

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**



**ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра гідрогеології та інженерної геології**

**РОЗРАХУНОК ВТРАТ ВОДИ З КАНАЛУ І ВИЗНАЧЕННЯ
ПРОГНОЗНОГО ПОЛОЖЕННЯ РІВНЯ ҐРУНТОВИХ ВОД В
УМОВАХ ЗРОШЕННЯ**

**Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт з дисципліни
«Меліоративна гідрогеологія»**

для студентів напрямку підготовки 6.040103 Геологія

Дніпропетровськ
НГУ
2015

Розрахунок втрат води з каналу і визначення прогнозного положення рівня ґрунтових вод в умовах зрошення. Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Меліоративна гідрогеологія» для студентів напряму підготовки 6.040103 Геологія / О.О. Подвігіна, А.М. Загриценко. – Д.: ДВНЗ Національний гірничий університет, 2014. – 19 с.

Автори:

А.М. Загриценко, канд. техн. наук, доц. (розд. 1, 3, 4)

О.О. Подвігіна, канд. техн. наук, доц. (розд. 2, 5, 6)

Затверджено до видання редакційною радою ДВНЗ «НГУ» (протокол № від 25.02.2015) за поданням методичної комісії напряму підготовки 6.040103 Геологія (протокол № 3 від 16.12.2014)

Призначено для виконання лабораторних робіт студентами напряму 6.040103 Геологія під час вивчення дисципліни «Меліоративна гідрогеологія».

Розглянуто види і способи зрошення, стадії фільтрації води з каналу, методика розрахунку втрат води з каналу і прогнозного положення рівня ґрунтових вод в умовах зрошення.

Орієнтовано на підвищення ефективності виконання лабораторних робіт студентами.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри гідрогеології та інженерної геології д-р техн. наук, проф. Д.В. Рудаков.

Загальні положення

При зрошувальному землеробстві живлення підземних вод відбувається як за рахунок атмосферних опадів так і фільтраційних втрат з каналів при транспортуванні води та при поливах безпосередньо на полях зрошення. Це призводить до підйому рівня ґрунтових вод, що супроводжується зміною мінералізації і структури фільтраційного потоку, утворенням іригаційних «бугрів». Швидкість підвищення рівня ґрунтових вод залежить від інтенсивності іригаційної фільтрації, геологічної будови і гідрогеологічних умов території, фільтраційних властивостей водовмісних ґрунтів.

Значні фільтраційні втрати зі зрошувальних каналів призводять до підтоплення території, що характеризується зменшенням потужності зони аерації і об'єму її вільної гідроємності, перезволоженням ґрунтів у зоні аерації, визначальним впливом рівня ґрунтових вод на гідрогеологічний режим території, погіршенням характеристик ґрунтів.

1. Види і способи зрошення

У гідромеліоративній практиці за тривалістю дії використовують регулярно діюче або разове зрошення.

Регулярно діюче зрошення характеризується поданням на зрошувані землі необхідної кількості води завжди в разі потреби. Система регулярно діючого зрошення може бути самопливна або з механічною подачею води на зрошувальну територію.

Разове або однократно діюче зрошення за рахунок паводкових річкових вод називається паводковим, а при зволоженні ґрунтово-рослинного шару водами інтенсивного весняного поверхневого стоку – лиманним.

За призначенням розрізняють зволожувальне, удобрювальне та спеціальні види зрошення.

Зволожувальне зрошення проводять з метою створення у ґрунтово-рослинному шарі такого режиму вологості, який потрібен для забезпечення сталих врожаїв сільськогосподарських культур. Цей вид зрошення застосовують найчастіше. Залежно від джерела живлення, кліматичних умов і виду зрошувальних культур зволожувальне зрошення може бути регулярно діючим або разовим.

Удобрювальне зрошення передбачає подачу до ґрунтово-рослинного шару одночасно з водою поживних речовин або кисню. Для цього використовують стічні каналізаційні води; річкові води; води з розчиненими мінеральними й органічними добривами.

До спеціальних видів зрошення належить утеплювальне зрошення, тобто полив теплою водою для зігрівання ґрунтово-рослинного шару, а також ґрунтово-очисне зрошення, яке проводять для вимивання з ґрунту токсичних солей та для боротьби зі шкідниками рослин.

При цьому застосовуються різні способи подачі і розподілу зрошувальної води.

Перший спосіб полягає в розподілі зрошувальної води безпосередньо на поверхні ґрунтово-рослинного шару – це поверхневе зрошення.

Другий спосіб, коли джерело зрошувальної води знаходиться на відстані від поверхні землі й зрошення відбувається у вигляді штучного дощу або окремих крапель, які утворюються поливними технічними засобами і технікою. Це дощування і краплинне зрошення.

Третій спосіб полягає у підведенні води не з поверхні, а знизу по закладених у ґрунті трубах. Цей спосіб називається підґрунтовим зрошенням.

2. Стадії фільтрації води з каналу

Зрошувальні канали призначені для транспортування води від місця водозабору до місця поливу. Втрати води із зрошувальних каналів спричиняють додаткове живлення ґрунтових вод і підйом рівня підземних вод. Вплив фільтрації води із каналів на ґрунтові води прилеглих територій залежить від величини заглиблення каналу в водопроникний пласт, коефіцієнту фільтрації водоносної товщі, ступеня замулення ложа каналу, висоти шару води і швидкості її течії в каналі, тривалості роботи каналу та інших причин.

Втрати води з каналів сягають значних розмірів і можуть дорівнювати 60 – 70 % від загальної кількості води, що надходить для зрошення.

Процес підйому рівня ґрунтових вод на прилеглий до каналу території розвивається в три стадії.

Перша – вільна фільтрація або просочування (рис. 1), коли вода рухається вниз через дно та стінки каналу від впливом гравітаційних сил і сил взаємодії трьох середовищ «вода-порода-повітря». Ця стадія продовжується доки вода, яка рухається з каналу, не досягне верхньої межі капілярної кайми.

Фільтраційні втрати з каналу визначаються за формулою

$$Q_{\phi} = \overline{Q_{\phi}} \left(1 + \frac{b}{\sqrt{t}} \right), \overline{Q_{\phi}} = k_e \left(1 + 0.5 \frac{H_k}{B} \right) (B + 2h_0) \quad (3.1)$$

де k_e – коефіцієнт вологопереносу, що характеризує швидкість руху вологи в породах зони аерації, м/доб; t – час роботи каналу, доб; h_0 – глибина заповнення каналу, м; B – ширина каналу на урізі води, м; H_k – висота зони капілярної кайми, м; b – параметр насичення, що дорівнює

$$b \approx 0,6 \sqrt{\frac{\theta_e H_k + 1,4h_0}{k_e}} \quad (3.2)$$

Коефіцієнт вологопереносу визначається за формулою С.Ф.Авер'янова

$$k_e = k \left(\frac{\theta_e - \theta_{mm}}{\theta_n - \theta_{mm}} \right)^n, \quad (3.3)$$

де θ_e , θ_{mm} , θ_n – вологоємність порід у природному стані, максимальна молекулярна і повна, k – коефіцієнт фільтрації при повному водонасиченні, n – емпіричний коефіцієнт (дорівнює 3,5).

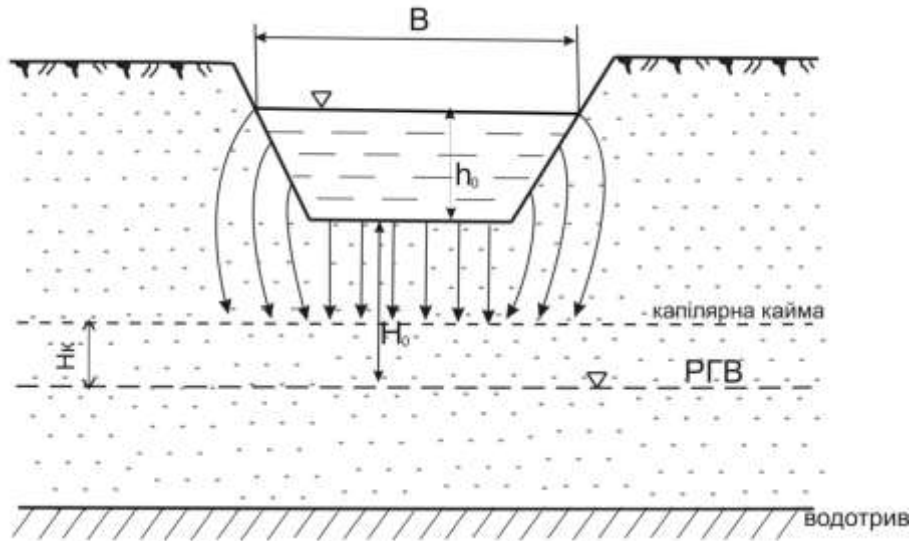


Рис. 1. Перша стадія фільтрації води з каналу

Тривалість стадії насичення визначається за формулою

$$t_1 = \frac{\mu}{k_e} (H_0 - H_k), \quad (3.4)$$

де H_0 – потужність зони аерації під каналом, м; μ – коефіцієнт водовіддачі, часток одиниці.

Друга стадія (рис. 2) починається з моменту зімкнення фільтраційного потоку з капілярною каймою. З цього моменту починає діяти «капілярний скид» - ефект Лебедева. Дві кайми знизу і зверху з'єднуються і зайву воду, яку не може утримати ґрунт скидають на рівень ґрунтових вод (формується «бугор» ґрунтових вод). Друга стадія продовжується, доки не зникне зона неповного водонасичення між рівнем ґрунтових вод і поверхнею води в каналі.

Висота «бугра» ґрунтових вод $[H_0]$:

$$[H_0] = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \frac{b \overline{Q_\phi}}{\sqrt{kh_{cp} \mu}}, \quad h_{cp} = \frac{h_{min} + h_{max}}{2}, \quad (3.5)$$

де h_{cp} – середня потужність ґрунтового потоку під каналом h_{min} – потужність водоносного горизонту до наповнення каналу, м; h_{max} – максимальна потужність водонасиченої частини, м; μ – коефіцієнт нестачі водонасичення, часток одиниці.

Зміни рівня ґрунтових вод Δh під каналом визначаються за формулою

$$\Delta h = \frac{\overline{Q_\phi}}{\sqrt{\pi h_{cp} \mu}} \sqrt{t + [H_0]}. \quad (3.6)$$

Сумарні фільтраційні витрати води з каналу у першу і другу стадії фільтрації дорівнюють

$$v_{1-2} = \overline{Q}_\phi \left(1 + \frac{2b}{\sqrt{t_1 + t_2}} \right) (t_1 + t_2), \quad (3.7)$$

де t_2 – тривалість другої стадії фільтрації визначається як

$$t_2 = \frac{\pi^2}{4} b^2 \left[\frac{H_0}{[H_0]} - 1 \right]^2, \text{ діб.} \quad (3.8)$$

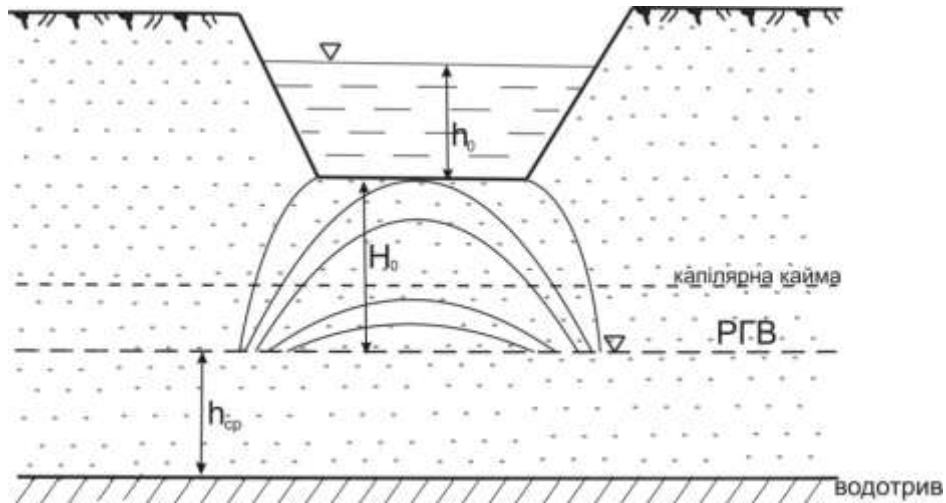


Рис. 2. Друга стадія фільтрації води з каналу

З моменту зникнення зони неповного водонасичення між рівнем ґрунтових вод і поверхнею води в каналі починається третя стадія – розтікання іригаційного «бугра» (рис. 3). Вона характеризується підвищенням рівня ґрунтових вод на прилеглих територіях.

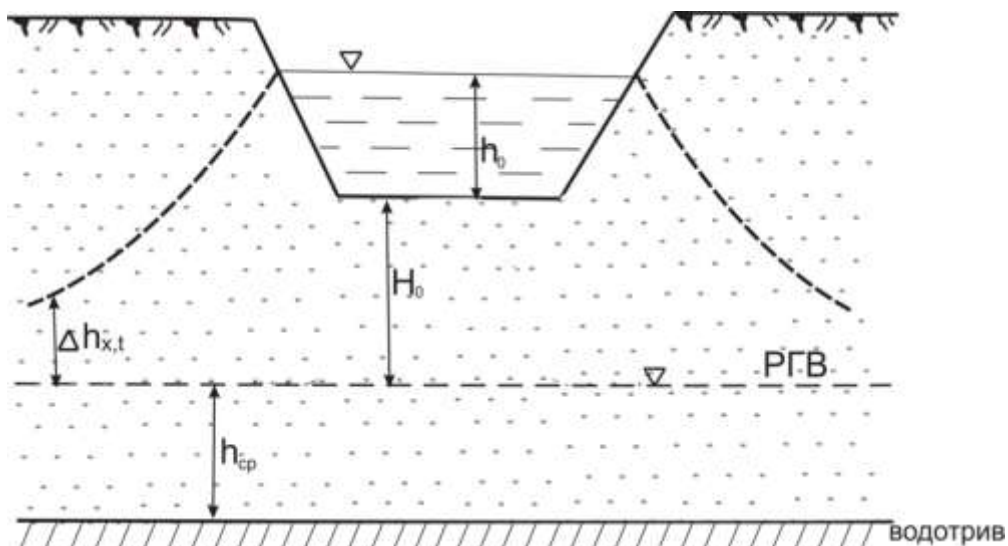


Рис. 3. Третя стадія фільтрації води з каналу

Витрата води з каналу для обмеженого потоку довжиною L розраховують за формулою

$$\overline{Q}_D = \frac{kh_{cp}(H_0 + h_0)}{L + \frac{(H_0 - B)}{2}} \quad (3.9)$$

Для необмежених ґрунтових потоків із середнім градієнтом I_0 витрата з каналу дорівнює

$$\overline{Q}_D = kI_0(H_0 + h_{cp}). \quad (3.10)$$

Сумарні фільтраційні втрати з каналу визначаються як

$$v_3 = 4kh_{cp} \frac{H_0 + h_0}{\sqrt{\pi a}} (\sqrt{t_2 + t_3} - \sqrt{t_2}), \quad (3.11)$$

де a – коефіцієнт рівнепровідності, $a = kh_{cp}/\mu$, м²/доб.

Для встановлення існування стадії фільтрації використовують співвідношення глибини залягання рівня ґрунтових вод H_0 , висоти іригаційного «бугра» $[H_0]$, фільтраційної витрати \overline{Q}_ϕ і \overline{Q}_D (табл.1).

Таблиця 1

Критерії існування різних стадій фільтрації під каналом

Критерії	$\overline{Q}_\phi > \overline{Q}_D$	$\overline{Q}_\phi < \overline{Q}_D$
$H_0 > [H_0]$	послідовно існують усі три стадії	існують тільки перша і друга стадії
$H_0 \leq [H_0]$	відразу настає третя стадія	–
$H_0 \gg [H_0]$	існує тільки перша стадія	–.

Зниження втрат води з каналів та іригаційних систем є обов'язковим інженерно-меліоративним заходом підвищення ефективності іригаційного використання водних ресурсів і регулювання режиму ґрунтових вод. Способи запобігання втратам води на фільтрацію з іригаційних систем і заходи боротьби з цими втратами поділяють на дві групи: конструкційні та експлуатаційні.

До перших належать:

- проектування профілю каналів, що забезпечують найменшу кількість втрат води;
- застосування закритих систем, краплинного зрошення, обладнання лоткової мережі, застосування покриттів з бетону, асфальту, бітуму, рідкого скла, солей натрію, глини, поліетиленових плівок.

Основними експлуатаційними заходами запобігання втратам води з каналів є:

- планове водокористування,
- своєчасний ремонт і очистка каналів від заростання,
- розпушування потрісканих поверхонь каналів перед наповненням,
- оптимізація довжини внутрішньогосподарської мережі,
- недопущення форсованих витрат і скидів.

Найбільші втрати води спостерігаються в земляних виїмкових руслах на початковому періоді експлуатації каналів. Потім, внаслідок кольматації та ущільнення ложа при замочуванні, втрати знижуються. Для каналів,

прокладених у насипах, характерне збільшення втрат з часом внаслідок виникнення кротовин землерийних тварин, ходів кореневої системи рослин та розчинення нестійких складових ґрунтів насипів в процесі хімічної суфозії. Комплексна дія цих факторів може привести до деформації іригаційної мережі. Фільтраційні втрати з каналів збільшуються також після очистки їх від наносів та зменшуються в процесі утворення нових намулів. Загальні втрати води з каналу на одиницю довжини визначають як суму втрат на фільтрацію і випаровування.

3. Приклад розрахунку втрат води з каналу

Постановка задачі.

Магістральний канал довжиною $L = 20$ км закладений в пісках конусу виносу з коефіцієнтом фільтрації $k = 5$ м/добу. Потужність ґрунтових вод під каналом $h_{cp} = 30$ м, глибина до рівня вод $H_0 = 20$ м, ширина каналу на урізі $B = 10$ м, глибина каналу $h_0 = 1,5$ м. Природний ухил потоку ґрунтових вод $I_0 = 0,01$. Водно-фізичні властивості порід зони аерації: висота капілярного підняття $H_k = 0,2$ м, повна вологоємність $\theta_n = 0,4$, максимальна молекулярна вологоємність $\theta_{mm} = 0,1$, початкова вологість порід $\theta_e = 0,34$.

Необхідно: 1. Визначити періоди існування різних стадій фільтрації води з каналу. 2. Розрахувати фільтраційні втрати на першій і другій стадіях у разі їх існування. 3. Розрахувати сумарні фільтраційні втрати з каналу через 125 днів після початку третьої стадії фільтрації. 4. Розрахувати величину підйому рівня ґрунтових вод на відстані $x = 100$ м; 50 м; 10 м від каналу через 125 днів після початку третьої стадії фільтрації у випадку, якщо існує тільки перша стадія, то розрахувати величину підйому рівня ґрунтових вод на відстані $x = 100$ м; 50 м; 10 м від каналу на кінець першої стадії фільтрації. Схема до розрахунку фільтрації води з каналу приведена на рис. 4.

Хід розрахунку:

1. Для визначення стадій фільтрації необхідно знайти значення \bar{Q}_ϕ , \bar{Q}_d і $[H_0]$ за формулами (3.1), (3.5), (3.10). Попередньо визначаємо значення μ , b (3.2) і k_g (3.3):

$$\mu = \theta_n - \theta_{mm} = 0,4 - 0,1 = 0,3;$$

$$k_g = 5 \left(\frac{0,34 - 0,1}{0,4 - 0,1} \right)^{3,5} = 2,25 \text{ м/добу};$$

$$b = 0,6 \sqrt{\frac{0,34 \cdot 0,2 + 1,4 \cdot 1,5}{2,25}} = 0,59 \text{ добу}^{1/2};$$

$$\bar{Q}_\phi = 2,25 \left(1 + 0,5 \frac{0,2}{10} \right) (10 + 2 \cdot 1,5) = 29,5 \text{ м}^3/\text{добу};$$

$$[H_0] = \frac{\sqrt{3,14}}{2} \frac{0,59 \cdot 29,5}{\sqrt{5 \cdot 30 \cdot 0,3}} = 2,3 \text{ м};$$

$$\overline{Q}_d = 5 \cdot 0,01(20 + 30) = 2,5 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Із співвідношення критеріїв, коли $H_0 > [H_0]$ і $\overline{Q}_\phi > \overline{Q}_d$ існують усі три стадії фільтрації.

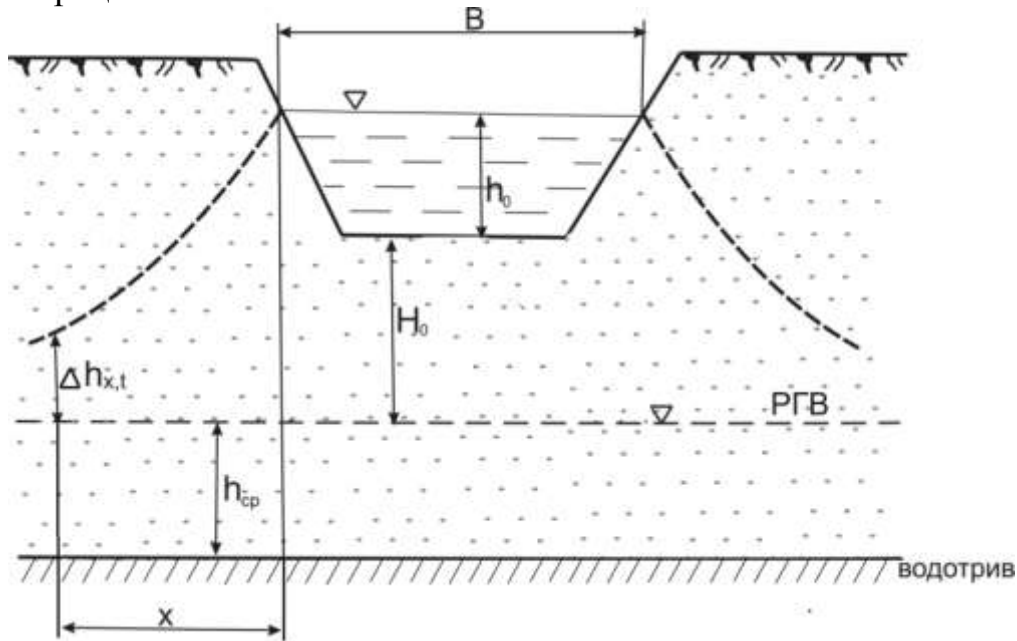


Рис. 4. Схема до розрахунку фільтрації води з каналу

2. Для того, щоб встановити фільтраційні втрати на першій і другій стадії необхідно визначити тривалість цих стадій t_1 (3.4) і t_2 (3.8):

$$t_1 = \frac{0,3}{2,25} (20 - 0,2) = 2,7 \text{ діб};$$

$$t_2 = \frac{3,14^2}{4} 0,59^2 \left[\frac{20}{2,3} - 1 \right]^2 = 50,8 \text{ діб}.$$

Фільтраційні втрати на 1 м довжини каналу за час $t_1 + t_2 = 53,5$ діб складають (3.7):

$$v_{1-2} = 29,5 \left(1 + \frac{20,59}{\sqrt{53}} \right) \cdot 53 = 1817 \text{ м}^3.$$

Фільтраційні втрати за довжиною каналу

$$v_{\text{сум},1-2} = 1817 \cdot 2 \cdot 10^4 = 3,63 \cdot 10^7 \text{ м}^3.$$

3. Фільтраційні втрати через 125 діб після початку третьої стадії фільтрації на 1 м довжини каналу (3.11):

$$v_3 = 4 \cdot 5 \cdot 30 \frac{20 + 1,5}{\sqrt{3,14 \cdot 500}} (\sqrt{175,8} - \sqrt{50,8}) = 1986 \text{ м}^3.$$

Сумарні фільтраційні втрати за довжиною каналу дорівнюють:

$$v_{\text{сум},3} = 1986 \cdot 2 \cdot 10^4 = 3,97 \cdot 10^7 \text{ м}^3.$$

Підйом рівня ґрунтових вод на третій стадії фільтрації визначається за формулою

$$\Delta h_{x,t} = \Delta h^0 \cdot \operatorname{erfc}(\lambda); \text{ де } \lambda = \frac{x}{2\sqrt{a \cdot t}} = \frac{100}{2\sqrt{500 \cdot 125}} = 0,2;$$

у даному випадку

$$\Delta h^0 = H_0 + h_0 = 20 + 1,5 = 21,5 \text{ м};$$

$$\Delta h_{100,125} = 21,5 \cdot \operatorname{erfc}(0,2) = 21,5 \cdot 0,777 = 16,7 \text{ м}.$$

Значення функції $\operatorname{erfc}(\lambda)$ наведено у додатку 1.

4. Прогноз підтоплення території при зрошенні земель

Просочування іригаційної води (вода, що використовується при зрошенні) до ґрунту, гірських порід та рух її по капілярних порах і пустотах до рівня ґрунтових вод називають іригаційною інфільтрацією. Її вплив на положення рівня ґрунтових вод залежить від її інтенсивності ξ , тривалості дії, розміру та форми зрошувальної ділянки. Величина ξ сумарно враховує інтенсивність просочування зрошувальних вод через зону аерації і фільтраційні втрати зі зрошувальної мережі на даній території і визначається

$$\xi = 10^{-4} f M / \Delta t_m \quad (5.1)$$

де M – нормативна кількість зрошувальних вод на одиницю площі, $\text{м}^3/\text{га}$; f – безрозмірний коефіцієнт, який для різних меліоративно-гідрогеологічних умов змінюється від 0,05 до 0,25 - 0,35 та більше (приймають на основі даних досвіду експлуатації зрошуваних масивів, що знаходяться в аналогічних умовах); Δt_m – тривалість періоду, якому відповідає норма M , доб.

Розподіл іригаційної інфільтрації за площею визначається розташуванням, розмірами та конфігурацією ділянок. Найчастіше вони правильної геометричної форми, наближеної до прямокутника. Проте зрошувані масиви зазвичай мають складні планові обриси.

Ураховуючи вищенаведене, приймаємо за основну розрахункову схему – прямокутна ділянка інфільтрації з співвідношеннями розмірів її сторін $2b$ і $2l$ (рис. 5). Початок координат поєднаний з центром зрошувальної ділянки, тобто з центром прямокутника.

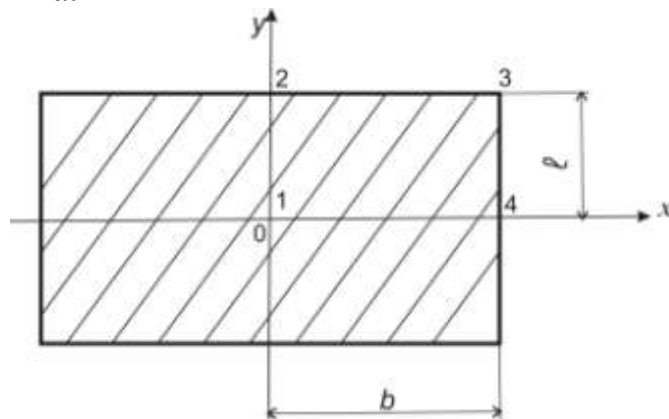


Рис. 5. Форма зони іригаційної фільтрації у необмеженому пласті (прямокутна ділянка, початок координат поєднаний з центром прямокутника)

Прогнозне збільшення рівня ґрунтових вод Δh при $\xi = \text{const}$ розраховується за залежністю

$$\Delta h(x, y, t) = 0,25 \xi t / \mu [I(\eta_x, m_1) - I(\eta_x, m_2) - I(\xi_x, m_3) - I(\xi_x, m_4)] \quad (5.2)$$

де x, y – координати розрахункової точки планової області, м; ξ – розрахункова інтенсивність іригаційної інфільтрації, м/доб; t – тривалість прогнозного періоду, доб; μ – коефіцієнт ємності ґрунту у зоні аерації.

Аргумент функції I визначається як

$$I(\lambda, m) = 2 \lambda^2 \operatorname{erfc}(\xi) \operatorname{erfc}(m \xi) \xi^{-3} d \xi, \quad (5.3)$$

де $\lambda = \eta_x \xi_x$; $m = m_1, m_2, m_3, m_4$

$$\eta_x = \frac{x+b}{2\sqrt{at}}; \xi_x = \frac{x-b}{2\sqrt{at}}; m_{1,2} = \frac{y \pm l}{x+b}; m_{3,4} = \frac{y \pm l}{x-b}$$

де b, l – геометричні параметри ділянки інфільтрації, м; a – коефіцієнт рівнепровідності товщі порід, м²/доб.

Значення $I(\lambda, m)$ для практичного використання наведені у додатку 2.

Для розрахунку величини підйому рівня у точках 1 – 4 зрошувальної ділянки (рис. 5) використовують залежність

$$\Delta h_i(t) = r \xi t \mu^{-1} I(n\lambda, sm), \quad (5.4)$$

де r, n, s – числові коефіцієнти, які залежать від номера точки i : $r = 1, n = 1, s = 1$ при $i = 1$; $r = 0,5, n = 1, s = 2$ при $i = 2$; $r = 0,25, n = 2, s = 1$ при $i = 3$; $r = 0,5, n = 2, s = 0,5$ при $i = 4$; $\lambda = b/2 \sqrt{at}$; $m = l/b$.

Максимальне підвищення рівня спостерігається в центрі ділянки (точка 1). Процес підйому рівня при $\xi = \text{const}$ не припиняється в часі й може наближатися до поверхні землі призводячи до підтоплення території.

Для розрахунку Δh в центрі прямокутної в плані ділянки інфільтрації і на прилеглій до неї території зручно користуватися схемою смугової інфільтрації (рис. 6).

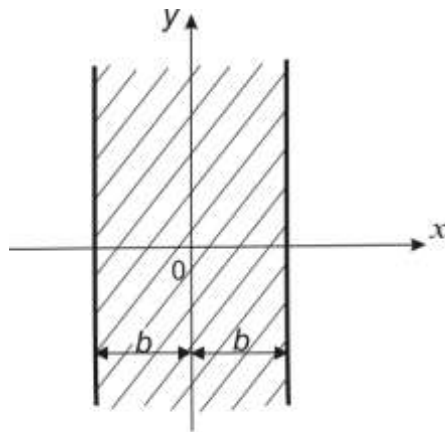


Рис. 6. Форма зони іригаційної фільтрації у необмеженому пласті (ділянка у вигляді смуги)

Розрахункова формула має вид

$$\Delta h(x, t) = 2 \xi t / \mu [i^2 \operatorname{erfc}(\xi_x) - i^2 \operatorname{erfc}(\eta_x)] \quad (5.5)$$

де $i^2 \operatorname{erfc}(\lambda)$ – спеціальна функція значення якої наведені у додатку 1.

5. Приклад розрахунку прогнозного положення рівня ґрунтових вод в умовах зрошення

Постановка задачі.

Масив зрошення розташований в межах вододілу й характеризується рівним рельєфом, у плані має форму прямокутника розміром 2×5 км. Природний рівень ґрунтових вод залягає на глибині 10 м від поверхні землі. Водонесна товща має середню потужність $h_{cp} = 30$ м і представлена супісками і пісками з середнім коефіцієнтом фільтрації $k_{cp} = 3$ м/доб. Коефіцієнт ємності ґрунту у зоні аерації $\mu = 0,15$, коефіцієнт рівнепровідності товщі $a = 400$ м²/доб, проектна зрошувальна норма $M = 6000$ м³/га (з урахуванням усіх видів поливів), критична глибина залягання рівня ґрунтових вод $H_{кр} = 2,5$ м.

Необхідно: Скласти довгостроковий прогноз формування рівня ґрунтових вод в умовах зрошення з метою оцінки потенційного підтоплення території.

Хід розрахунку:

Розрахункова схема – прямокутна ділянка інфільтрації у однорідному необмеженому пласті. Початок координат є центром зрошувальної ділянки, вісь X проведена паралельно його довгій стороні і тоді $b = 2500$ м, $l = 1000$ м (рис. 5). Використовуючи додаток 2 розраховуємо (5.2) підйом ґрунтових вод у межах зрошувальної ділянки і на прилеглий території за 1, 2, 5, 10 і 15 років експлуатації зрошувальної системи. Розрахункові точки області фільтрації в плані задаємо з кроком 500 м за віссю Ox і Oy .

Для визначення інтенсивності іригаційного живлення ξ приймемо за аналогією з сусідніми районами зрошення, що втрати зрошувальних вод на живлення ґрунтового потоку складають 20 % зрошувальної норми тобто $f = 0,2$. Знаходимо інтенсивність іригаційного живлення (5.1)

$$\xi = \frac{0,2 \cdot 6000}{365 \cdot 10000} \approx 33 \cdot 10^{-5} \text{ м/доб.}$$

Розраховуємо підйом рівня Δh у точці з координатами $x = 1000$ м, $y = 500$ м при $t = 10$ років = 3650 доб. Для цього знайдемо значення аргументів функції I за (5.3): $\eta_x = 1,45$; $\xi_x = -0,62$; $m_1 = 0,429$; $m_2 = -0,143$; $m_3 = -1,0$; $m_4 = 0,333$.

Використовуючи додаток 2, отримуємо

$$I(\eta_x, m_1) = I(1,45; 0,429) = 0,79;$$

$$I(\eta_x, m_2) = I(1,45; -0,143) = -0,36;$$

$$I(\xi_x, m_3) = I(-0,62; -1,0) = -0,66;$$

$$I(\xi_x, m_4) = I(-0,62; 0,333) = 0,33.$$

Тоді підвищення рівня дорівнюватиме (5.2) $\Delta h = 4,28$ м.

Аналогічно визначаємо величину Δh в інших розрахункових точках при заданих термінах експлуатації. Таким чином, глибина до рівня ґрунтових вод через 10 років зрошування складатиме 5,72 м, що в межах припустимого підйому рівня ($H_{кр} = 2,5$ м).

Список літератури

1. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель [Текст] / С.Ф. Аверьянов. – М.: Колос, 1978. – 288 с.
2. Аверьянов С.Ф. Фильтрация из каналов и ее влияние на режим грунтовых вод [Текст] / С.Ф. Аверьянов. – М.: Колос, 1982.
3. Меліоративна гідрогеологія [Текст] / І.Є. Жернов, А.Г. Солдак, П.Ю. Куш, О.О. Гриза; за ред. І.Є. Жернова. – К.: Вища школа, 1971. – 331 с.
4. Рудаков В.К. Охрана территорий при гидротехническом и мелиоративном строительстве [Текст] / В.К. Рудаков – К.: Урожай, 1987. – 104 с.

Зміст

1. Загальні положення.....	3
2. Види і способи зрошення.....	3
3. Стадії фільтрації води з каналу	4
4. Рекомендації до розрахунку втрат води з каналу.....	8
5. Прогноз підтоплення території при зрошенні земель.....	10
6. Рекомендації до розрахунку прогнозного положення рівня грунтових вод в умовах зрошення.....	12
Список літератури.....	13
Додатки.....	14

Таблиця функції $erfc(\lambda)$

λ	$erfc(\lambda)$	λ	$erfc(\lambda)$	λ	$erfc(\lambda)$	λ	$erfc(\lambda)$
0,00	1,000	0,3	0,671	0,6	0,396	0,9	0,203
0,01	0,989	0,31	0,661	0,61	0,388	0,91	0,198
0,02	0,977	0,32	0,651	0,62	0,381	0,92	0,193
0,03	0,966	0,33	0,641	0,63	0,373	0,93	0,188
0,04	0,955	0,34	0,631	0,64	0,365	0,94	0,184
0,05	0,944	0,35	0,621	0,65	0,358	0,95	0,179
0,06	0,933	0,36	0,611	0,66	0,351	0,96	0,175
0,07	0,921	0,37	0,601	0,67	0,343	0,97	0,170
0,08	0,910	0,38	0,591	0,68	0,336	0,98	0,166
0,09	0,899	0,39	0,581	0,69	0,329	0,99	0,161
0,1	0,887	0,4	0,572	0,7	0,322	1,00	0,157
0,11	0,876	0,41	0,562	0,71	0,315	1,05	0,138
0,12	0,865	0,42	0,552	0,72	0,309	1,10	0,120
0,13	0,854	0,43	0,543	0,73	0,302	1,15	0,104
0,14	0,843	0,44	0,534	0,74	0,295	1,20	0,090
0,15	0,832	0,45	0,524	0,75	0,289	1,25	0,088
0,16	0,829	0,46	0,515	0,76	0,282	1,30	0,066
0,17	0,810	0,47	0,506	0,77	0,276	1,35	0,056
0,18	0,799	0,48	0,497	0,78	0,270	1,40	0,048
0,19	0,789	0,49	0,488	0,79	0,264	1,45	0,040
0,2	0,777	0,5	0,480	0,8	0,258	1,50	0,036
0,21	0,766	0,51	0,471	0,81	0,252	1,60	0,024
0,22	0,756	0,52	0,462	0,82	0,246	1,70	0,016
0,23	0,745	0,53	0,453	0,83	0,240	1,80	0,011
0,24	0,734	0,54	0,445	0,84	0,235	1,90	0,007
0,25	0,724	0,55	0,437	0,85	0,229	2,00	0,005
0,26	0,713	0,56	0,428	0,86	0,224	2,10	0,003
0,27	0,703	0,57	0,420	0,87	0,219	2,20	0,002
0,28	0,692	0,58	0,412	0,88	0,213	2,30	0,001
0,29	0,682	0,59	0,404	0,89	0,208	2,40	0,001

Значення функції $I(\lambda, m)$ при $m \leq 1 \geq$

m	λ, η_x, ξ_x														
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,8	2,0	3,0
0,05	0,0037	0,0117	0,0217	0,0329	0,0448	0,0569	0,0690	0,0809	0,0927	0,1042	0,1263	0,1474	0,1872	0,2063	0,2951
0,10	0,0075	0,023	0,0425	0,0643	0,0871	0,1104	0,1333	0,1559	0,1777	0,1990	0,2391	0,2767	0,3453	0,3772	0,5172
0,15	0,0111	0,0339	0,0624	0,0942	0,1272	0,1604	0,1931	0,2249	0,2555	0,2867	0,3396	0,3889	0,4758	0,5169	0,6894
0,20	0,0146	0,0447	0,0817	0,1226	0,1650	0,2074	0,2488	0,5886	0,3266	0,3625	0,4285	0,4873	0,5870	0,6297	0,7910
0,25	0,0252	0,0545	0,1000	0,1497	0,2008	0,2513	0,3004	0,3471	0,3913	0,4325	0,5070	0,5716	0,6767	0,7198	0,8688
0,3	0,0214	0,0646	0,1177	0,1755	0,2344	0,2924	0,3482	0,4008	0,4499	0,4955	0,5759	0,6438	0,7494	0,7899	0,9197
0,4	0,0278	0,0834	0,1508	0,2233	0,2961	0,3667	0,4334	0,4948	0,5513	0,6016	0,6864	0,7571	0,8538	0,8872	0,9729
0,5	0,0339	0,1010	0,1813	0,2665	0,3510	0,4313	0,5058	0,5733	0,6335	0,6865	0,7729	0,8370	0,9180	0,9425	0,9920
0,6	0,0398	0,1174	0,2094	0,3055	0,3994	0,4872	0,5672	0,6377	0,6996	0,7522	0,8349	0,8918	0,9556	0,9722	0,9980
0,8	0,0508	0,1474	0,2588	0,3723	0,4799	0,5767	0,6616	0,7335	0,7935	0,8418	0,9109	0,9520	0,9876	0,9922	0,9999
1,0	0,0608	0,1734	0,3009	0,4266	0,5420	0,6426	0,7272	0,7959	0,8504	0,8923	0,9472	0,9760	0,9959	0,9985	1,0000

Значення функції $I(\lambda, m)$ при $m \geq 1$

m	λ, η_x, ξ_x							
	0,01	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,12	0,13
1	0,0012	0,0082	0,0196	0,0342	0,0514	0,0706	0,0808	0,0915
2	0,0022	0,0146	0,0339	0,0581	0,0858	0,1161	0,1319	0,1481
3	0,0030	0,0198	0,0452	0,0762	0,1108	0,1476	0,1665	0,1855
4	0,0038	0,0243	0,0545	0,0904	0,1295	0,1701	0,1905	0,2109
5	0,0045	0,0282	0,0623	0,1018	0,1437	0,1863	0,2074	0,2282
6	0,0052	0,0317	0,0689	0,1110	0,1546	0,1979	0,2191	0,2399
7	0,0058	0,0348	0,0746	0,1184	0,1629	0,2063	0,2273	0,2477
8	0,0064	0,0376	0,0794	0,1244	0,1693	0,2123	0,2329	0,2528
9	0,0070	0,0402	0,0835	0,1293	0,1741	0,2165	0,2366	0,2561
10	0,0075	0,0425	0,0871	0,1333	0,1777	0,2194	0,2391	0,2582
12	0,0085	0,0465	0,0928	0,1390	0,1824	0,2227	0,2418	0,2602
15	0,0098	0,0513	0,0988	0,1441	0,1857	0,2245	0,2430	0,2611
20	0,0117	0,0569	0,1042	0,1474	0,1872	0,2250	0,2433	0,2612
30	0,0146	0,0627	0,1074	0,1484	0,1875	0,2250	0,2433	0,2612

m	λ, η_x, ξ_x							
	0,15	0,16	0,17	0,19	0,20	0,21	0,23	0,24
1	0,1137	0,1252	0,1370	0,1611	0,1734	0,1858	0,2110	0,2238
2	0,1813	0,1982	0,2162	0,2494	0,2665	0,2836	0,3175	0,3343
3	0,2239	0,2431	0,2622	0,2999	0,3184	0,3367	0,3723	0,3896
4	0,2513	0,2712	0,2907	0,3287	0,3471	0,3651	0,3997	0,4163
5	0,2689	0,2886	0,3078	0,3448	0,3625	0,3797	0,4127	0,4285
6	0,2799	0,2991	0,3178	0,3534	0,3704	0,3870	0,4186	0,4337
7	0,2867	0,3054	0,3234	0,3578	0,3743	0,3903	0,4210	0,4357
8	0,2908	0,3089	0,3265	0,3600	0,3761	0,3917	0,4219	0,4364
9	0,2932	0,3109	0,3281	0,3610	0,3769	0,3923	0,4222	0,4367
10	0,2946	0,3119	0,3289	0,3614	0,3772	0,3925	0,4223	0,4367
15	0,2960	0,3129	0,3295	0,3617	0,3773	0,3927	0,4224	0,4368

<i>m</i>	λ, η_x, ξ_x							
	0,25	0,27	0,28	0,29	0,35	0,36	0,37	0,39
1	0,2365	0,2622	0,2751	0,2871	0,3646	0,3772	0,3897	0,4144
2	0,3510	0,3838	0,3999	0,4157	0,5058	0,5199	0,5337	0,5604
3	0,4066	0,4395	0,4554	0,4709	0,5560	0,5689	0,5814	0,6055
4	0,4325	0,4636	0,4785	0,4930	0,5716	0,5834	0,5950	0,6171
5	0,4439	0,4732	0,4873	0,5009	0,5756	0,5870	0,5981	0,6195
6	0,4484	0,4766	0,4903	0,5035	0,5766	0,5878	0,5987	0,6198
7	0,4501	0,4778	0,4912	0,5042	0,5767	0,5879	0,5988	0,6199
8	0,4506	0,4781	0,4914	0,5044	0,5767	0,5879	0,5988	0,6199
9	0,4508	0,4782	0,4915	0,5044	0,5767	0,5879	0,5988	0,6199
10	0,4509	0,4782	0,4915	0,5045	0,5767	0,5879	0,5988	0,6199

<i>m</i>	λ, η_x, ξ_x							
	0,40	0,41	0,43	0,44	0,45	0,47	0,48	0,49
1	0,4266	0,4387	0,4626	0,4743	0,4860	0,5088	0,5110	0,5311
2	0,5733	0,5859	0,6103	0,6220	0,6335	0,6555	0,6661	0,6765
3	0,6170	0,6282	0,6496	0,6599	0,6698	0,6889	0,6981	0,7070
4	0,6277	0,6380	0,6579	0,6674	0,6767	0,6949	0,7032	0,7116
5	0,6297	0,6398	0,6592	0,6685	0,6776	0,6953	0,7037	0,7120
6	0,6301	0,6400	0,6593	0,6686	0,6777	0,6953	0,7038	0,7121
7	0,6301	0,6400	0,6593	0,6687	0,6777	0,6953	0,7038	0,7121

<i>m</i>	λ, η_x, ξ_x							
	0,51	0,52	0,53	0,55	0,56	0,57	0,59	0,60
1	0,5527	0,5634	0,5738	0,5943	0,6013	0,6141	0,6333	0,6426
2	0,6963	0,7058	0,7150	0,7328	0,7413	0,7495	0,7653	0,7729
3	0,7240	0,7321	0,7400	0,7552	0,7625	0,7696	0,7832	0,7897
4	0,7277	0,7354	0,7430	0,7576	0,7646	0,7714	0,7846	0,7909
5	0,7280	0,7357	0,7432	0,7577	0,7647	0,7715	0,7847	0,7910
6	0,7280	0,7357	0,7433	0,7577	0,7647	0,7715	0,7847	0,7910

<i>m</i>	λ, η_x, ξ_x							
	0,61	0,63	0,64	0,65	0,67	0,68	0,69	0,70
1	0,6518	0,6697	0,6784	0,6869	0,7035	0,7115	0,7194	0,7422
2	0,7802	0,7942	0,8009	0,8074	0,8198	0,8257	0,8314	0,8476
3	0,7960	0,8081	0,8139	0,8196	0,8304	0,8356	0,8407	0,8551
4	0,7971	0,8090	0,8147	0,8202	0,8309	0,8361	0,8411	0,8553
5	0,7971	0,8090	0,8147	0,8203	0,8309	0,8361	0,8411	0,8553

<i>m</i>	λ, η_x, ξ_x							
	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	1,00	1,10
1	0,7703	0,7959	0,8193	0,8405	0,8597	0,8769	0,8923	0,9239
2	0,8669	0,8839	0,8989	0,9120	0,9235	0,9337	0,9425	0,9602
3	0,8724	0,8879	0,9017	0,9140	0,9250	0,9346	0,9432	0,9604
4	0,8725	0,8880	0,9018	0,9141	0,9250	0,9347	0,9432	0,9604

m	λ, η_x, ξ_x							
	1,30	1,50	1,60	1,70	1,90	2,10	2,40	2,80
1	0,9640	0,9841	0,9897	0,9935	0,9975	0,9991	0,9998	1,0000
2	0,9816	0,9920	0,9948	0,9967	0,9987	0,9996	0,9999	1,0000
3	0,9816	0,9920	0,9948	0,9967	0,9987	0,9996	0,9999	1,0000

Примітка: 1. При $\lambda > 0,11$ и m більш ніж наведено у таблиці слід брати нижнє значення функції.

2. Використовуючи таблицю при розрахунках необхідно ураховувати властивості цієї функції $I(-\lambda, m) = I(\lambda, m)$, $I(\lambda, -m) = -I(\lambda, m)$, $I(-\lambda, -m) = -I(\lambda, m)$, $I(0, m) = I(\lambda, 0) = 0$, при $\lambda > 3$ і $m > 1$ $I(\lambda, m) = 1$.

**Подвігіна Олена Олегівна
Загриценко Аліна Миколаївна**

**РОЗРАХУНОК ВТРАТ ВОДИ З КАНАЛУ І ВИЗНАЧЕННЯ
ПРОГНОЗНОГО ПОЛОЖЕННЯ РІВНЯ ГРУНТОВИХ ВОД В
УМОВАХ ЗРОШЕННЯ**

**Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт з дисципліни
«Меліоративна гідрогеологія»**

для студентів напрямку підготовки 6.040103 Геологія

Редактор

Підписано до друку __.__.__. Формат 30×42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 1,5.
Обл.-вид. арк. 1,5. Тираж прим. Зам. №