

УДК 532.546.626

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ОПОРІВ ПРИ РОЗРАХУНКАХ РІВНЯ ҐРУНТОВИХ ВОД ПІДТОПЛЕНИХ ТЕРИТОРІЙ

*Ю.О. Березницька, аспірант;
О.С. Волошкіна, д-р техн. наук, проф.
(Київський національний університет
будівництва і архітектури)*

Виконано аналіз застосування методу фільтраційних опорів при розрахунку підтоплених територій з різними гідрогеологічними умовами.

Доведено, що у випадку двошарової будови водоносної товщі при співвідношеннях коефіцієнтів фільтрації верхнього шару ґрунту до підстиляючого менше одиниці приведення водоносного горизонту в розрахунках до одношарового веде до занижених розрахункових значень рівня ґрунтових вод на підтоплених територіях.

Проведен анализ использования метода фильтрационных сопротивлений при расчете подтопленных территорий с разными гидрогеологическими условиями.

Доказано, что в случае двухслойного строения водоносной толщи при соотношениях коэффициентов фильтрации верхнего шара ґрунта к подстиляющему меньше единицы приведение водоносного горизонта к однородному приводит к снижению расчетных значений уровня ґрунтовых вод подтопленных территорий.

The analysis of using of filtration resistances method at the calculation of underflooding territories with different hydrogeological conditions is conducted.

It is proven that in the case of double-layer structure of aquiferous layer at the correlation of permeability coefficients the top layer of soil to laing is less than one, a conversion to homogeneous structure leads to reduction of rated water-table, and this is a reason for subsequent research of methodologies of filtration calculations in the different hydrogeological conditions.

Прогнозування підвищення рівня ґрунтових вод є важливою задачею при розрахунках підтоплення земель. Особливо

це стосується територій прилеглих до поверхневих водойм, які є основним джерелом живлення ґрунтових вод. Одним з методів розрахунку підвищення рівня ґрунтових вод поблизу каналів і водосховищ є метод фільтраційних опорів, який дозволяє привести недосконалі за типом вскриття водоносного горизонту водойми до досконалих і суттєво спростити методику фільтраційних розрахунків.

Визначення значень фільтраційних опорів у випадку закритих дрен та невеликих каналів досить детально розглянуте в роботах [1—5]. Однак для випадків широких відкритих во-

дойм, коли виконується нерівність $\frac{B_k}{m} > 2$ (де B_k — ширина

водойми по дну, m — потужність водоносного шару), значення фільтраційних опорів пропонується приймати за наближеними залежностями. В літературі недостатньо уваги приділяється тришаровій водоносній товщі, хоча така геологічна будова досить широко розповсюджена по території України та значна кількість цієї території знаходиться у зоні періодичного зволоження та характеризується значними процесами підтоплення.

Завищені значення фільтраційних опорів призводять до зменшення розрахункових значень рівня ґрунтових вод.

Таким чином, існує потреба у встановленні границь застосування формул, рекомендованих літературою, в залежності від гідрогеологічних умов області фільтрації.

Мета даної роботи — дослідити зміни значень фільтраційних опорів на недосконалість вскриття водоносного горизонту за рекомендованими формулами (1)—(5) при різних гідрогеологічних умовах фільтрації для подальшого їх використання при прогнозуванні рівня ґрунтових вод підтоплених територій.

Формули для розрахунку фільтраційних опорів у випадках широких водойм рекомендовано приймати за формулами [1—3]:

- для одношарової водоносної товщі:

$$\Delta L = 0,44m \tag{1}$$

- для двошарової водоносної товщі:

за умови $k_2 / k_1 \geq 10$

$$\Delta L = \sqrt{\frac{k_2 m_2 m_e}{k_1}}; \quad (2)$$

за умови $1 \leq k_2 / k_1 < 10$

$$\Delta L = 0,5(h_e + m_2 + m_e \sqrt{\frac{k_2}{k_1}}); \quad (3)$$

за умови $\frac{k_2}{k_1} \leq 1$

$$\Delta L = 0,5(h_e + m_e + m_2 \frac{k_2}{k_1}) \quad (4)$$

- для тришарової водоносної товщі:

$$\Delta L = \frac{T}{T_1} \Delta L_1 - 0,5 \frac{T_3}{T_1} B_k + \frac{T_3}{T_1 c} (1 - c \overline{B}_k \Delta L_1) \quad (5)$$

В цих формулах: ΔL — фільтраційний опір водойми; m_e — потужність верхнього водоносного шару; m_2 — потужність другого шару; h_e — глибина води у водоймі; k_1, k_2 — коефіцієнти фільтрації першого і другого шару водоносної товщі відповідно.

На основі аналізу існуючих методик по визначенню фільтраційних опорів були побудовані залежності $\Delta L = f(B_k / m)$, які представлені на рис. 1, 2.

На рис. 1 представлені розраховані значення фільтраційних опорів для двошарової та одношарової водоносної товщі. При цьому: зона I — приток розраховується по аналогії з круглою дренаю для випадку відкритих каналів з малою шириною каналу до дна для $B_k / m \leq 0,5$; зона II — для каналів середніх розмірів $0,5 < B_k / m < 5$; зона III — для каналів великих розмірів для $B_k / m \gg 5$.

На рис. 2 представлені розраховані залежності $\Delta L = f(B_k / m)$ за формулами, наведеними в [1–3] для двошарової водоносної товщі при різних співвідношеннях коефіцієнтів фільтрації водоносних шарів.

На рис. 3 представлені розраховані залежності $\Delta L = f(B_k / m)$ за формулою (5) [1, 2, 3] за умови, що перший та третій водоносні шари є добрепроникними, а коефіцієнт фільтрації 2-го водоносного шару — слабопроникний.

Проведені розрахунки дають змогу зробити наступні висновки:

- Фільтраційні опори $\Delta L = f(B_k / m)$ на недосконалість вскриття водоносної товщі у випадку одношарової та двошарової геологічної будови мають практично однаковий характер зміни. При співвідношенні $k_2 / k_1 \leq 1$ зі збільшенням ширини каналу збільшується значення фільтраційного опору при інших однакових значеннях; при $k_2 / k_1 > 1$, навпаки, зменшується; при $k_2 / k_1 > 5$ — залишається незмінним.

- Для однорідної товщі значення ΔL практично залишається незмінним, починаючи від значення $B_k / m \geq 0,9$, і його значення можна розраховувати за формулою (1);

- Для двошарової водоносної товщі значення ΔL розраховується за формулою (1) при $B_k / m > 5$;

- Порівняльний аналіз значень фільтраційних опорів для одношарової та двошарової водоносних горизонтів при однакових інших умовах показав, що значення фільтраційних опорів у першому випадку є дещо більшими у порівнянні зі значеннями фільтраційних опорів для двошарової водоносної товщі;

- У випадку тришарової водоносної товщі значення фільтраційних опорів залежать від коефіцієнту фільтрації середнього слабопрониклиго шару (k_2). Причому значення фільтраційних опорів водоюми сильно збільшується за умови зменшення коефіцієнту фільтрації слабопрониклиго водоносного шару (рис. 3).

Розглянемо викладені міркування на прикладі схеми симетричного відтоку з каналу за умови відсутності приканального дренажу [6] (рис. 4).

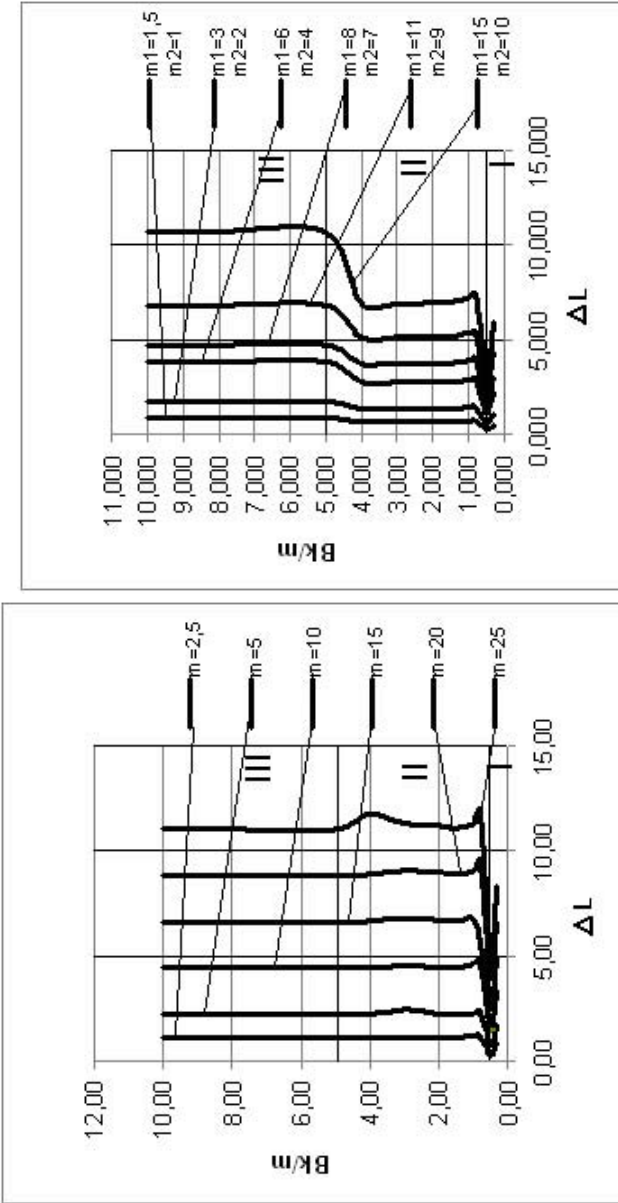


Рис. 1. Значення фільтраційних опорів: а) для двохшарової водоносної товщі;

б — значення фільтраційних опорів для одношарової водоносної товщі.

При цьому: зона I — приток розраховується по аналогії з круглою дренаю для випадку відкритих

каналів з малою шириною каналу до дна для $B_k / m \leq 0,5$;

зона II — для каналів середніх розмірів $0,5(B_k / m) < 5$;

зона III — для каналів великих розмірів для $B_k / m >> 5$.

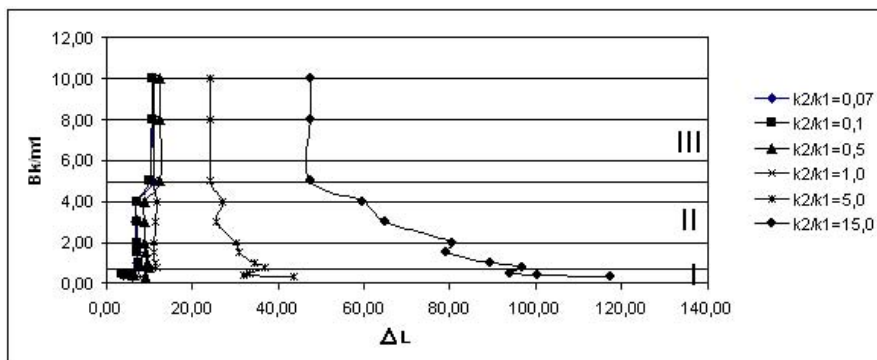


Рис. 2. Значення фільтраційних опорів $\Delta L = f(k_2 / k_1)$ для двошарової будови водоносного горизонту

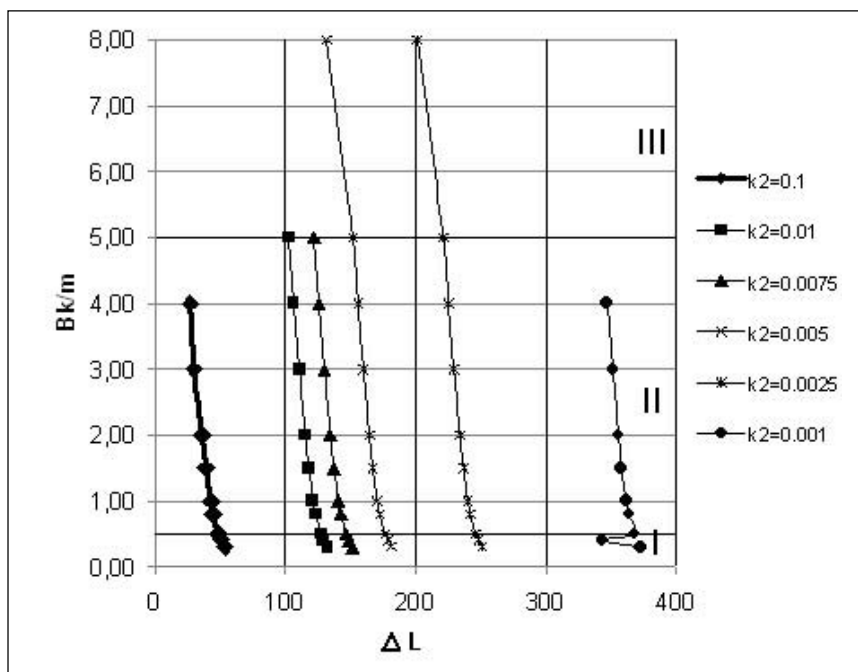


Рис. 3. Значення фільтраційних опорів для тришарової водоносної товщі

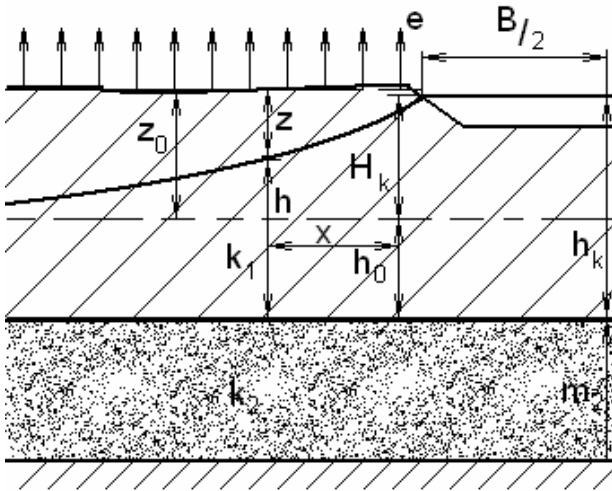


Рис. 4. Розрахункова схема відтоку з каналу

В даному випадку при визначенні відтоку каналу використовується формула [6]:

$$q_k = T \frac{H_k}{\Delta L + \sqrt{\frac{Tz_0}{\epsilon_0}}}, \quad (6)$$

де $H_k = h_k - h_0$, h_0 — рівень ґрунтових вод, при якому $\epsilon = 0$, T — середня провідність водоносної товщі.

Фільтраційний опір ΔL каналу на недосконалість вскриття водоносного горизонту для даної схеми визначаємо за побудованими графіками на рис. 1–3.

$$\Delta L = \Delta L' + 2\Delta L'' \cdot \quad (7)$$

Порівняльні розрахунки фільтраційних відтоків з каналу зведено в таблицю 1.

Таблиця 1 — Приклади розрахунку
фільтраційних відтоків з каналу

B_k / m_1	$m_1, \text{м}$	$m_2, \text{м}$	$k_1, \text{м/добу}$	$k_2, \text{м/добу}$	$\Delta L^*, \text{м}$	$\Delta L^{**}, \text{м}$	$q_k^*, \text{м}^2/\text{добу}$	$q_k^{**}, \text{м}^2/\text{добу}$
0,3	15	10	1,5	0,01	5,89	8,27	0,464	0,442
0,3	15	10	0,1	1,5	118,0	8,27	0,284	0,369
0,4	15	10	1,5	0,01	3,98	6,2	0,466	0,444
0,4	15	10	0,1	1,5	100,4	6,2	0,294	0,371
0,5	15	10	1,5	0,01	3,44	5,06	0,466	0,445
0,5	15	10	0,1	1,5	93,95	5,06	0,298	0,372
0,8	15	10	1,5	0,01	10,57	17,02	0,46	0,433
0,8	15	10	0,1	1,5	179,75	17,02	0,252	0,361
1,0	15	10	1,5	0,01	9,52	16,09	0,454	0,434
1,0	15	10	0,1	1,5	159,5	16,09	0,262	0,362
1,5	15	10	1,5	0,01	8,095	12,59	0,452	0,438
1,5	15	10	0,1	1,5	125,8	12,59	0,279	0,365
2,0	15	10	1,5	0,01	7,49	12,06	0,448	0,438
2,0	15	10	0,1	1,5	129,0	12,06	0,277	0,365
3,0	15	10	1,5	0,01	7,054	11,74	0,448	0,438
3,0	15	10	0,1	1,5	85,1	11,74	0,303	0,366
4,0	15	10	1,5	0,01	6,952	12,5	0,448	0,438
4,0	15	10	0,1	1,5	52,0	12,5	0,327	0,365
5,0	15	10	1,5	0,01	10,67	11,0	0,444	0,439
5,0	15	10	0,1	1,5	47,43	11,0	0,33	0,366
8,0	15	10	1,5	0,01	10,67	11,0	0,448	0,439
8,0	15	10	0,1	1,5	47,43	11,0	0,33	0,366
10,0	15	10	1,5	0,01	10,67	11,0	0,448	0,439
10,0	15	10	0,1	1,5	47,43	11,0	0,33	0,366

Примітка: ΔL^* - фільтраційний опір розрахований за формулами для двошарового ґрунту; ΔL^{**} — фільтраційний опір розрахований для осередненого однорідного ґрунту; q_k^* — відтік від каналу для двошарового ґрунту; q_k^{**} — відтік від каналу для осередненого однорідного ґрунту.

Використовуючи раніше отримані залежності зміни значень фільтраційних опорів при різних значеннях коефіцієнтів фільтрації та потужностей водоносного горизонту можна зробити наступні висновки:

1. Зі збільшенням ширини каналу збільшується значення фільтраційного опору, а отже значення розрахункових рівнів ґрунтових вод буде зменшуватись.

2. Спрощення будови водоносного горизонту до одношарового у випадку $k_2/k_1 \leq 1$ веде за собою завищення значень фільтраційних опорів, що є небажаним, оскільки при розрахунках рівня ґрунтових вод призведе до їх занижених значень

(див. табл. 1); у випадку $k_2/k_1 > 1$ спрощення будови водоносного горизонту до одношарового веде за собою заниження значень фільтраційних опорів і в таких випадках розрахунок рівня ґрунтових вод відповідно проводиться з деяким запасом.

3. Проведений попередній аналіз показав, що врахування величини фільтраційних опорів при розрахунках підтоплення берегових територій водосховищами потребує подальших досліджень при різних гідрогеологічних умовах та різних режимах фільтрації.

* * *

1. Олейник А.Я. Геогидродинамика дренажа / А.Я. Олейник — К.: Наук. думка, 1981. — 284 с.

2. Олейник А.Я. Фильтрационные расчеты вертикального дренажа / А.Я. Олейник. — К.: Наук. думка, 1978. — 202 с.

3. Олейник А.Я. Дренаж переувлажненных земель / А.Я. Олейник, В.Л. Поляков. — К.: Наук. думка, 1987. — 280 с.

4. Аравин В.И. Фильтрационные расчеты гидротехнических сооружений / В.И. Аравин, С.Н. Нумеров. — Л.—М.: Стройиздат, 1955. — 292 с.

5. Шестаков В.М. Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа / В.М. Шестаков. — М.: Издательство МГУ, 1965. — 234 с.

6. Ляшко И.И. Расчет фильтрации в зоне гидросооружений / И.И. Ляшко, Г.Е. Мистецкий, А.Я. Олейник. — К.: Будівельник, 1980. — 153 с.

Отримано: 17.06.2010 р.