра. Визначено закономірності зазначених процесів, встановлено вплив коефіцієнта швидкості конвективного перенесення та товщини фільтра на концентрацію частинок забруднення, що мігрують з розчином, і концентрації сорбованої речовини.

1. *Jabbar-Lopez Z.K., Ung C.Y., et. al.* The effect of water hardness on atopic eczema, skin barrier function: A systematic review, meta-analysis // *Clinical & Experimental Allergy*. – 2021. – **51**, No. 3. – P. 430–451.
2. *Чернуха О., Білушак Ю.* Математичне моделювання процесів конвективної дифузії і сорбції у тришаровому пористому тілі. I. Масоперенесення домішкових частинок з поровим розчином // *Мат. методи та фіз.-мех. поля*. – 2021. – **64**, № 4. – С. 107–116.

MODEL OF PURIFICATION OF CONTAMINATED SOLUTION IN A WATER FILTER WITH HARD WATER SOFTENING UNDER EXPERIMENTAL DATA AT THE BOUNDARY
A mathematical model was constructed for the quantitative description of the mass transfer of pollution in aqueous solution through a backfill water filter, taking into account chemical reaction of the water softening.