

УДК 517.958: 532.72

Є. Я. Чапля¹, О. Ю. Чернуха^{1,2}, Ю. І. Білушак^{1,2}✉

НЕЛІНІЙНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОНВЕКТИВНОЇ ДИФУЗІЇ ДОМІШКОВИХ КОМПОНЕНТ У ПРОЦЕСІ ПОМ'ЯКШЕННЯ ВОДИ

Запропоновано нелінійний варіант математичної моделі конвективної дифузії для опису зміни жорсткості води при її фільтрації в пористому тілі, скелет якого утворений з іонообмінних смол (каїнітів) або подрібнених цеолітів чи вугілля. Супутні процеси сорбції-десорбції розуміються як нелінійні джерела при обмеженій ємності скелета. Для нелінійних рівнянь моделі сформульовано відповідні задачі математичної фізики та проведено чисельний аналіз розв'язків, що відповідають різним фізичним умовам. Показано, що вклад нелінійних частин в отримані розв'язки для концентрацій у більшості випадків є незначним. Найбільший вплив на значення різниці між розв'язками лінійної і нелінійної крайових задач має коефіцієнт швидкості конвективного перенесення. Встановлено, що вибір нульового наближення при побудові рядів Неймана, у вигляді яких отримано розв'язки вихідної нелінійної крайової задачі, практично не впливає на функції концентрації домішкової речовини для малих часів фільтрації, швидкостей конвективного перенесення та ємності скелета.

Ключові слова: математичне моделювання, фільтрація, сорбція-десорбція іонів, жорсткість води, нелінійна крайова задача, ряд Неймана, пористий шар

NONLINEAR MATHEMATICAL MODEL OF CONVECTIVE DIFFUSION OF ADMIXTURE COMPONENTS IN THE PROCESS OF WATER SOFTENING

A nonlinear variant of the mathematical model of convective diffusion is proposed to describe changes in water hardness during its filtration in a porous body whose skeleton is formed of ion-exchange resins (kainites) or crushed zeolites or coal. The accompanying sorption-desorption processes are understood as nonlinear sources with the limited skeleton capacity. For the nonlinear equations of the model, the corresponding problems of mathematical physics are formulated and numerical analysis of their solutions corresponding to various physical conditions is carried out. It is shown that the contribution of nonlinear parts to the obtained solutions for the concentrations is insignificant in most cases. The greatest influence on the difference between the solutions of linear and nonlinear initial-boundary value problems is exerted by the coefficient of convective transfer rate. It is established that the choice of the zero approximation in the construction of the Neumann series, which are the solutions of the original nonlinear initial-boundary value problem, has practically no effect on the impurity concentration functions for small filtration times, convective transfer rate, and skeleton capacity.

Key words: mathematical modeling, filtration, ions sorption-desorption, water hardness, nonlinear initial-boundary value problem, Neumann series, porous layer.

¹ Ін-т прикл. проблем механіки і математики
ім. Я. С. Підстригача НАН України, Львів,

Одержано
27.11.22

² Нац. ун-т «Львів. політехніка», Львів