

УДК 504.75.06

**В. С. КРЕМЕЗ**, канд. техн. наук, с. н. с.  
Інститут гідромеханіки НАН України м. Київ

**Ю. В. БУЦ**, канд. геогр. наук, доц.  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Пл. Свободи, 6, Харків-22, 61022  
buyuv@mail.ru

**В. А. ЦИМБАЛ**  
Запорізька державна інженерна академія

### МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПІДТОПЛЕННЯ ТЕРИТОРІЙ В ЗОНІ ВПЛИВУ ВОДОСХОВИЩ

В основу математичних моделей підтоплення в прибережних територіях водосховищ, покладені фундаментальні рівняння нерозривності та руху рідини в пористих середовищах, масоперенесення та масообміну. Визначено вплив фізико-хімічних процесів фільтрації мілко-дисперсних завислих часток на процес підтоплення територій ґрунтовими водами в зоні впливу водосховищ

**Ключові слова:** моделювання, підтоплення, водосховище

### Кремез В. С., Буц Ю. В., Цимбал В. А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

В основу математических моделей подтопления в прибрежных территориях водохранилищ взято фундаментальные уравнения неразрывности и движения жидкости в пористых средах, массоперенос и массообмен. Определено влияние физико-химических процессов фильтрации мелкодисперсных взвешенных частиц на процесс подтопления ґрунтовыми водами в зоне влияния водохранилищ

**Ключевые слова:** моделирование, подтопление, водохранилище

### Kremez V. S., Buts Y. V., Tsybmal V. A. THE MODELLING OF PROCESS OF FLOODING BY SUBSOIL WATERS IS IN THE AFFECTED OF RESERVOIRS ZONE

The basis of the mathematical models of flooding in coastal areas of the reservoir taken the fundamental equations of continuity and flow in porous media, mass transfer and mass transfer. The influence of physical and chemical processes of a filtration small disperse the weighed particles on process of flooding by subsoil waters is defined.

**Key words:** modelling, flooding, reservoir

#### Вступ

**Постановка проблеми.** Майже щороку, внаслідок танення снігів і сильних дощів розливаються річки, підвищуються рівні ґрунтових вод, загрожуючи підтопленням населеним пунктам півдня України. Дощові й паводкові води фільтруються в ґрунт, досягають берегових схилів водосховищ, зволожують, і навіть, розріджують їх. З інфільтрацією атмосферних опадів безпосередньо пов'язана вологість ґрунтів - і основний показник їхнього грузлого-пластичного стану, що приводить до виникненню надзвичайних ситуацій. Особливу екологічну небезпеку в цьому відношення несуть в собі водосховища, які впливають на процес підтоплення прибережних територій

В сучасних наукових публікаціях і нормативних документах підтоплення територій міст, селищ, окремих об'єктів та сільсь-

когосподарських земель розглядається як складний багатофакторний процес, обумовлений підвищенням рівня ґрунтових вод, збільшенням вологості ґрунтів зони аерації. При цьому змінюється хімічний склад ґрунтових вод, ускладнюються умови формування міграційних потоків, інтенсифікуються процеси фізико-хімічної, мікробіологічної, теплової взаємодії, які приводять до зміни фільтраційних властивостей пористого середовища.

Інтенсифікація описаних процесів поблизу поверхні землі в умовах житлової забудови або територій промислових та енергетичних об'єктів, де розташовані фундаменти будинків, підвальні приміщення, водопроводи і системи водовідведення може призвести до зменшення міцності ґрунтів, залізобетонних конструкцій та викликати

аварійні руйнування споруд при ґрунтових деформаціях, просадках та зсувах.

Також змінюється пористість та коефіцієнт фільтрації ґрунту, що впливає на характер зміни рівнів ґрунтових вод та швидкості фільтрації, що, в свою чергу, змінює

характер процесів масопереносу та масообміну.

**Метою** представленого дослідження є моделювання процесу підтоплення територій в зоні підвищення ґрунтових вод, зокрема, в прибережних територіях водосховищ.

### Результати дослідження

В основу математичних моделей описаних процесів покладені фундаментальні рівняння нерозривності та руху рідини в пористих середовищах, масоперенесення та масообміну. У випадку планової фільтрації відповідні рівняння, початкові та граничні умови приведені та детально описані в роботі [1]. Для замкнення систем нелінійних рівнянь, які описують ці процеси, використовуються різноманітні залежності, зокрема, коефіцієнт фільтрації пористого середовища від концентрації осаду, отримані в результаті обробки експериментальних даних, причому найбільше розповсюдження

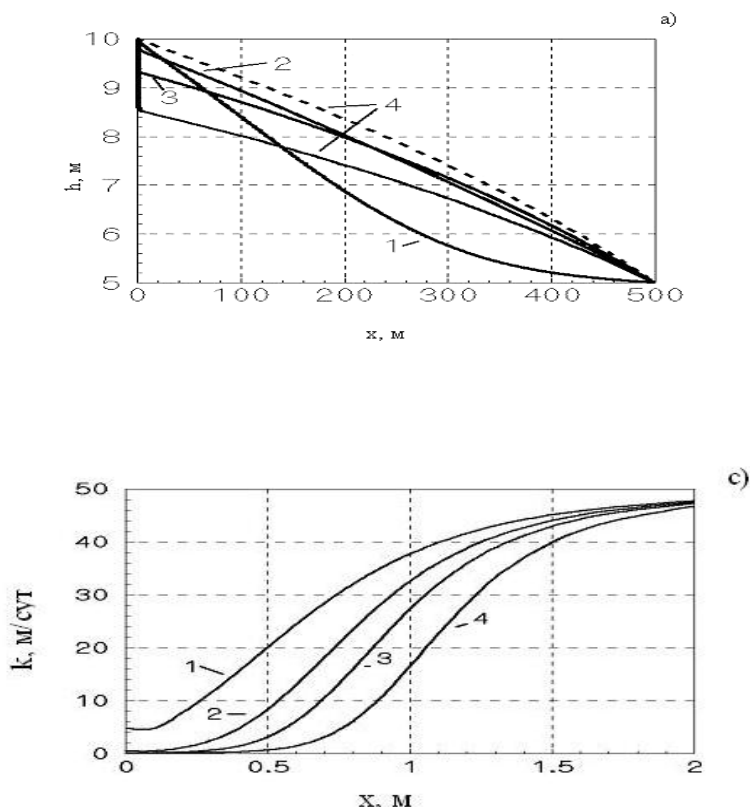
отримали експоненціальна та степенева залежності [1,2]:

$$k(\sigma^*) = k_0 e^{-\gamma \sigma^*},$$

$$k(\sigma^*) = k_0 \left(1 - \left(\frac{\sigma^*}{n_1}\right)^{n_2}\right), \quad (1)$$

де:  $\sigma^*$  – об’ємна концентрація осаду,  $\gamma, n_1, n_2$  – експериментальні параметри.

В основі аналогії між ламінарним рухом рідини в трубці і фільтрацією в пористому середовищі за законом Дарсі отримані теоретичні залежності коефіцієнта фільтрації від об’ємної концентрації осаду у вигляді:



а) коефіцієнта фільтрації – с) по довжині розрахункового розрізу 1)  $t=6$  діб; 2)  $t=18$  діб; 3)  $t=36$  діб; 4)  $t=72$  доби.

\* **Суцільні лінії** – при фільтрації забрудненої води ( $C_w = 40$  мг/л);

**пунктирна лінія** – при фільтрації чистої води ( $C_w = 0$ )

**Рис.** – Зміни рівня ґрунтових вод

$$k(\sigma_1^*) = k_0(-\sigma_1^*),$$

$$k(\sigma_2^*) = k_0 \left( 1 + \sigma_2^* + \frac{1 - \sigma_2^*}{\ln(\sigma_2^*)} \right), \quad (2)$$

$$k(\sigma_1^*, \sigma_2^*) = k_0 \left( 1 - \sigma_1^* + \sigma_2^* + \frac{1 - \sigma_1^* - \sigma_2^*}{\ln(\sigma_2^*/(-\sigma_1^*))} \right) \quad (3)$$

де:  $\sigma_1^*, \sigma_2^*$  – об’ємні концентрації плівкового та об’ємного осаду.

Перша (1) та друга формули в (2) застосовуються у випадках плівкового та об’ємного осаду відповідно, а формула (3) – для комбінованого осаду.

Перша (1) та друга формули в (2) застосовуються у випадках плівкового та

об’ємного осаду відповідно, а формула (3) – для комбінованого осаду.

Рішення систем рівнянь фільтрації, масопереносу і масообміну, приведених в [1] з любым з наведених вище замикаючих відношень (1)-(3) отримано методом кінчених різностей за спеціально розробленими алгоритмами і програмами. В якості прикладу показані зміни рівня ґрунтових вод (РГВ) і коефіцієнта фільтрації (для піщаного ґрунту  $k_0=50$  м/добу), в розрізі, ортогональному осі каналу, який заповнюється водою з концентрацією завислих забруднень 40 мг/л (Рис.). З рисунка видно, що процес кольматації ґрунту призводить до формування слабо проникного екрануючого шару, товщиною близько 2м, що викликає зниження рівня ґрунтових вод.

### Висновки

Таким чином, проблема моделювання підтоплення територій ґрунтовими водами з чисто гідродинамічної в деяких умовах трансформуються в завдання підземної фізико-

хімічної гідродинаміки, де процеси фільтрації, міграції різних розчинених з’єднань та дрібнодисперсних завислих часток взаємно впливають.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Добронравов О. О. Моделювання фільтрації ґрунтових вод з урахуванням суфозії і кольматації./ О. О. Добронравов, В. С. Кремез // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – 2006. – Вип. 7. – С.147 – 153.
2. Венецианов Е. В. Динамика сорбции из жидких сред./ Е. В. Венецианов, Р. Н. Рубинштейн – М.: Наука, 1983. – 237 с.

Надійшла до редколегії 30.01.2012

УДК 504.06

**Г. В. ТІТЕНКО**, канд. геогр. наук, доц., **М. І. КУЛИК**, канд. техн. наук  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Пл. Свободи, 6, м. Харків, 61022

### ГУМУСОВИЙ ГОРИЗОНТ МІСЬКИХ ҐРУНТІВ ЯК ГЕОХІМІЧНИЙ БАР’ЄР В УРБОЛАНДШАФТІ

Збільшення вмісту гумусу свідчить про формування техногенного та органосорбційного геохімічного бар’єру у поверхневих шарах міських ґрунтів, який сприяє закріпленню важких металів та збільшує контрастність аномалій. Валовий вміст важких металів у поверхневому шарі міських ґрунтів підтверджує наявність депонування забруднення на геохімічному бар’єрі гумусового горизонту ґрунту. Розподіл важких металів у ґрунті південно-східної частини м. Харкова вказує на певне перевищення рівня забруднення промислової зони над селітебною та санітарно-захисною для цинку та свинцю. Ландшафтно-геохімічний стан у місті сприяє закріпленню пріоритетних поліютантів на лужному і біогеохімічному бар’єрах у ґрунті та рослинах. Можна припустити наявність механізму саморегуляції урболандшафту, який виявляється в активізації зворотних зв’язків та підтверджується зазначеними особливостями існування міських ґрунтів.

**Ключові слова:** міські ґрунти, гумусовий горизонт, геохімічний бар’єр, урболандшафт