

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять, самостійної роботи
і контрольної роботи

з навчальної дисципліни

«ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД НА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ»

*(для студентів 5 курсу денної і 6 курсу заочної форм навчання
освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліст і магістр
спеціальності 7.04010601, 8.04010601 «Екологія та
охорона навколишнього середовища»)*

Харків
ХНАМГ
2011

Методичні вказівки до практичних занять, самостійної роботи і контрольної роботи з навчальної дисципліни «Особливості використання підземних вод на урбанізованих територіях» (для студентів 5 курсу денної і 6 курсу заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліст і магістр спеціальності 7.04010601, 8.04010601 «Екологія та охорона навколишнього середовища») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Д. В. Дядін. – Х: ХНАМГ, 2011. – 15 с.

Укладач: Д. В. Дядін

Рецензент: канд. техн. наук В. В. Яковлев

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст,
протокол № 1 від 30.08.2010 р.

ЗМІСТ

1. Охорона підземних вод урбанізованих територій.....	4
1.1. Призначення і режим зон санітарної охорони	4
1.2. Гідрогеологічні розрахунки зон санітарної охорони	6
2. Техногенні порушення режиму і балансу ґрунтових вод	12
3. Перелік питань до самостійної підготовки	15
Список джерел.....	15

1. ОХОРОНА ПІДЗЕМНИХ ВОД УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Змістовій модуль передбачає проведення практичних робіт за тематикою охорони підземних вод урбанізованих територій від хімічного та бактеріального забруднення, а також охорони глибоких водоносних горизонтів від виснаження внаслідок надмірної експлуатації.

1.1. Призначення і режим зон санітарної охорони

Зони санітарної охорони (ЗСО) організовують на всіх водозабірних спорудах, незалежно від їх відомчої приналежності, які подають воду як з поверхневих, так і з підземних джерел, у тому числі зі штучним поповненням, що використовується для господарсько-питних потреб.

Основною метою ЗСО є охорона від забруднення джерел водопостачання, а також водопровідних споруд і прилеглої території.

ЗСО організовують у складі трьох поясів: перший пояс (пояс строгого режиму) включає територію розташування водозаборів, майданчиків розташування всіх водопровідних споруд; другий і третій пояси (пояси обмежень) включають територію, призначену для охорони від забруднення джерел водопостачання, на якій вводиться санітарний режим і обмеження деяких видів господарської діяльності.

Водозабори підземних вод повинні розташовуватися, як правило, поза територією промислових підприємств і житлової забудови.

Перший пояс ЗСО встановлюється на відстані не менше 30 м від водозабору – при використанні захищених підземних вод і на відстані не менше 50 м – при використанні недостатньо захищених підземних вод. Розміри другого і третього поясів встановлюються шляхом гідрогеологічних розрахунків.

Проект ЗСО має передбачати основні санітарні заходи стосовно призначення кожного поясу ЗСО в цілях усунення і попередження можливості забруднення води джерел водопостачання і водопровідних споруд.

На території першого поясу ЗСО підземних джерел водопостачання і майданчиків водопровідних споруд забороняються всі види будівництва, що не мають безпосереднього відношення до експлуатації, реконструкції і розширення

водопровідних споруд, у тому числі прокладання трубопроводів різного призначення, розміщення житлових і господарчо-побутових будівель, мешкання людей, у тому числі що працюють на водопроводі, а також вживання отрутохімікатів і добрив.

У межах другого і третього поясів проводяться такі водозахисні заходи:

- виявлення, тампонування (або відновлення) всіх старих, недіючих, дефектних або неправильно експлуатованих свердловин, що представляють небезпеку забруднення водоносного горизонту;
- регулювання буріння нових свердловин і будь-якого нового будівництва при обов'язковому узгодженні з місцевими органами санітарно-епідеміологічної служби у суворій відповідності з чинним санітарним законодавством;
- заборона закачування відпрацьованих стічних вод у підземні горизонти, підземного складування твердих відходів і розробки надр землі, яка може привести до забруднення водоносного горизонту;
- заборона розміщення складів паливно-мастильних матеріалів, а також складів отрутохімікатів і мінеральних добрив, накопичувачів промстоків, шламосховищ та інших об'єктів, що представляють небезпеку хімічного забруднення підземних вод;
- своєчасне виконання необхідних заходів щодо санітарної охорони поверхневих водоймищ, які мають безпосередній гідравлічний зв'язок з водоносним горизонтом, що використовується.

Окрім перелічених вище заходів, у межах другого поясу ЗСО підземних джерел водопостачання виконують такі додаткові заходи:

- заборона розміщення кладовищ, скотомогильників, полів асенізації, полів фільтрації, полів зрошування, споруджень підземної фільтрації, гноєсховищ, силосних траншей, тваринницьких і птахівницьких підприємств та інших сільськогосподарських об'єктів, що представляють небезпеку мікробного забруднення підземних вод;
- заборона вживання добрив і отрутохімікатів;
- заборона промислового вирубування лісу.

Також у другому поясі обов'язково передбачається виконання заходів щодо санітарного благоустрою території населених пунктів та інших об'єктів (каналізування, облаштування водонепроникних вигрібних ям і т. ін.).

1.2. Гідрогеологічні розрахунки зон санітарної охорони

Зона санітарної охорони водозабору складається з 3 поясів. Перший – пояс суворого режиму, він встановлюється на відстані не менше 30 м від водозабірної споруди при використанні напірних водоносних горизонтів і не менше 50 м при експлуатації ґрунтових. Другий і третій – пояси обмежень, призначені для захисту водоносних горизонтів від бактеріального (другий пояс) і хімічного (третій пояс) забруднення.

Розміри другого поясу визначають, виходячи з умов, що якщо за його межами через зону аерації або безпосередньо до водоносного горизонту поступає мікробне забруднення, воно не досягає водозабірної споруди. Ця умова виконується в таких випадках, коли час руху води від межі другого поясу до водозабірної споруди буде перевищувати час виживання патогенних мікроорганізмів (табл. 1).

Таблиця 1 – Термін виживання патогенних мікроорганізмів залежно від гідрогеологічних умов

Гідрогеологічні умови	t, діб	
	В межах I, II кліматич. поясів	В межах III, IV кліматич. поясів
1. Ґрунтові води:		
а) за наявності гідравлічного зв'язку з водоїмою;	400	400
б) за відсутності цього зв'язку.	400	400
2. Міжпластові води:		
а) за наявності гідравлічного зв'язку з водоїмою;	200	200
б) за відсутності цього зв'язку.	200	100

Під час розрахунку другого поясу ЗСО для слабозахищених водоносних горизонтів необхідно додатково враховувати час вертикальної інфільтрації забруднених вод до горизонту. Для ґрунтових вод розраховують час вертикального проникнення забруднених вод з поверхні землі через зону аерації. Для міжпластових

водоносних горизонтів враховують час міграції через шари слабопроникних порід, що розділяють, наприклад, забруднені ґрунтові води та міжпластовий горизонт, що експлуатується.

Таким чином, до розрахунку розміру другого поясу включають час виживання бактерій, віднявши від нього час, що витратиться на вертикальну інфільтрацію. Проте, якщо перекриваючі водотривкі горизонти характеризуються переривистістю або мінливістю фільтраційних властивостей за площею, до розрахунків доцільно брати повний час виживання бактерій. Якщо час вертикального проникнення забруднених вод значно більший, ніж час виживання патогенних мікроорганізмів, другий пояс окремо не розраховують і встановлюють в межах першого.

Межу третього поясу визначають, виходячи з наступних умов: якщо у водоносний пласт надійдуть речовини-забрудники, вони або не досягнуть водозабірної споруди, або досягнуть її не раніше розрахункового часу, який має дорівнювати або перевищувати термін експлуатації водозабору (зазвичай приймають 25 років або $\approx 10^4$ діб).

Розрахунок ЗСО для ізольованого, необмеженого пласта без урахування природного потоку підземних вод

Розглянемо спрощені умови залягання водоносного горизонту, що експлуатують. Припустимо, що природний потік підземних вод у пласті відсутній, пласт надійно ізольований водотривкими шарами у покрівлі та з підшви, має постійну товщину та необмежений у горизонтальному напрямку. У такому випадку область захвату підземних вод навколо свердловинного водозабору набуває форми циліндру, а в плані – пояси ЗСО матимуть форму кола (рис. 1). Радіус кола можна визначити, виходячи з умов, що у відповідному циліндричному елементі пласта має міститись повний об'єм води, яку витягують водозабором за розрахунковий період часу t :

$$V = Q \cdot t.$$

З іншого боку необхідний об'єм пустот водовмісних порід у даному елементі пласта має складати:

$$V = \pi R^2 \cdot m \cdot n$$

Відповідно, радіус циліндричного елемента складає:

$$R = \sqrt{\frac{Q \cdot t}{\pi \cdot n \cdot m}}$$

де Q – дебіт свердловини, м³/добу;

t – час захвату води, необхідний для обґрунтування меж поясу, днів;

n – активна пористість порід водоносного горизонту, долі од.;

m – товщина водоносного горизонту, м.

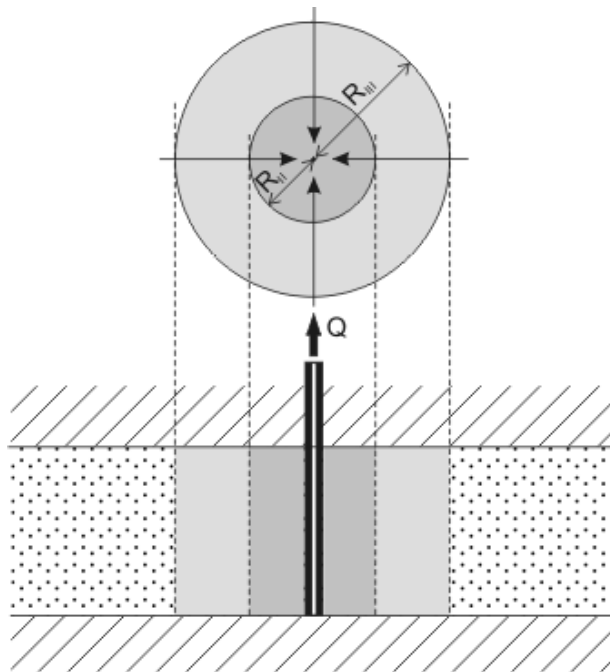


Рис. 1 – Область захвату свердловинного водозабору без урахування природного потоку підземних вод

Розрахунок ЗСО для ізольованого, необмеженого пласта з урахуванням природного потоку підземних вод

У випадку врахування природного потоку ламінарного характеру область зони захвату підземних вод набуває форми еліпсоїду, витягнутого вгору за потоком

(рис. 2), оскільки тут складаються градієнти природного потоку підземних вод і депресійної воронки.

При цьому вся область фільтрації в горизонті, що експлуатують, розбивається на такі елементи:

- область живлення водозабору, що обмежена нейтральною лінією току (1) з вододільною точкою N, віддаленою на відстань X_g по осі X від водозабору. Частинки води, що знаходяться за нейтральною лінією, не зможуть потрапити до водозабору, а протечуть мимо;

- область захвату, яка формується за час роботи водозабору (2). Всі частинки води всередині цієї області до кінця розрахункового періоду часу надійдуть до водозабору.

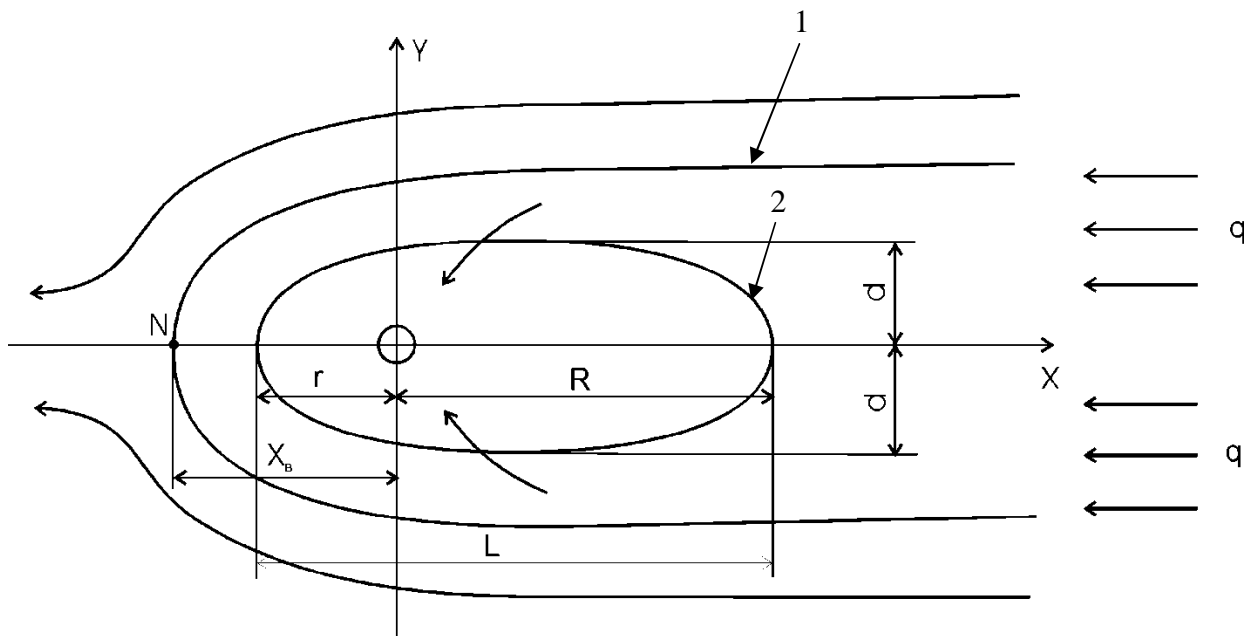


Рис. 2 – Схема зони санітарної охорони водозабору

Розрахунок поясів другого і третього поясів ЗСО зводиться до розрахунку радіусів r , R та напівширини d отриманих еліпсів.

Алгоритм розрахунку виглядає так:

1. Визначають відстань X_g по осі X від водозабору до вододільної точки N, що знаходиться на нейтральній лінії току:

$$X_g = \frac{Q}{2 \pi q}$$

де Q – дебіт свердловини, м³/добу;

q – питома витрата потоку підземних вод, м²/добу:

$$q = K \cdot i \cdot m;$$

K – коефіцієнт фільтрації водоносного горизонту, м/добу;

i – ухил потоку підземних вод, частки од.;

m – товщина водоносного горизонту, м.

2. Визначають розрахунковий параметр часу T' :

$$T' = \frac{q \cdot t}{X_g \cdot m \cdot n}$$

де t – час, необхідний для обґрунтування меж поясу, діб.

У залежності від отриманого параметру T' , за таблицю 2 або графіком на рис. 3 визначають значення розрахункових радіусів r' і R' .

3. Визначають радіуси та довжину поясу ЗСО, використовуючи наступні відношення:

$$r = r' \cdot X_g,$$

$$R = R' \cdot X_g,$$

$$L = R + r,$$

де r – довжина поясу вниз за потоком, м;

R – довжина поясу вверх за потоком, м.

Напівширину отриманого поясу можна розрахувати за формулою:

$$d = \frac{2 \cdot t \cdot Q}{\pi \cdot m \cdot n \cdot L}$$

де L – загальна довжина поясу, м.

На місцевості пояс ЗСО зазвичай встановлюється у вигляді прямокутника, в який вписано розрахований еліпс.

Таблиця 2 – Величини R' , r' , d' у залежності від розрахункового часу T'

T'	R'	r'	d'
0,01	0,149	0,135	0,142
0,02	0,213	0,187	0,200
0,05	0,351	0,284	0,315
0,1	0,517	0,384	0,445
0,2	0,773	0,507	0,626
0,3	0,987	0,589	0,762
0,5	1,358	0,699	0,973
1	2,147	0,842	1,338
2	3,506	0,948	1,789
3	4,750	0,982	2,074
4	5,937	0,994	2,271

T'	R'	r'	d'
5	7,091	0,998	2,415
6	8,222	0,999	2,522
7	9,336	1	2,605
8	10,437	1	2,670
9	11,528	1	2,722
10	12,611	1	2,765
15	17,942	1	2,895
20	23,186	1	2,961
30	33,543	1	3,025
50	54,008	1	3,074
100	104,661	1	3,109

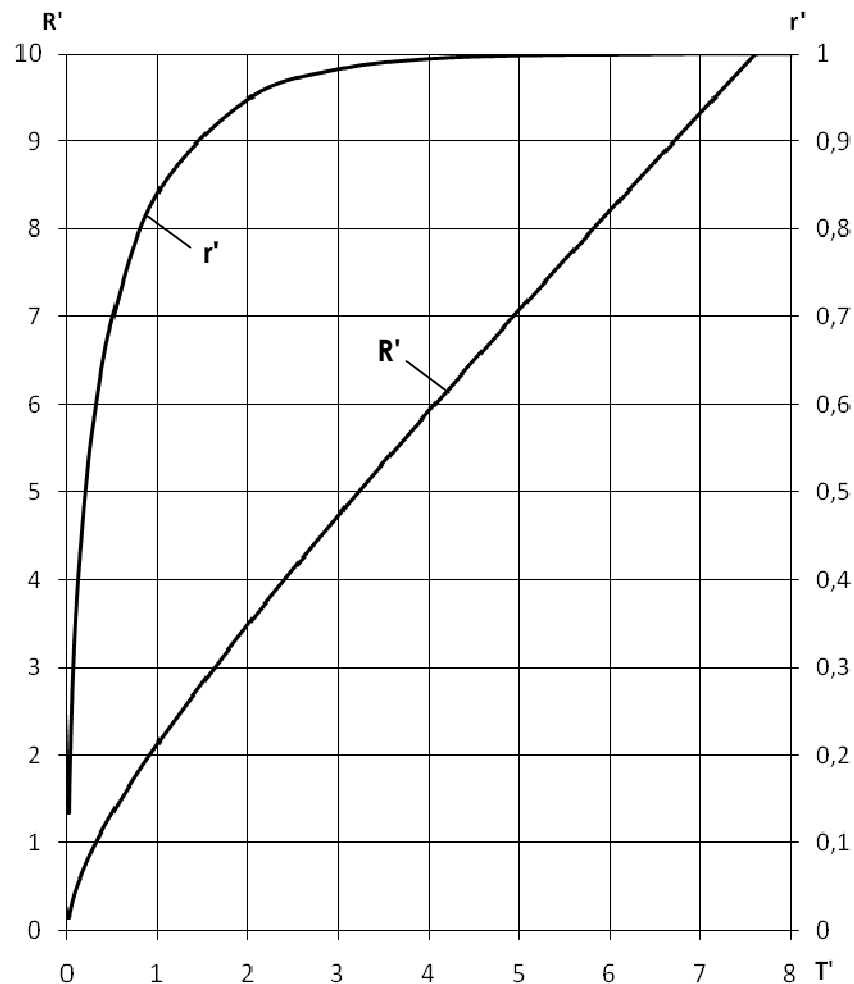


Рис. 3 – Графік для визначення розрахункових радіусів R' і r' в залежності від розрахункового параметру T'

2. ТЕХНОГЕННІ ПОРУШЕННЯ РЕЖИМУ І БАЛАНСУ ҐРУНТОВИХ ВОД

Розрахунки підйому рівня ґрунтових вод на ділянці

Ґрунтові води поповнюють свій об'єм в області живлення за рахунок процесу природної інфільтрації (просочування) атмосферних опадів в зону аерації, а також, додатково, за рахунок вод іншого походження. Під природною і додатковою інфільтрацією розуміють кількість води, що просочилася, віднесеної до площі просочування. Величина природної інфільтрації складає близько 10^{-5} м/добу. Величини додаткової інфільтрації на 1-3 порядки вищі, тобто становлять 10^{-3} – 10^{-4} м/добу (табл. 3).

Таблиця 3 – Додаткова інфільтрація з деяких виробничих територій

Об'єкти	ω , м/добу
Машинобудівельні підприємства	$1 \cdot 10^{-3}$
Металургійні підприємства	$(6 - 10) \cdot 10^{-3}$
Хімічні комбінати	$(3 - 5) \cdot 10^{-4}$
ТЕЦ	$(2 - 4) \cdot 10^{-3}$
АЕС	$(1 - 3) \cdot 10^{-3}$
Насосні станції й очисні споруди	$(1,6 - 2,5) \cdot 10^{-3}$

Розрахунок величин додаткового інфільтраційного живлення з територій підприємств здійснюється за формулою:

$$\omega = (a_1 - a_2) \cdot \omega_0 - \Delta U + \frac{\beta W}{F}$$

де W – добове водоспоживання на площі F , м³/добу;

F – площа території, м²;

ΔU – зміна випаровування з поверхні ґрунтових вод, м/добу;

a_1, a_2 – коефіцієнти поверхневого стоку до і після забудови;

ω_0 – інтенсивність атмосферних опадів, м/добу;

β – коефіцієнт втрат (3-5%).

Орієнтовно величину додаткової інфільтрації з комунікацій можна оцінити за табл. 4.

Таблиця 4 – Орієнтовні величини витоків з мереж

Найменування мереж	Витоки, л/добу на 1 км мережі
Водопостачання і тепlopостачання	2,5 – 7
Каналізація:	
- районна і міська;	до 80
- мікрорайонна.	до 30

Розрахунок цих величин, як правило, проводять для однорідного пласта незмінної товщини і необмеженого в плані. Хід рішення:

1. Побудова в масштабі розрахункової фільтраційної схеми і визначення розрахункових параметрів (рис. 4).

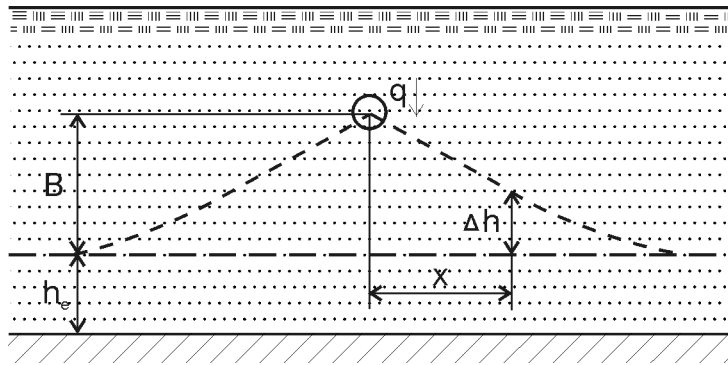


Рис. 4 – Розрахункова фільтраційна схема витoku з лінійної комунікації

2. Визначення положення рівня ґрунтових вод на момент часу t , на відстані x від комунікації:

$$\Delta h = \frac{q x}{K h_e} \sqrt{at} \cdot \text{ierfc} \frac{x}{2\sqrt{at}}$$

де Δh – підвищення УГВ на момент часу t і на відстані x від джерела витoku;

q – питома величина витoku м³/добу на 1 погонний метр комунікації;

a – коефіцієнт рівнепровідности, м²/добу, який дорівнює:

$$a = \frac{K \cdot h_e}{n}$$

h_e – товщина ґрунтового водоносного горизонту в непорушених умовах, м

Графік функції $\text{ierfc}(x)$ наведено на рис. 5.

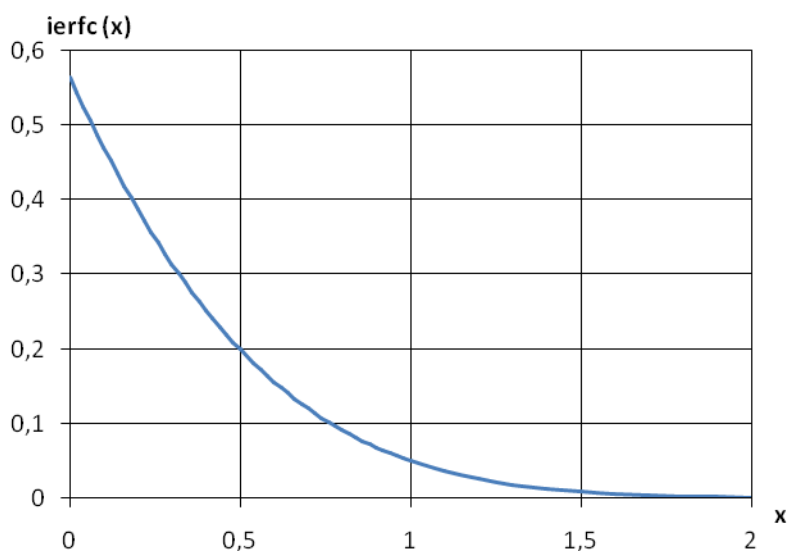


Рис. 5 – Графік функції $\text{ierfc}(x)$

У результаті аварійних витоків води з водопровідних комунікацій, каналів або водовмісних ємкостей, поверхня ґрунтових вод набуває куполоподібного характеру (рис. 6), причому ці куполи формуються достатньо швидко.

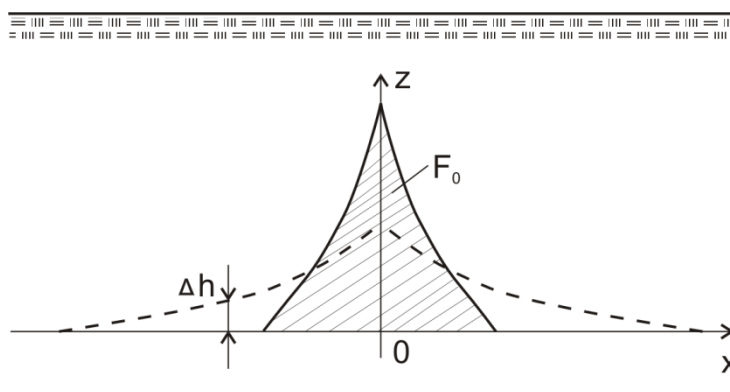


Рис. 6 – Розрахункова фільтраційна схема формування куполу

Підйом рівня ґрунтових вод у таких умовах визначають за формулою:

$$\Delta h = \frac{K \cdot F_0 \cdot t \cdot n^2}{p \cdot (n^2 \cdot x^2 + K^2 \cdot t^2)} \quad F_0 = \frac{W_0}{n \cdot l}$$

де F_0 – площа зони розливу, м^2 ;

W_0 – об'єм води, поданої в пласт, м^3 ;

l – довжина джерела інфільтрації, м ;

x – відстань від джерела витоків, м .

3. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДО САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

1. Процеси забруднення підземних вод на території міст.
2. Технології інженерного захисту підземних вод від забруднення.
3. Обґрунтування призначення зон санітарної охорони підземних водозаборів.
4. Особливості використання джерел та колодязів для питного водопостачання на території міст.
5. Порушення гідродинамічного режиму глибоких водоносних горизонтів внаслідок надмірної експлуатації.
6. Порушення режиму ґрунтових вод внаслідок техногенної діяльності.
7. Зміни балансу ґрунтових вод міських територій у просторі та часі.
8. Природні та техногенні фактори розвитку підтоплення на території міст.
9. Підходи до оцінки і прогнозування розвитку підтоплення урбанізованих територій.
10. Види та конструкції дренажних систем.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Орадовская А.Е., Лапшин Н.Н. Санитарная охрана водозаборов подземных вод. – М.: Недра, 1987. – 167 с.
2. Подтопление в населенных пунктах Харьковской области / Стрижельчик Г.Г., Соколов Ю.П., Гольдфельд И.А. и др. – Х., 2003. – 160 с.
3. Положение о порядке проектирования и эксплуатации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения, № 2640-82, утвржд. 18.12.1982 г.
4. Постанова Кабінету Міністрів України «Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів» від 18.12.1998 р. № 2024.
5. Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях. – Справочное пособие к СНиП. – М.: Стройиздат, 1991.
6. СНиП 2.01.15-90. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов / Госстрой СССР. – М.: Ц'111, 1991.
7. СНиП 2.06.15-85. Инженерная защита от затопления и подтопления / Госстрой СССР. – М.: Ц'111, 1986.

Навчальне видання

Методичні вказівки

до практичних занять, самостійної роботи

і контрольної роботи

з навчальної дисципліни

**«Особливості використання підземних вод
на урбанізованих територіях»**

(для студентів 5 курсу денної і 6 курсу заочної форм навчання
освітньо-кваліфікаційних рівнів спеціаліст і магістр
спеціальності 7.04010601, 8.04010601 «Екологія та
охорона навколишнього середовища»)

Укладач: **ДЯДІН** Дмитро Володимирович

Відповідальний за випуск: *к.т.н., доц. В. М. Ладизженський*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання: *Ю. Ю. Конюшенко*

План 2010, поз. 93 М

Підп. до друку 08.06.2011 р.

Формат 60×84/16

Друк на ризографі.

Ум.-друк. арк. 0,6

Зам. №

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.