

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФІЛЬТРАЦІЇ ЗАБРУДНЕНОЇ ВОДИ ПРИ ПРОХОДЖЕННІ ЧЕРЕЗ ШАР ҐРУНТУ

Запорожець Ю. А., Складанний Д. М., Плашихін С. В.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ВОДЫ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЧЕРЕЗ СЛОЙ ПОЧВЫ

Запорожец Ю. А., Складанный Д. Н., Плашихин С. В.

THE COMPUTER SIMULATION OF CONTAMINATED WATER FILTRATION PASSING THROUGH THE SOIL LAYER PROCESS

Zaporozhets J., Skladanny D., Plashykhin S.

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Київ, Україна
skl_den@ukr.net**

У роботі проведено аналіз міграційних властивостей ґрунтового шару на території України та розділені ґрунти з різними геофільтраційними умовами. Для опису механізмів розповсюдження забрудненої рідини в середині водоненасичених ґрунтів проаналізовані математичні моделі фільтраційного процесу в ґрунтовому шарі. На основі проведених розрахунків досліджувались фільтраційні властивості ґрунтового шару з використанням методології імітаційного експерименту.

Ключові слова: екологічна безпека, забруднення ґрунтів, геофільтрація, імітаційний експеримент, ступеня очищення

В работе проведен анализ миграционных свойств почвенного слоя на территории Украины и разделены почвы с различными геофильтрационными условиями. Для описания механизмов распространения загрязненной жидкости внутри водоненасыщенных почв проанализированы математические модели фильтрационного процесса в почвенном слое. На основе проведенных расчетов исследовались фильтрационные свойства почвенного слоя с использованием методологии имитационного эксперимента.

Ключевые слова: экологическая безопасность, загрязнения почв, геофильтрация, имитационный эксперимент, степени очистки

In the research, the soil layer migration properties analysis for the soils in Ukraine are carried out and the soils separated by the different geofiltration conditions. Mathematical models of the soil layer filtration process are analysed for describing the contaminated liquid distribution mechanisms inside the water-saturated soils. Based on the performed analyses, the filtration properties of the soil layer were investigated using the methodology of the simulation experiment.

Key words: environmental safety, soil pollution, geofiltration, simulation experiment, purification degree

ВСТУП

Процес геофільтрації слід розглядати як комплекс окремих хімічних, фізичних і фізико-хімічних процесів. Тому узагальнений процес буде описано комплексом відповідних моделей. Крім того, під час моделювання процесу геофільтрації слід враховувати вплив типу ґрунту і відповідної цього типу схеми геофільтрації на загальний результат фільтраційних процесів.

Таким чином, задача оцінювання ступеню очищення забруднених вод про проходженні через шар ґрунту є актуальною. Для її вирішення пропонується реалізувати методи комп'ютерного імітаційного моделювання, які дозволять вирішити задачу моделювання цього процесу на основі комплексу моделей, кожна з яких описує окрему складову геофільтраційного процесу.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Діяльність людини нерозривно пов'язана зі збільшенням навантаження забруднюючих речовин на ґрунт, як частину екологічних систем. Високий ступінь забруднення навколишнього середовища призводить до накопичення забруднюючих речовин у ґрунті. Це спостерігається і під час нормальної роботи підприємств, особливо хімічної промисловості. Для об'єктивного вирішення проблеми зменшення техногенного навантаження необхідно заздалегідь кількісно оцінити рівень розподілу забруднюючих речовин у ґрунті.

Об'єктом дослідження даної роботи є процес геофільтрації.

Метою дослідження даної роботи є визначення імітаційне комп'ютерне моделювання процесу очищення води від розчинених у ній забруднювачів під час проходження води через шари різних типів ґрунту. Для досягнення цієї мети необхідно виконати наступні задачі: обрати математичні моделі, які найкраще описують хімічні, фізичні та фізико-хімічні процеси фільтрації у ґрунтах та встановити особливості використання цих моделей для різних типів ґрунтів, поширених на території України.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ

Авторами проведено аналіз ряду робіт, присвячених оцінюванню і моделювання процесів фільтрації забруднювачів, що приходять через ґрунтовий шар. Істотний вплив на процес очищення забрудненої води, яка проходить через шар ґрунту, має режим геофільтрації. Спираючись на роботи з систематизації геологічних і гідрогеологічних умов геофільтрації авторства І. Б. Абрамова [1], на території України виділяються чотири області геофільтрації:

1. у ґрунтах лесових масивів
2. у ґрунтах, сформованих річкових відкладеннями;
3. у ґрунтах, сформованих морських відкладеннями;
4. у скельних і напівскельних ґрунтах.

Для математичного моделювання фільтраційного процесу в ґрунтовому шарі враховуються процеси хімічної, фізичної та фізико-хімічної взаємодії (сорбція, іонний обмін тощо), у результаті яких відбуваються поглинання компонентів стічних вод твердою фазою ґрунтового шару, які супроводжуються процесами десорбції, розчинення тощо за рахунок вилучення забруднюючих компонентів з твердої фази. У даній роботі, оцінювання впливу збудників стічних вод на ґрунтовий шар проводиться на основі наступних математичних моделей фільтраційного процесу:

1. модель оцінки забруднення ґрунту з урахуванням хімічної реакції в процесі фільтрації [2];
2. модель оцінки забруднення ґрунту з урахуванням особливостей ґрунтового шару [3];
3. моделі оцінки забруднення ґрунту з урахуванням масообмінних процесів [4];
4. те ж, з врахуванням рівномірної сорбції [4];
5. те ж, з врахуванням нерівномірної незворотної сорбції [4];
6. те ж, з врахуванням кристалізації або розчиненні компонентів породи в стічних водах [4].

Проаналізувавши результати досліджень з проблем фільтрації забруднень при проходженні через шар ґрунту [1–5], автори дійшли висновку про непереборну складність опису цього процесу однією математичною моделлю. Тому вважаємо доцільним провести дослідження фільтраційних властивостей ґрунтів на основі моделей окремих процесів з використанням методології імітаційного експерименту з врахуванням відносного внесок окремих процесів в загальний процес геофільтрації для різних типів ґрунтів.

ПРОЦЕДУРА МОДЕЛЮВАННЯ

Визначення коефіцієнту фільтрації для ґрунтів різних типів (див. вище) організовано та проведено комп'ютерний імітаційний експеримент. Ступінь фільтрації визначалася як відношення фонові концентрації до поточної, тобто ця ступінь приймала значення, рівне одиниці за умови, що концентрація забруднювача у воді ставала рівною фоновій. У імітаційному експерименті визначається профіль концентрація забруднювача по глибині ґрунтового шару.

На попередньому етапі імітаційного експерименту, на підставі аналізу літературних джерел, встановлено точкові та інтервальні оцінки вагових коефіцієнтів врахування кожного з фільтраційних процесів і відповідних їм моделей для кожного з типів ґрунтів. Визначені значення вагових коефіцієнтів моделей наведені таблиці 1.

Таблиця 1. Коефіцієнти врахування математичних моделей для оцінювання ступеню очищення води у ґрунтах виділених типів

Тип ґрунту в	Лісового масиву			Річкові відкладення			Морські відкладення			Скелясті та напівскелясті		
Модель (номер)	оцінки			оцінки			оцінки			оцінки		
	точкова	нижня	верхня	точкова	нижня	верхня	точкова	нижня	верхня	точкова	нижня	верхня
1	0,2	0,15	0,25	0,35	0,3	0,4	0,17	0,15	0,2	0,12	0,05	0,2
2	0,34	0,28	0,4	0,26	0,2	0,3	0,35	0,3	0,4	0,1	0	0,2
3	0,18	0,09	0,25	0,16	0,1	0,2	0,2	0,16	0,25	0,1	0,05	0,13
4	0,16	0,07	0,25	0,12	0,1	0,15	0,09	0,05	0,12	0,1	0,05	0,14
5	0,08	0,05	0,1	0,08	0,05	0,1	0,16	0,08	0,25	0,1	0,05	0,15
6	0,04	0	0,05	0,03	0	0,05	0,03	0	0,05	0,48	0,4	0,6

Початковим рівнем концентрації забруднень у імітаційному експерименті прийнято 3,5 мг/л. Моделювання проводився до досягнення фонові концентрації (1,1 мг/л) за всіма перерахованим моделям. Взаємними і змішаними впливами різних

складових процесу фільтрації знехтувано. Результати імітаційного експерименту за умови використання точкових оцінок вагових коефіцієнтів врахування наведено на рисунку 1.

Таким чином, у випадку прийняття припущення про точкову оцінку ступені впливу кожного з фільтраційних процесів встановлено, що повне очищення досягається: для ґрунтів типу 1 на глибині 2,1 м, для ґрунтів типу 2 – 1,8 м, типу 3 – 1,9 м, типу 4 – 2,4 м.

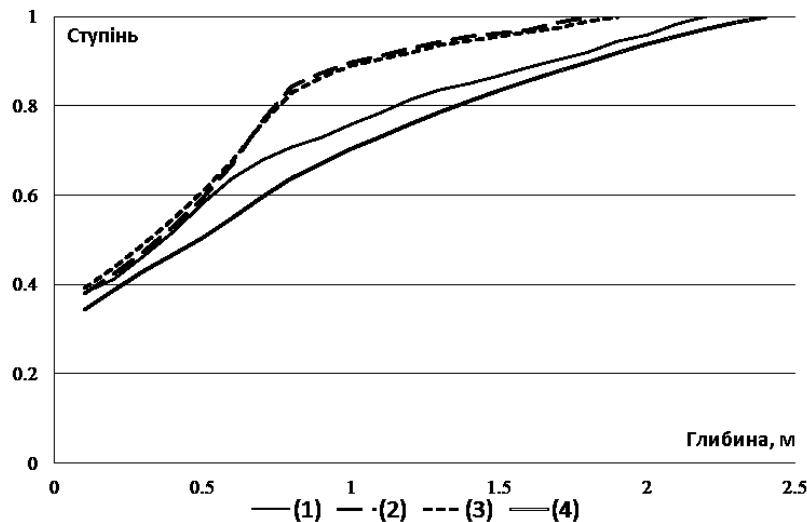


Рис. 1. Ступінь фільтрації, при проходження через шар ґрунту, точкові оцінки

Враховуючи те, що ґрунтовий шар будь якого типу за своєю природою неоднорідний і встановити однозначно вплив кожного з фільтраційних процесів у ньому неможливо, пропонуємо для проведення імітаційного експерименту, поруч з точковими, використати інтервальні оцінки коефіцієнтів врахування фільтраційних процесів та відповідних ним математичних моделей. Такі оцінки також наведені у таблиці 1. За результатами імітаційного експерименту визначаються верхня та нижня оцінка ступені фільтрації. Очевидно, що нижня оцінка не досягне рівня одиниці за будь-яких умов. Результати імітаційного експерименту за умови використання інтервальних оцінок вагових коефіцієнтів врахування наведено на рисунку 2.

Таким чином, з позиції максимального оптимізму, повне очищення досягається: для ґрунтів типу 1 на глибині не менше 0,5 м, для ґрунтів типу 2 і типу 3 – не менше 0,6 м, типу 4 – 0,9 м.

ВИСНОВКИ

Для визначення рівня впливу промислового підприємства на параметри забруднення ґрунтового шару були аналітично і експериментально визначені точкові та інтервальні оцінки ступеня можливого очищення воли в процесі проходження через ґрунти території України різного літологічного складу та визначена глибина, на якій вона досягається у залежності від типу ґрунту.

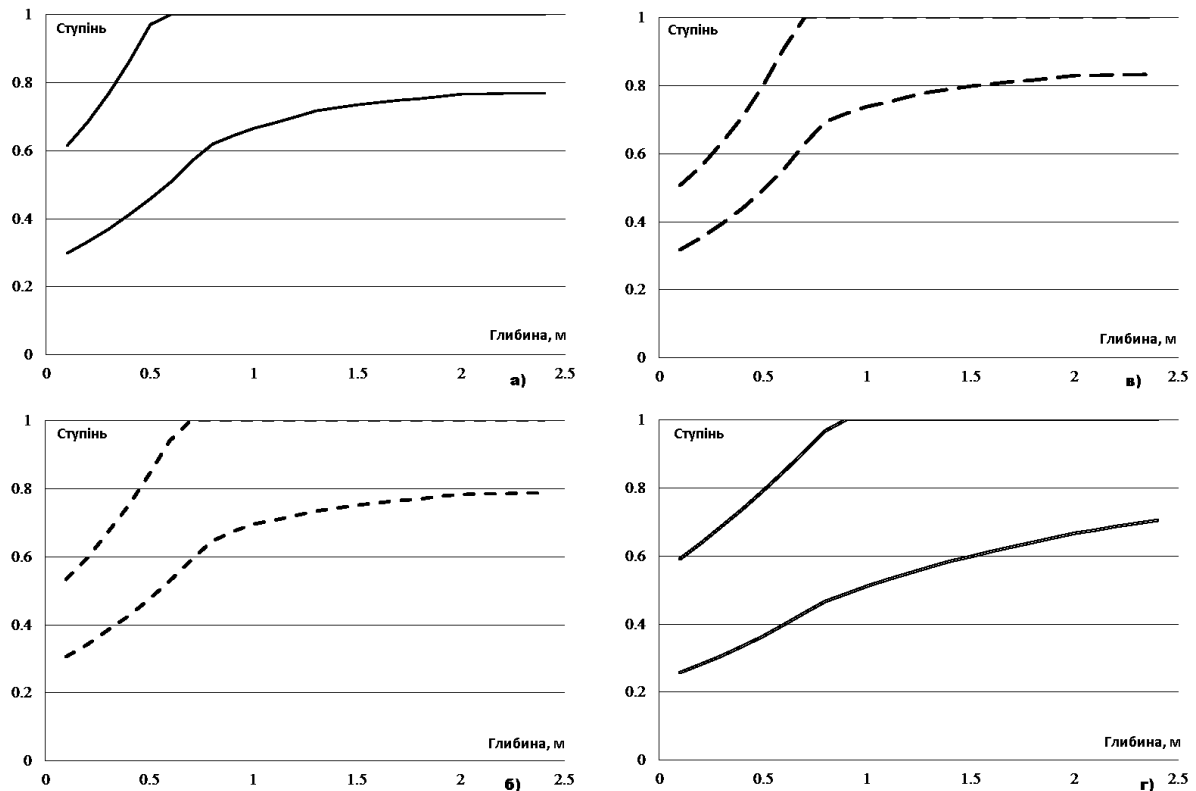


Рис. 2. Ступінь фільтрації при проходженні через шар ґрунту, інтервальні оцінки

ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамов И. Б. Оценка воздействия на подземные воды промышленно-городских агломераций. Харків, 2007. 285 с.
2. Храменков М. Г. Элементы физико-химической механики природных пористых сред. Казань, Издательство Казанского математического общества, 2003. 178 с.
3. Бойко Т. В. Запорожец Ю. А. Моделирование массопереноса загрязняющих веществ в почвенном слое. *Технологический аудит и резервы производства*, 2015. 1/3(21). С. 8-11
4. Лаврик, В. И. Решение задачи массопереноса водорастворимых веществ в случае зависимости коэффициентов конвективной диффузии от скорости фильтрации. *Труды Ин-т Математики АН УССР*, 1981. С. 3–24.
5. Bojko T., Skladanny D., Zaporozhets J., Plashykhin S. Application of Simulation Modeling for Assessment of Environmental Safety of Soils. *Technology Audit and Production Reserves*, 2020. № 1/3(51). P. 25-30.