

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра геології та гідрології

01-05-301М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з дисципліни
«Оцінка запасів підземних вод»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньою програмою «Геологія»
спеціальності 103 «Науки про Землю»
денної форми навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННІ ЕАВГ
Протокол № 4 від 17.12.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Оцінка запасів підземних вод» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньою програмою «Геологія» спеціальності 103 «Науки про Землю» денної форми навчання. [Електронне видання] / Холоденко В. С., Бровко Г. І.– Рівне : НУВГП, 2024. – 78 с.

Укладач: Холоденко В.С., к.геогр.н., доцент кафедри геології та гідрології; Бровко Г.І., начальник гідрогеологічного загону Рівненської комплексної геологічної партії.

Відповідальний за випуск: Мельничук В. Г., доктор геологічних наук, професор, в.о. завідувача кафедри геології та гідрології.

Рецензент: Будз О. П., к.техн.н., доцент кафедри геології та гідрології.

Гарант ОП «Геологія»: Мельничук В. Г., доктор геологічних наук, професор, в.о. завідувача кафедри геології та гідрології.

© В. С. Холоденко,
Г. І. Бровко, 2024
© НУВГП, 2024

Вступ.....	4
1. Оцінка ємнісних запасів підземних вод	5
2. Оцінка ємнісних пружних запасів підземних вод	11
3. Оцінка динамічних ресурсів за даними спостережень за режимом підземних вод.....	16
4. Оцінка динамічних ресурсів підземних вод гідрометричними методами	26
5. Розрахунок водозабірних споруд із метою оцінки експлуатаційних запасів підземних вод	30
6. Розрахунок водозабірних споруд у напівобмежених пластах.....	38
7. Охорона підземних вод від забруднення.....	45
Додатки.....	60
Питання гарантованого рівня знань.....	74
Рекомендована та базова література.....	75
Допоміжна література.....	76
Інформаційні ресурси.....	78

Вступ

Методичні вказівки призначені для виконання практичних робіт під час вивчення навчальної дисципліни «**Оцінка запасів підземних вод**».

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Оцінка запасів підземних вод» складені відповідно до освітньо-професійної програми для спеціальності 103 «Науки про Землю» спеціалізації «Геологія», робочої програми охоплюють всі змістові модулі за мінімальною кількістю академічних годин /кредитів/, передбачених освітньою програмою та навчальним планом.

Оцінка запасів підземних вод є дисципліною із циклу професійної підготовки для підготовки фахівців за ОКР бакалавр за освітньою програмою «Геологія», що викладається, відповідно, на 4 курсі у VII-му семестрі в обсязі 90 годин (16 годин – лекції, 14 годин – практичні роботи, 60 годин – самостійна робота). Закінчується — заліком. *Метою* обов'язкового курсу «Оцінка запасів підземних вод» є надбання майбутніми бакалаврами теоретичних та практичних знань та навичок з використання підземних вод, розуміння умов залягання та, відповідно, використання потужного інструментарію для оцінки запасів підземних вод з метою видобування останніх в залежності від конкретних умов розташування водоносних горизонтів; визначення ємнісних, динамічних, експлуатаційних запасів підземних вод; охорони підземних вод.

Тому, майбутні фахівці з геології повинні

- вміти вирішувати проблеми водозабезпечення, можливості раціонального використання та способи охорони підземних вод в умовах експлуатації водозаборів;
- вміти використовувати статистичні, математично-кореляційні, регресійні методи при оцінці запасів підземних вод;
- проводити кількісну оцінку запасів підземних вод, виходячи із геолого-гідрогеологічних умов території;

- використовувати методику оцінки експлуатаційних запасів, вимоги до якості підземних вод різного призначення та охорони підземних вод від виснаження та забруднення;
- використовувати набуті практичні навички в оцінці запасів підземних вод.

Методичні вказівки покликані допомогти студентам у виконанні практичних робіт з дисципліни «Оцінка запасів підземних вод», вони містять теоретичний матеріал змістових модулів, методику виконання практичних робіт, приклади розв'язання тематичних завдань, питання гарантованого рівня знань, рекомендовану, базову та допоміжну літературу.

Уважне вивчення наведеної інформації і схем, опрацювання питань гарантованого рівня знань допоможуть студентам успішно справлятися з завданнями поточного і підсумкового контролю.

1. Оцінка ємнісних запасів підземних вод

Метою практичної роботи є: Набуття практичних навичок в оцінці ємнісних запасів підземних вод.

Завдання. Визначити ємнісні гравітаційні запаси ґрунтових вод, що розповсюджені на площі 42,7 км². Середні багаторічні значення максимальної середньої потужності водонасиченого горизонту (h_{max}) складають тут 29,8 м, мінімальної (h_{min}) - 21,4 м. Для визначення параметрів гравітаційної ємності водоносного пласта на типовій ділянці проведено кущове відкачування (кущ складається з однієї центральної і двох спостережних свердловин). Початкова потужність горизонту (h_0) у центральній свердловині - 20 м. Дебіт свердловини (Q) - 547,4 м³/добу. Радіус фільтрової частини свердловини (r_c) - 0,2 м. Усталений режим фільтрації настав через 27 діб (t_y) при зниженні рівня (S_0) - 4 м. Дані про усталені зниження рівня в спостережних свердловинах наведені в табл.1.1. Здійснити визначення ємнісних гравітаційних запасів згідно вибраного варіанту (Додатку А).

Методика виконання. Ємнісні запаси характеризують об'єм (масу) підземних вод, що містяться у водоносній системі (пласті) і можуть бути вилучені з неї при зниженні напору.

Та частина ємнісних запасів підземних вод, що може бути отримана за рахунок осушення водоносного пласта, називається *гравітаційними*, та ж частина, яка формується за рахунок пружних властивостей пласта і води без осушення пласта, називається *пружними*.

Ємнісні запаси підземних вод визначаються відповідними параметрами ємнісних властивостей водовмісних порід. У безнапірних водоносних пластах переважає гравітаційна ємність, у напірних - разом із гравітаційною існує пружна ємність.

Оцінка ємнісних гравітаційних запасів підземних вод

Ємнісні *гравітаційні запаси підземних вод* - це об'єм гравітаційної води, що знаходиться в порах та тріщинах гірських порід і вивільнення якої супроводжується осушенням водоносного пласта.

Основним показником гравітаційної ємності є *коефіцієнт гравітаційної (вільної) водовіддачі* (μ), який являє собою відношення об'єму гравітаційної води (V_g), що вивільнюється з породи при її осушенні, до осушеного об'єму цієї породи (V_{oc}):

$$\mu = \frac{\Delta V_g}{V} \quad (\text{у Дробнохода}) \qquad \mu = \frac{V_g}{V_{oc}}. \qquad (1.1)$$

Для розрахунків замість коефіцієнта водовіддачі іноді використовуються значення коефіцієнта нестачі насичення (μ_n) або безрозмірного коефіцієнта активної пористості (n_a).

Коефіцієнт нестачі насичення (μ_n) – це відношення об'єму води (V_g), що

може вміститися в ненасиченій гірській породи при повному заповненні пор, до об'єму цієї породи (V_n):

$$\mu_n = \frac{V_g}{V_n} \qquad (1.2)$$

Коефіцієнт активної пористості (n_a) являє собою відношення об'єму пор (V_a), який приймає участь у процесі фільтрації, до об'єму породи (V_n):

$$n_a = \frac{V_a}{V_n} \quad (1.3)$$

Коефіцієнти нестачі насичення, активної пористості і коефіцієнт вільної водовіддачі різні за фізичною сутністю, тому вони часто можуть кількісно не співпадати. Як показує досвід, останній завжди менше перших двох. Виходячи з природи гравітаційної водовіддачі (1.1), величина ємнісних гравітаційних запасів підземних вод дорівнює:

$$V_\epsilon = \mu \cdot V \quad (1.4)$$

Ємнісні гравітаційні запаси напірних водоносних горизонтів в природних умовах у часі практично не змінюються. У безнапірних горизонтах вони змінюються у зв'язку з добовими, річними, багаторічними коливаннями рівня ґрунтових вод (рис. 1.1).

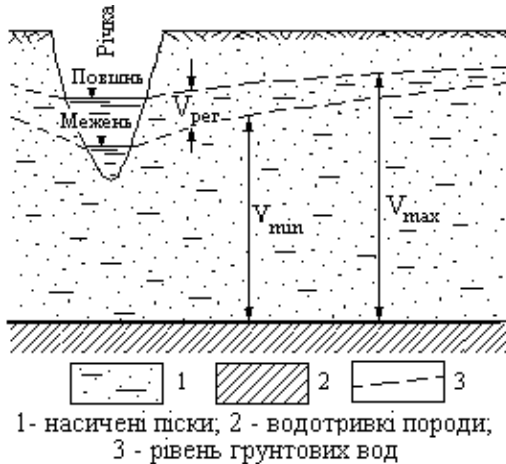


Рис. 1.1. Зміна ємнісних гравітаційних запасів водоносного горизонту у зв'язку з коливанням рівня ґрунтових вод

Тому в безнапірних горизонтах виділяються максимальні ємнісні гравітаційні запаси $V_{\Gamma} (\max)$, які відповідають найвищому положенню рівня ґрунтових вод; мінімальні - $V_{\Gamma} (\min)$, що визначаються об'ємом водонасиченого шару при найнижчому рівні ґрунтових вод, середні - $V_{\Gamma} (\text{сер})$, а також регульовальні запаси $V_{\Gamma} (\text{рег})$, які характеризують об'єм гравітаційної води, що знаходиться в межах коливання рівня ґрунтових вод (рис. 1.1).

Згідно з (1.4), оцінка ємнісних гравітаційних запасів підземних вод здійснюється за даними коефіцієнта гравітаційної водовіддачі та об'єму водонасичених порід пласта.

Коефіцієнт гравітаційної водовіддачі найчастіше визначається за результатами дослідних відкачувань із свердловин та лабораторних визначень.

Об'єм водонасиченого пласта обчислюється як добуток його площі на середню потужність.

Приклад. Згідно завдання визначаємо ємнісні гравітаційні запаси ґрунтових вод.

Таблиця 1.1

Дані кушового відкачування

Відстань від центральної до спостережної свердловини, м		Зниження рівня води в спостережних свердловинах, м	
		S_1	S_2
r_1	r_2	S_1	S_2
25	58	1,5	0,9

Розв'язок

Дані про відкачування із свердловини дозволяють обчислити коефіцієнт водовіддачі за формулою М. М. Біндемана:

$$\mu = 0,358 \frac{Q \cdot t_y}{r_1^2 (S_1 - S_2)} \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^{\frac{2S_1}{S_1 - S_2}} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (1.5)$$

та за залежністю М. І. Дробнохода:

$$\mu = \frac{Q \cdot t_y}{2\pi R_y^2 \cdot S_{сеп}}, \quad (1.6)$$

де R_y - усталений радіус впливу; $S_{сеп}$ - середня величина усталеного зниження рівня підземних вод у межах воронки депресії:

$$S_{сеп} = h - h_{сеп}, \quad (1.7)$$

де $h_{сеп}$ - середнє значення потужності водоносного горизонту у свердловині в межах воронки депресії :

$$h_{сеп} = h \cdot \left[1,5 - \frac{\frac{h'}{h} + \ln \frac{r_c}{R_y}}{2 \cdot \left(1 + \ln \frac{r_c}{R_y} \right)} \right], \quad (1.8)$$

де h' - потужність горизонту у свердловині на момент t_y . ($h' = h - S_0$)

За формулою Біндемана (1.5), отримуємо:

$$\mu = 0,358 \frac{547,4 \cdot 27}{25^2 (1,5 - 0,9)} \cdot \left(\frac{25}{58} \right)^{\frac{2 \cdot 1,5}{1,5 - 0,9}} \cdot \ln \frac{58}{25} = 0,18.$$

Для розрахунку коефіцієнта водовіддачі за залежністю М.І. Дробнохода (1.6) спочатку визначається радіус впливу R_y за формулою для умов безнапірної фільтрації (рис. 1.2):

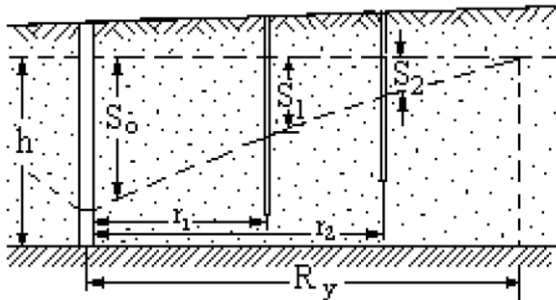


Рис. 1.2. Схема для розрахунку радіусу впливу свердловин

$$\ln R_y = \frac{S_1 (2h - S_1) \ln r_2 - S_2 (2h - S_2) \ln r_1}{S_1 (2h - S_1) - S_2 (2h - S_2)}$$

$$\ln R_y = \frac{1,5(2 \cdot 20 - 1,5) \ln 58 - 0,9(2 \cdot 20 - 0,9) \ln 25}{1,5(2 \cdot 20 - 1,5) - 0,9(2 \cdot 20 - 0,9)} = 5,37.$$

$$R_y = e^{\ln R_y} = 215,0 \text{ м.}$$

Підставивши значення R_y в (1.8), отримаємо:

$$h_{\text{сеп}} = 20 \left[1,5 - \frac{\frac{16}{20} + \ln \frac{0,2}{215}}{2 \left(1 + \ln \frac{0,2}{215} \right)} \right] = 19,66 \text{ м.}$$

Тоді $S_{\text{сеп}}$ за (1.7) дорівнює:

$$S_{\text{сеп}} = 20,0 - 19,66 = 0,34 \text{ м,}$$

а коефіцієнт водовіддачі:

$$\mu = \frac{547,4 \cdot 27}{2 \cdot 3,14 \cdot 215^2 \cdot 0,34} = 0,149.$$

Приймаючи для розрахунку більш гарантоване (менше) значення коефіцієнта водовіддачі – 0,149, отримаємо:

$$V_z(\text{max}) = F \cdot h_{\text{max}} \cdot \mu = 42,7 \cdot 10^6 \cdot 29,8 \cdot 0,149 = 1,89 \cdot 10^8 \text{ м}^3;$$

$$V_z(\text{min}) = F \cdot h_{\text{min}} \cdot \mu = 42,7 \cdot 10^6 \cdot 21,4 \cdot 0,149 = 1,36 \cdot 10^8 \text{ м}^3;$$

$$V_z(\text{рез}) = V_{r(\text{max})} - V_{r(\text{min})} = (1,89 - 1,36) \cdot 10^8 = 5,3 \cdot 10^7 \text{ м}^3.$$

Завдання для самостійної роботи

Умови завдання ті ж самі, що і в прикладі, вихідні дані наведені в таблиці 1.2 (повна умова задачі та варіанти завдань в додатку А).

Таблиця 1.2

Вихідні дані

№ в-ту	Q, М ³ /добу	S ₀ , м	t _y , доб.	S ₁ , м	S ₂ , м	r ₁ , м	r ₂ , м	F, км ²	h _{max} , м	h _{min} , м	h ₀ , м	r _c , м
1	276,5	10	16	2,8	1,3	31,2	66,7	126	38,8	31,8	32	0,2
2	984	15	27	1,8	0,4	60	80	613	72	66	68	0,2
3	826	17	16	2,3	1,6	56	81	617	58	42	47	0,2
4	358	7	39	3,6	2,8	21	31	213	19	12	15	0,2
5	1048	5	64	1,4	0,2	98	211	23	108	102	104	0,2
6	1050	13	64	2,4	0,2	98	211	23	103	102	102	0,2
7	1000	10	15	3,5	0,5	45	150	35	100	98	99	0,2
8	850	3,2	21	1,5	0,21	30	120	42	20	25	18	0,27
9	222	19,2	10	0,6	0,3	68	104	240	55	20	50	0,16
10	423	30,0	21	3,3	0,45	40	145	123	43	25	42	0,27

Визначити ємнісні гравітаційні запаси підземних вод горизонту.

2. Оцінка ємнісних пружних запасів підземних вод

Метою практичної роботи є: Набуття практичних навичок в оцінці ємнісних пружних запасів підземних вод.

Завдання. Визначити пружні запаси підземних вод водоносного горизонту, розповсюдженого на площі 400 км² із середнім напором над покрівлею м. За даними дослідного кущового відкачування усталений режим фільтрації (t_y) встановлюється через діб. Результати відкачування наведені в таблиці 2.2 і згідно вибраного варіанту (Додатку Б).

Методика виконання. Пружні запаси підземних вод характерні для напірних пластів. Оскільки при підвищенні тиску вода стискається, зменшуючись в об'ємі, а в гірських породах одночасно збільшується пористість, у напірних водоносних пластах вміщується додаткова кількість води в порівнянні з умовами вільного насичення, тобто при атмосферному тиску.

Пружними запасами (V_{пр}) підземних вод називається об'єм води, який вміщується в порах та тріщинах напірних водоносних горизонтів та вивільнюється при їх розкритті та зниженні

пластового тиску, за рахунок об'ємного розширення води і зменшення порожнистості (пористості, тріщинуватості) водовмісних порід.

Процес зміни об'єму води в напірному пласті при зміні тиску за В.П. Щелкачовим визначається *коефіцієнтом пружної ємності* (β^*).

Розмірність β^* - m^{-1} . Він характеризує зміну об'єму води в одиничному об'ємі пласта ($1 m^3$) при одиничному значенні зміни тиску (1 ат), або напору (1 м) за рахунок пружних властивостей породи і води:

$$\beta^* = n_a \cdot \beta_s + \beta_{пор}, \quad (2.1)$$

де n_a – коефіцієнт активної пористості (частка одиниці), β_s - коефіцієнт стисливості води (m^{-1}), $\beta_{пор}$ - коефіцієнт пружності гірської породи (m^{-1}).

Властивість напірного водоносного пласта віддавати воду при зниженні тиску (п'єзометричного рівня) за рахунок пружних властивостей породи і води називається **пружною водовіддачою**. Мірою величини пружної водовіддачі є *коефіцієнт пружної водовіддачі* (μ^*). Він характеризує собою зміну об'єму води в елементі пласта одиничної площі ($1 m^2$) і висотою, що дорівнює потужності пласта (м) при одиничному значенні зміни тиску (1 ат), або напору (1 м) за рахунок пружних властивостей породи і води.

Кількісно коефіцієнт пружної водовіддачі (μ^*) являє собою відношення об'єму води V_{np} , що виділяється з пласта за рахунок пружних властивостей води та гірських порід, що її вміщують, до об'єму депресійної воронки, яка сформувалася в п'єзометричній поверхні (V_D):

$$\mu^* = \frac{V_{np}}{V_D}. \quad (2.2)$$

Коефіцієнт пружної ємності (β^*) і пружної водовіддачі (μ^*) мають співвідношення:

$$\mu^* = m \cdot \beta^*. \quad (2.3)$$

Пружні запаси напірного водоносного пласта (V_{np}) потужністю m і напором над покрівлею H' і площею F (рис. 2.1) можна розрахувати:

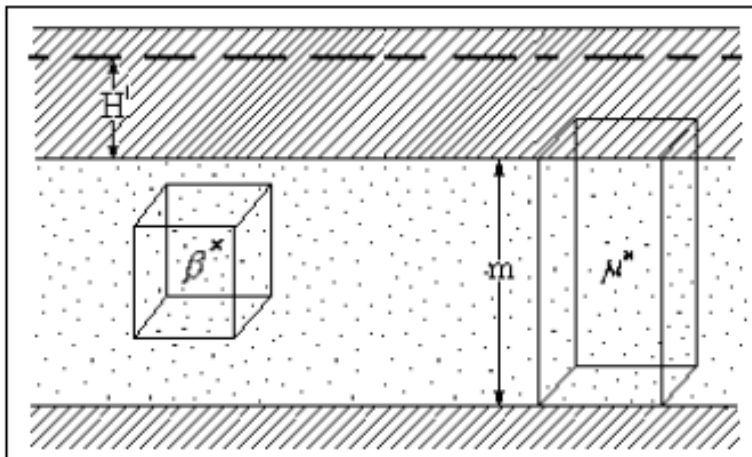


Рис. 2.1. Схема напірного пласта з пружними запасами підземних вод

а) за коефіцієнтом пружної ємності (β^*):

$$V_n = \beta^* \cdot H' \cdot V_{пл} = \mu^* \cdot H' \cdot F,$$

де $V_{пл}$ – об’єм водоносного пласта ($V_{пл} = m \cdot F$);

б) за коефіцієнтом пружної водовіддачі (μ^*), виходячи з (2.1):

$$V_{np} = \mu^* \cdot V_D, \quad (2.4)$$

Якщо зниження п’езометричного рівня буде дорівнювати H' на всій площі водоносного пласта, то пружні запаси всього пласта будуть дорівнювати: F

$$V_{np} = \mu \cdot H' \cdot F. \quad (2.5)$$

Величина коефіцієнта пружної водовіддачі пласта може визначатися за даними спостережень за коливанням рівня підземних вод у свердловині під впливом атмосферного тиску, на основі аналізу неусталеної фільтрації потоку при відкачуванні із свердловин.

Приклад. Визначити пружні запаси підземних вод водоносного горизонту, розповсюдженого на площі 400 км² із середнім напором над покрівлею 28 м. За даними дослідного кущового відкачування усталений режим фільтрації (t_y) встановлюється через 0,2 доби. Результати відкачування наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Дані кущового відкачування

Центральна свердловина			Спостережні свердловини			
Радіус, м	Дебіт, м ³ /д	Зниження, м	Відстань від центральної, м		Зниження, м	
r_c	Q	S_0	r_1	r_2	S_1	S_2
0,2	136	10,4	30	72	5,8	3,7

Розв'язок. Наведені дані дозволяють використати для визначення коефіцієнта пружної водовіддачі залежність М.І. Дробнохода:

$$\mu^* = \frac{Q \cdot t_y}{2\pi R_y^2 \cdot S_{сер}}, \quad (2.6)$$

де $S_{сер}$ - середня величина усталеного зниження п'єзометричного рівня підземних вод у межах воронки депресії, яка визначається за формулою:

$$S_{сер} = \frac{S_0}{2 \ln \frac{R_y}{r_c}}. \quad (2.7)$$

Радіус впливу (R_y) для умов напірної фільтрації визначається за формулою:

$$\ln R_y = \frac{S_1 \ln r_2 - S_2 \ln r_1}{S_1 - S_2}. \quad (2.8)$$

$$\ln R_y = \frac{5,8 \ln 72 - 3,7 \ln 30}{5,8 - 3,7} = 5,82;$$

$R_y = 337 \text{ м.}$

За формулою (2.6) знаходимо $S_{сер}$:

$$S_{сер} = \frac{10,4}{2 \ln \frac{337}{0,2}} = 0,69$$

м.

Коефіцієнт пружної водовіддачі за формулою (2.6) буде дорівнювати:

$$\mu^* = \frac{136 \cdot 0,2}{3,14 \cdot 337^2 \cdot 0,69} = 5,5 \cdot 10^{-5}.$$

Пружні запаси водоносного горизонту розраховуються за формулою (2.5), виходячи з площі водоносного горизонту $F = 400 \text{ км}^2$, середнього напору над покрівлею горизонту $H' = 28 \text{ м}$ і $\mu^* = 5,5 \cdot 10^{-5}$:

$$V_{np} = 5,5 \cdot 10^{-5} \cdot 400 \cdot 10^6 \cdot 28 = 5,6 \cdot 10^5 \text{ м}^3.$$

Таким чином, пружні запаси підземних вод водоносного горизонту складають $5,6 \cdot 10^5 \text{ м}^3$.

Завдання для самостійної роботи

Визначити пружні запаси підземних вод водоносного горизонту, розповсюдженого на площі 400 км^2 із середнім напором над покрівлею м . За даними дослідного кущового відкачування ustalений режим фільтрації (t_y) встановлюється через дїб . Результати відкачування наведені в таблиці 2.2.

Визначити пружні запаси водоносного горизонту. Намалювати схему розташування свердловин.

Таблиця 2.2

Вихідні дані

№ в-ту	Q , м ³ /добу	t_y , доб	r_c , М	$H'_{сер}$, М	F , км ²	S_0 , М	S_1 , М	S_2 , М	r_1 , М	r_2 , М
1	136	10,0	0,2	25	400	10,4	6,8	5,4	30	72
2	230	5,6	0,2	25	400	15,4	7,8	5,9	30	72
3	540	0,8	0,2	32	400	6,7	6,4	4,4	30	72
4	128	6,0	0,2	12	400	11,6	3,2	2,2	30	72
5	1002	2,0	0,2	25	400	29,0	10,1	8,8	48	72
6	1000	2,0	0,2	25	400	49,0	18,6	12,0	29	65
7	980	2,0	0,2	15	400	31,0	18,0	14,0	11	38
8	679	7,0	0,2	35	400	6,7	4,8	3,7	21	48
9	432	9,0	0,2	25	400	2,3	1,3	0,7	96	43
10	112	14,0	0,2	46	226	20,0	17,0	12,2	31	71
11	801	15,0	0,2	21	320	22,0	17,0	12,0	10	31
12	370	7,4	0,2	46	380	38,0	21,0	17,0	30	81

3. Оцінка динамічних ресурсів за даними спостережень за режимом підземних вод

Метою практичної роботи є: Набуття практичних навичок в оцінці динамічних ресурсів за даними спостережень за режимом підземних вод.

Завдання. Оцінити динамічні ресурси ґрунтових вод у вигляді шару води, що надходить як живлення до водоносного горизонту (мм/рік), модуля динамічних ресурсів (дм³/(с · км²)), витрати потоку підземних вод (м³/добу), коефіцієнта динамічних ресурсів (%) згідно варіанту таблиці 3.2 і за даними таблиці 3.3.

Методика виконання. Динамічні ресурси підземних вод являють собою величину їх сумарного відновлюваного живлення за рахунок комплексу природних та антропогенних факторів.

Природні джерела живлення: інфільтрація атмосферних опадів, конденсація вологи з повітря, фільтрація з поверхневих водотоків та водоймищ, перетікання із сусідніх водоносних горизонтів, приплив із сусідніх територій.

Антропогенні джерела живлення: фільтрація з каналів, водосховищ, втрати води на полях зрошення, втрати води з водних комунікацій міст та промислових підприємств.

Весь об'єм води, що надходить у водоносний горизонт, утворює потік підземних вод, який по ходу може розвантажуватися шляхом: випаровування, транспірації рослинами, стоку в поверхневі водотоки та водоймища, перетікання в сусідні водоносні горизонти, відтоку на сусідні території (рис. 3.1).

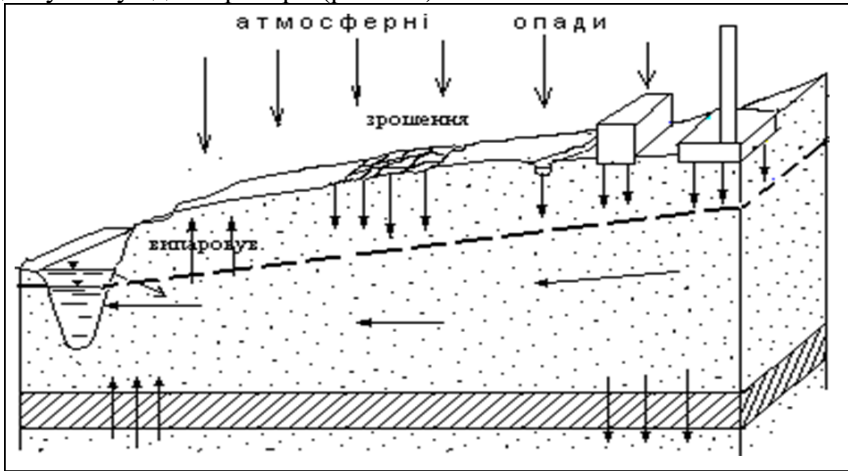


Рис. 3.1. Схема до визначення живлення підземних вод

В середньобаторічному періоді спостережень сумарне живлення підземних вод (Q_i) кількісно дорівнює сумарному розвантаженні їх (Q_j):

$$\sum_{i=1}^n Q_i = \sum_{j=1}^N Q_j, \quad (3.1)$$

Тому, динамічні ресурси підземних вод можуть бути розраховані як за сумою витрат джерел живлення, так і за сумою витрат джерел розвантаження.

В окремих випадках динамічні ресурси можуть бути розраховані за величиною витрати потоку підземних вод, якщо він забезпечений всіма джерелами живлення.

Результати кількісної оцінки динамічних ресурсів підземних вод виражаються у вигляді: а) витрати потоку підземних вод ($\text{м}^3/\text{добу}$, $\text{м}^3/\text{рік}$, $\text{км}^3/\text{рік}$, $\text{л}/\text{дм}^3$);

б) шару води, що надходить за одиницю часу до водоносного горизонту ($\text{мм}/\text{добу}$, $\text{мм}/\text{рік}$, $\text{м}/\text{рік}$);

в) модуля динамічних ресурсів, який являє собою величину динамічних ресурсів, що припадає на одиницю площі ($\text{дм}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$);

г) коефіцієнта підземного стоку, який являє собою відношення величини підземного стоку (Q_c) з тієї чи іншої території до величини атмосферних опадів (X) на тій же території (%).

Відомо багато методів визначення динамічних ресурсів підземних вод: гідродинамічні, гідрометричні, балансові, гідрогеологічних аналогій. Вибір того чи іншого з них здійснюється в залежності від особливостей гідрогеологічних умов території, що вивчається, техніко-економічних показників, цільового завдання, а також можливостей отримання необхідної інформації.

З гідродинамічних методів частіше за все використовуються – метод кінцевих різниць, за даними режимних спостережень за рівнем води у свердловинах; з гідрометричних методів – за стоком річки в межень, за різницею витрати річки у двох створах, на основі генетичного розчленування гідрографа річки; з балансових методів – за середнім багаторічним загальним водним балансом.

Оцінка динамічних ресурсів гідродинамічними методами

3.1. Метод кінцевих різниць

Цим способом визначається живлення, головним чином, безнапірних горизонтів, яке відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів.

Метод кінцевих різниць ґрунтується на застосуванні для гідродинамічного аналізу режиму ґрунтових вод рівняння неусталеної фільтрації в кінцевих різницях, виведеного Г.Н. Каменським для профільного потоку.

Одномірна неусталена фільтрації описується диференціальним рівнянням вигляду:

$$\mu \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(kh \frac{\partial H}{\partial x} \right) \quad (3.2)$$

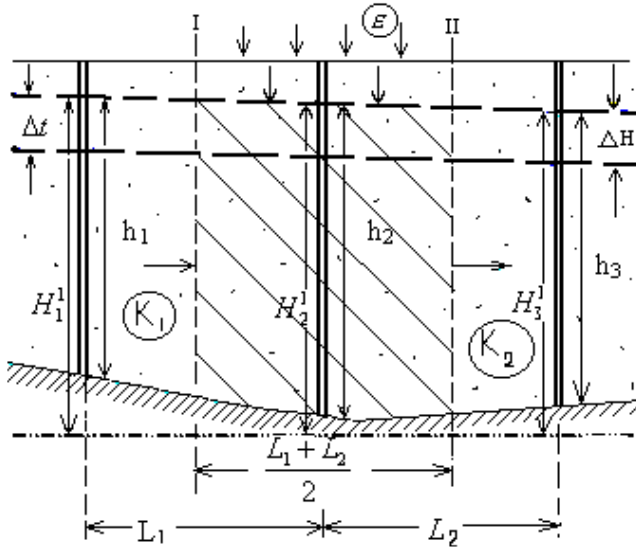


Рис. 3.2. Формування динамічних ресурсів підземних вод

Згідно з розрахунковою схемою (рис. 3.2), при наявності постійного по площі інфільтраційного живлення ґрунтових вод (3.3) рівняння в кінцевих різниціях для елемента потоку між перетинами I– II має вигляд:

$$\mu \frac{\Delta H}{\Delta t} \cdot \frac{L_1 + L_2}{2} = k_1 \cdot \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot \frac{H_1 - H_2}{L_1} - k_2 \cdot \frac{h_2 + h_3}{2} \cdot \frac{H_2 - H_3}{L_2} + \varepsilon \cdot \frac{L_1 + L_2}{2} \quad (3.3)$$

З рівняння (3.3) величина інфільтраційного живлення в умовах *неусталеної фільтрації* розраховується за формулою:

$$\varepsilon = \mu \frac{\Delta h}{\Delta t} - \frac{1}{L_1 + L_2} \left[k_1 (h_1 + h_2) \frac{H_1 - H_2}{L_1} - k_2 (h_2 + h_3) \frac{H_2 - H_3}{L_2} \right] \quad (3.4)$$

Для однорідного безнапірного пласта з горизонтальним водотривом в умовах *усталеної фільтрації* величина буде дорівнювати:

$$\varepsilon = \frac{k}{L_1 + L_2} \left(\frac{h_2^2 - h_3^2}{L_2} - \frac{h_1^2 - h_2^2}{L_1} \right). \quad (3.5)$$

Завдання для самостійної роботи 3-1

1. Для вивчення динамічних ресурсів ґрунтових вод на типовій ділянці обладнані 3 режимні свердловини, розташовані в напрямку руху підземних вод (рис. 3.2): L_1 , м, L_2 , м. Водоносний пласт – з горизонтальним водотривом, однорідний, з коефіцієнтом фільтрації k , м/добу. В умовах усталеного режиму фільтрації рівні води у свердловинах знаходяться на відмітках: h_1 , м; h_2 , м; h_3 , м. Визначити динамічні ресурси підземних вод горизонту на площі F , км² за даними представленими у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Вихідні дані

Варіант	L_1 , м	L_2 , м	h_1 , м	h_2 , м	h_3 , м	k , м/добу	F , км ²
1	30	46	12	11,4	10,4	4	90
2	40	56	13	11,9	9,8	3	100
3	35	51	13	12,8	11,6	6,8	90
4	40	56	12	11,6	10,4	1	90
5	30	62	11,8	11,3	10	4	100
6	45	56	11,8	11,4	10	5	80
7	45	56	12	11,4	10,4	4,5	120
8	42	56	11,8	11,4	10	3,2	80

3.2. Метод режимних спостережень за рівнем води в одній свердловині

Різновидом методу кінцевих різниць є метод розрахунку величини живлення ґрунтових вод за даними про коливання їх рівня в одній свердловині. Цей метод є наближеним.

У періоди різкого зростання рівня ґрунтових вод різниця між витратами потоку в розрахункових перетинах (див. рис. 3.2), яка визначається другим додатком правої частини рівняння (3.4), набагато менша першого додатку. У цьому випадку другий додаток може бути прийнятим за нуль. Виходячи з цього формула (3.4) прийме вигляд:

$$\varepsilon = \mu \frac{\Delta h}{\Delta t}. \quad (3.6)$$

Величина, що визначається за цією формулою, є заниженою, оскільки при цьому не враховується зниження рівня води у свердловині, яке пов'язане з відтоком води в напрямку руху потоку. Величину відтоку можна наближено врахувати, якщо під час живлення вважати його таким, як і в період, що передував підйому рівня (рис. 3.3). Підйом рівня води на Δh є результатом не тільки інфільтрації, а і природного відтоку. Якби інфільтрації не було, рівень продовжував би знижуватися (від точки А до точки В). Тому у формулі (3.6) приріст рівня Δh має бути більшим на величину Δz :

$$\varepsilon = \mu \frac{\Delta H + \Delta z}{\Delta t}, \quad (3.7)$$

Величину Δz зручно визначати, користуючись графіком режиму ґрунтових вод (рис. 3.3), продовживши лінію зниження рівня до точки, яка відповідає максимуму рівня в той чи інший період живлення (від точки А до точки В).

Якщо є режимні дані за період, в якому спостерігається декілька підйомів рівня, величина $(\Delta h + \Delta z)$ визначається для всіх i -тих ($i=1,2,\dots,n$) періодів живлення ґрунтових вод, після чого їх підсумовують. Величина інфільтрації за весь період спостережень буде дорівнювати:

$$\varepsilon = \frac{\mu \cdot \sum_{i=1}^n (\Delta H_i + \Delta z_i)}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i} \quad (3.8)$$

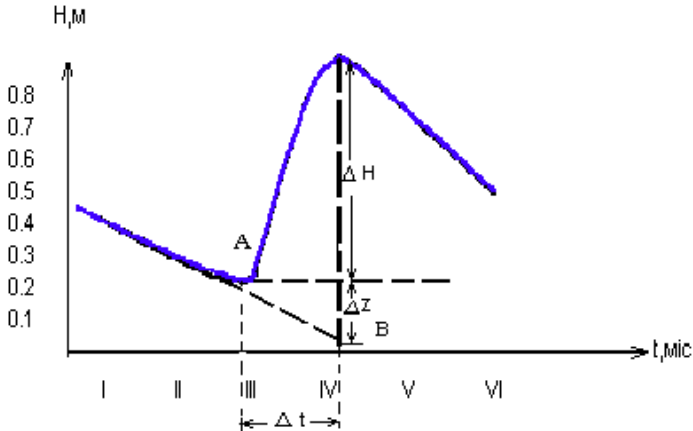


Рис. 3.3. Схема до розрахунку живлення ґрунтових вод шляхом аналізу режиму їх рівня в одній свердловині

Приклад. Оцінити інтенсивність живлення ґрунтових вод (мм/рік) за даними режимних спостережень у березні-квітні. Схема розташування свердловин зображена на рис. 3.2: $L_1 = 21$ м, $L_2 = 34$ м. Підняття рівня води спостерігається протягом 34 діб. У момент його найвищого положення зафіксовані такі дані: $h_1 = 8,2$ м, $h_2 = 7,6$ м, $h_3 = 6,6$ м. Приріст рівня води у 2-ій свердловині (Δh_2) складає 0,3 м. Коефіцієнт водовіддачі порід - 0,11, коефіцієнт фільтрації - 1 м/добу. Нижній водотрив - горизонтальний.

Приклад обчислення:

У м о в и

Площа горизонту ґрунтових вод (F) - 386 км². Середньобогаторічна величина атмосферних опадів у районі дорівнює 630 мм/рік, коефіцієнт вільної водовіддачі водовмісних

порід за даними відкачувань із свердловини дорівнює 0,06. У свердловині, яка розташована на межиріччі, проводилися спостереження за коливаннями рівня підземних вод протягом року. Дані спостережень за коливаннями рівня води у свердловині відображені в табл.3.2.

Таблиця 3.1

Дані режимних спостережень у свердловинах

Дата	Рівень, h (м)	Дата	Рівень, h (м)	Дата	Рівень, h (м)	Дата	Рівень, h (м)
01.01.99	1,6	01.02.99	1,25	01.03.99	1,1	01.04.99	1,0
07.01.99	1,5	07.02.99	1,15	07.03.99	1,1	07.04.99	1,4
15.01.99	1,4	15.02.99	1,12	15.03.99	1,0	15.04.99	1,8
23.01.99	1,3	23.02.99	1,12	23.03.99	1,0	23.04.99	1,9
01.05.99	1,9	01.06.99	1,7	01.07.99	1,4	01.08.99	1,2
07.05.99	1,8	07.06.99	1,6	07.07.99	1,3	07.08.99	1,2
15.05.99	1,8	15.06.99	1,6	15.07.99	1,2	15.08.99	1,3
23.05.99	1,7	23.06.99	1,5	23.07.99	1,1	23.08.99	1,3
01.09.99	1,2	01.10.99	1,0	01.11.99	1,3	01.12.99	1,2
07.09.99	1,1	07.10.99	1,0	07.11.99	1,2	07.12.99	1,2
15.09.99	1,1	15.10.99	1,2	15.11.99	1,2	15.12.99	1,1
23.09.99	1,0	23.10.99	1,3	23.11.99	1,3	23.12.99	1,0

Оцінити динамічні ресурси ґрунтових вод у вигляді шару води, що надходить як живлення до водоносного горизонту (мм/рік), модуля динамічних ресурсів ($\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$), витрати потоку підземних вод ($\text{м}^3/\text{добу}$), коефіцієнта динамічних ресурсів (%).

Р о з в ' я з о к

Інтенсивність живлення ґрунтових вод визначимо за коливаннями рівня води в одній свердловині (рис. 3.4). За даними режимних спостережень побудуємо графік. На ділянках графіка, що відповідають підняттю рівня, визначаємо величини Δh і Δz . Для цього від точки перегину графіка проводимо лінії, які відображають тенденцію попереднього періоду зниження рівня. Величина $(\Delta h + \Delta z)$ вимірюється в метрах по вертикалі від найвищих точок графіка до перетину з цими лініями (рис. 3.4).

1). Шар води Y (мм), що витрачається на живлення горизонту за рік (період режимних спостережень), визначається за формулою:

$$Y = \mu \sum_{i=1}^n (\Delta h_i + \Delta z_i) \cdot 1000; \quad (3.9)$$

Звідси:

$$Y = 0,06 \cdot (0,9 + 0,4 + 0,2 + 0,1) \cdot 1000 = 96 \text{ мм/рік.}$$

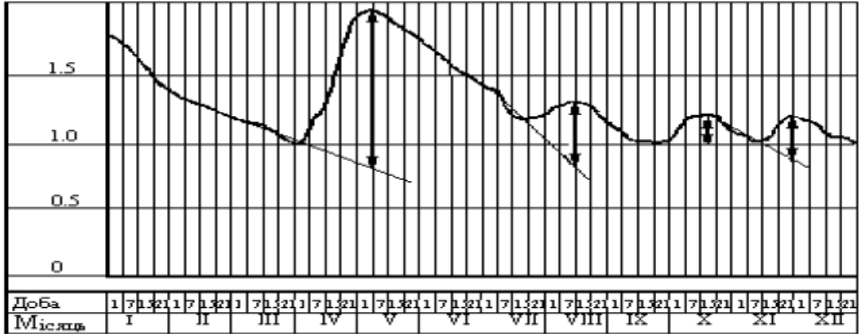


Рис. 3.4. Графік коливання рівня води у свердловині

1). Модуль динамічних ресурсів підземних вод (M_0) обчислюємо за залежністю:

$$M_0 = 0,0317 \cdot Y, \quad (3.10)$$

де 0,0317 – коефіцієнт переведу мм/рік у $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$.

$$M_0 = 0,0317 \cdot 96 = 3,0 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2).$$

2). Динамічні ресурси ґрунтових вод на площі розповсюдження водоносного горизонту, який вивчається, обчислюються за формулою:

$$Q_0 = M_0 \cdot F \cdot 86,4, \quad (3.11)$$

де 86,4 – коефіцієнт переведу $\text{дм}^3/\text{с}$ у $\text{м}^3/\text{добу}$.

$$Q_0 = 3,0 \cdot 386 \cdot 86,4 = 100051 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Таким чином, динамічні ресурси ґрунтових вод на території 386 км^2 складають $10 \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{добу}$ або 96 мм/рік, модуль динамічних ресурсів – $3,0 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$.

Завдання для самостійної роботи 3-2

Оцінити динамічні ресурси ґрунтового водоносного горизонту, які формуються в межах першої надзапальної тераси, використовуючи дані режимних спостережень в одній свердловині, яка розташована в типових гідрогеологічних умовах. Інформація про площу горизонту (F), значення коефіцієнта гравітаційної водовіддачі (m) і кількість опадів наведені в табл. 3.2, дані режимних спостережень - у табл. 3.3. Результати розрахунків виразити в модульній формі ($\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$), у вигляді коефіцієнта динамічних ресурсів (%) та витрати потоку підземних вод ($\text{м}^3/\text{добу}$).

Таблиця 3.2

Вихідні дані

Показники	№№ варіантів						
	1	2	3	4	5	6	7
	0,08	0,1	0,12	0,06	0,11	0,09	0,09
$F, \text{км}^2$	232	146	27	205	129	150	263
$X, \text{мм/рік}$	650	620	635	665	645	568	640

Таблиця 3.3

Режимні спостереження за рівнем води у свердловинах (м)

Дата В-т	Січень				Лютий				Березень			
	1	7	15	23	1	7	15	23	1	7	15	23
1	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
3	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
4	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6
5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4
6	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3
7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0
Дата В-т	Квітень				Травень				Червень			
	1	7	15	23	1	7	15	23	1	7	15	23
1	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	0,8	0,8
2	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,8	1,0	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0
3	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,8	1,3	1,4	1,3	1,2
4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,1	1,2
5	0,5	0,5	0,4	0,4	1,2	1,2	1,3	1,1	1,0	1,0	0,7	0,8
6	0,4	0,4	0,3	0,3	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
7	1,1	1,0	0,98	0,95	0,93	0,9	0,8	0,92	0,95	0,98	1,0	1,05

Дата В-т	Липень				Серпень				Вересень			
	1	7	15	23	1	7	15	23	1	7	15	23
1	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4
2	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6
3	1,0	0,9	0,8	0,7	0,8	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6
4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7
5	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5
6	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8
7	1,08	1,12	1,15	1,12	1,1	1,06	1,05	1,02	1,0	0,9	0,95	0,98
Дата В-т	Жовтень				Листопад				Грудень			
	1	7	15	23	1	7	15	23	1	7	15	23
1	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8	0,6	0,6	0,5	0,5
2	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6
3	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5
4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4
5	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6
6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,8	0,8	0,6	0,5
7	1,0	1,05	1,1	1,12	1,15	1,2	1,08	1,05	1,01	1,0	0,98	0,95

4. Оцінка динамічних ресурсів підземних вод гідрометричними методами

Метою практичної роботи є: Набуття практичних навичок в оцінці динамічних ресурсів підземних вод гідрометричними методами.

Завдання. Визначити динамічні ресурси водоносного горизонту у вигляді: 1) шару води, що надходить у водоносний горизонт; 2) модуля динамічних ресурсів; 3) витрати потоку; 4) коефіцієнта підземного стоку. Згідно вихідних даних наведених в табл. 4.1.

Методика виконання. Визначення динамічних ресурсів підземних вод гідрометричними методами

Ці методи використовуються для вивчення динамічних ресурсів підземних вод водоносних горизонтів, що мають гідравлічний зв'язок із річковими водами. Такі горизонти більшу частину року (за винятком повені) розвантажуються в річки.

Витрата річки в будь-якому гідрометричному створі забезпечена поверхневим та підземним стоком з водозбірної площі річки вище даного створу. **Гідрометричні методи** оцінки динамічних ресурсів підземних вод оснований на виділенні з загального річкового стоку,

тієї його складової, що формується за рахунок стікання в річку підземних вод.

У періоди тривалої відсутності атмосферних опадів, коли поверхневий стік відсутній або суттєво не впливає на річковий стік, витрата річки формується переважно за рахунок підземних вод. У такі періоди для оцінки динамічних ресурсів підземних вод часто використовуються методи, що ґрунтуються на вивченні меженного стоку річки, а також на визначенні різниці витрати річки у двох гідрометричних створах. На аналізі даних про зміну витрати річки в створі в часі (як правило за рік) оснований метод генетичного розчленування гідрографа річки.

Метод, що ґрунтується на вивченні меженного стоку річки

Під терміном „меженний період” розуміють фазу водного режиму річки, що спостерігається в зимовий або літньо-осінній сезони і характеризується відносно малими, стійкими за величиною витратами води. Стік за весь період межені називається меженным. Найменший стік річки в період межені тривалістю у 30 діб називається мінімальним меженным стоком.

Вважається, що витрата підземних вод, які стікають з площі водозбору річки вище замикаючого створу за період її стійкого підземного живлення, дорівнює витраті річки в цей період, тому величина стійкого підземного живлення річки (Q_p) в меженний період може розглядатися як динамічні ресурси підземних вод (Q_∂) для даного річкового басейну:

$$Q_\partial = Q_p \quad (4.1)$$

Метод, що ґрунтується на визначенні різниці витрат річки в двох гідрометричних створах

Зміна витрати річки між двома гідрометричними створами (рис. 4.1) дорівнює стоку підземних вод із горизонту на водозбірній ділянці цього відрізка річки. Витрата підземного потоку в цьому випадку складає:

$$Q_\partial = Q_1 - Q_2, \quad (4.2)$$

де Q_1 і Q_2 - витрати річки, відповідно, у нижньому та верхньому гідрометричних створах.

Середня одинична витрата підземного потоку розраховується за формулою:

$$q_{\text{д}} = \frac{Q_1 - Q_2}{L}, \quad (4.3)$$

де L - відстань між створами.

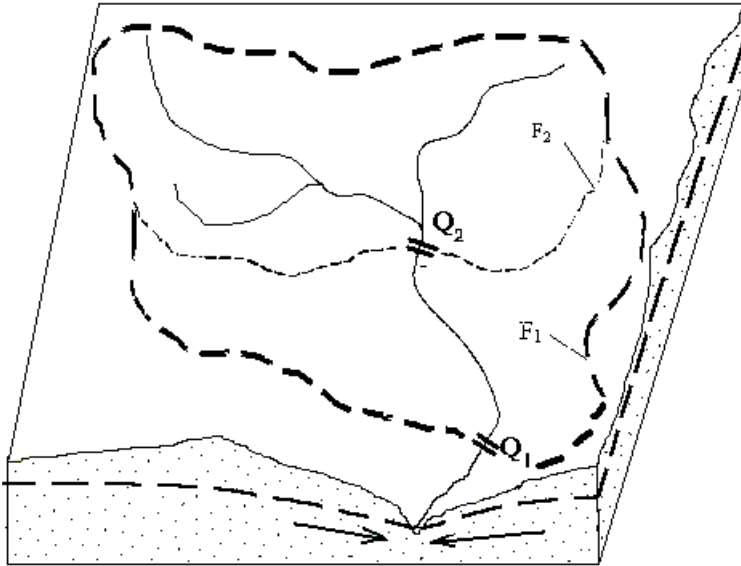


Рис. 4.1. Схема по визначенню динамічних ресурсів підземних вод за різницею витрати річки у двох створах

Приклад обчислення

У м о в и

На території, що вивчається, річка дрениє ґрунтовий водоносний горизонт. Площа розповсюдження горизонту (F) – 222 км². Для визначення динамічних ресурсів цього горизонту проведено вимірювання витрат річки у двох гідрометричних створах. У верхньому створі витрата (Q_2) дорівнює 0,29 м³/с, у нижньому (Q_1) - 0,35 м³/с. Водозбірна площа річки відносно верхнього створу (F_2) складає 74,2 км², відносно нижнього (F_1) – 91,2 км². Відстань між створами - 36 км, середньобагаторічна величина меженної витрати

річки (Q_m) за даними державного гідрометричного поста, що знаходиться на відстані 12 км нижче х. Зеленого, дорівнює $0,47 \text{ м}^3/\text{с}$. Водозбірна площа річки вище цього поста (F_3) дорівнює 168 км^2 . Середньобагаторічна величина атмосферних опадів (X) складає 645 мм/рік .

Визначити динамічні ресурси водоносного горизонту.

Розв'язок

Найвні дані дозволяють визначити динамічні ресурси підземних вод горизонту двома методами: за різницею витрат річки у двох створах та за меженною витратою річки.

За першим методом **модуль динамічних ресурсів** горизонту визначається як частка від ділення витрат річки у двох створах на відповідну водозбірну площу:

$$M_{\delta} = \frac{Q_1 - Q_2}{F_1 - F_2}; \quad (4.4)$$

$$M_{\delta} = [(0,35 - 0,29) \cdot 10^3] / (91,2 - 74,2) = 3,53 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2).$$

Динамічні ресурси підземних вод (мм/рік) дорівнюють:

$$Y = M_{\delta} / 0,0317, \quad (4.5)$$

де $0,0317$ – коефіцієнт переведення $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ у мм/рік.

$$Y = 3,53 / 0,0317 = 111,4 \text{ мм/рік}.$$

За меженною витратою річки **модуль динамічних ресурсів** підземних вод горизонту розраховується за залежністю:

$$M_{\delta} = Q_m / F_3; \quad (4.6)$$

$M_{\delta} = (0,47 \cdot 10^3) / 168 = 2,79 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$. Динамічні ресурси (мм/рік) знаходимо за формулою (4.5):

$$Y = 2,79 / 0,0317 = 88 \text{ мм/рік}.$$

Прийнявши до розрахунку найменше значення модуля ($2,79 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$), за залежністю

$$Q_{\delta} = M_{\delta} \cdot F \cdot 86,4$$

визначаємо динамічні ресурси підземних вод водоносного горизонту ($\text{м}^3/\text{добу}$):

$$Q_{\delta} = M_{\delta} \cdot F \cdot 86,4 = 2,79 \cdot 222 \cdot 86,4 = 53514 = 5,35 \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Коефіцієнт підземного стоку визначається за формулою:

$$k_n = \frac{Y}{X} 100\% \quad (4.7)$$

$$k_n = \frac{88}{645} 100\% = 13,6\%.$$

Завдання для самостійної роботи

Визначити динамічні ресурси водоносного горизонту у вигляді:
1) шару води, що надходить у водоносний горизонт; 2) модуля динамічних ресурсів; 3) витрати потоку; 4) коефіцієнта підземного стоку. Вихідні дані наведені в табл.4.1.

Таблиця 4.1

Вихідні дані

№ в-та	$Q_2, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_1, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_3, \text{ м}^3/\text{с}$	$F_2, \text{ км}^2$	$F_1, \text{ км}^2$	$F_3, \text{ км}^2$	$F, \text{ км}^2$	$X, \text{ мм/рік}$
1	0,78	0,9	1,50	320	360	520	513	670
2	0,01	0,17	0,71	24	68	80	110	640
3	0,04	0,10	0,12	21	42	57	78	580
4	0,12	0,26	0,34	51	96	126	161	710
5	0,21	0,23	0,86	110	121	151	220	650
6	0,87	0,93	1,23	412	431	470	605	630
7	0,15	0,21	0,24	77	109	150	301	610
8	0,43	0,56	0,68	153	194	323	467	705
9	0,07	0,12	0,18	37	65	112	201	620
10	0,009	0,026	0,03	5,7	16	23	67	650
11	0,20	2,40	1,00	257	382	610	811	570
12	0,16	0,20	0,30	120	154	222	381	495
13	0,11	0,18	0,20	55	84	100	426	560
14	0,08	0,18	0,30	101	231	386	802	710
15	0,01	0,04	0,05	20	71	89	131	590

5. Розрахунок водозабірних споруд із метою оцінки експлуатаційних запасів підземних вод

Метою практичної роботи є: Набуття практичних навичок з розрахунку водозабірних споруд із метою оцінки експлуатаційних запасів підземних вод.

Завдання. Визначити можливість видобутку необхідної кількості води з напірного необмеженого пласта трьома свердловинами, схема розташування яких наведена на рис. 5.3.

Необхідні дані для розв'язку задачі за 10 варіантами наведені в табл. 5.1.

Методика виконання. Оцінка експлуатаційних запасів підземних вод (ЕЗПВ) являє собою комплекс гідрогеологічних прогнозів, що виконуються для обґрунтування можливості експлуатації підземних вод водозабірними спорудами стосовно до певного цільового призначення їх використання у господарстві.

Під **експлуатаційними запасами** розуміють середню за розрахунковий період витрату підземних вод (у кубічних метрах за добу), яку можна отримана за допомогою геолого-економічно обґрунтованих водозабірних споруд при заданому режимі експлуатації та якості води, яка б відповідала вимогам цільового призначення протягом усього розрахункового періоду водопостачання з урахуванням природоохоронних заходів.

Ключовим елементом оцінки ЕЗПВ є розрахунки продуктивності водозабору. Розрахунки всіх інших елементів визначаються, власне кажучи, розрахунками продуктивності і безпосередньо з ними пов'язані.

Оцінка експлуатаційних запасів найчастіше зводиться до визначення величин зниження рівня підземних вод у свердловинах при заданому їх дебіті та подальшого порівняння цієї величини з допустимим зниженням.

Допустиме зниження. Теоретично граничне значення зниження рівня води в експлуатаційних свердловинах може дорівнювати величині напору над подошвою водоносного горизонту. Однак реальні величини зниження завжди менше свого граничного значення. Це пов'язане з тим, що при експлуатації в свердловині повинен бути певний стовп води, який забезпечує нормальну роботу насосного обладнання, а довжина затопленої частини фільтру повинна забезпечити надходження у свердловину з пласта проектної витрати.

На практиці величина допустимого зниження рівня води у свердловинах $S_{\text{дон}}$ прийнято визначати для безнапірного горизонту за залежністю:

$$S_{\text{дон}} = (0,5-0,7) \cdot h, \quad (5.1)$$

для напірного

$$S_{\text{дон}} = H' + (0,5-0,7) \cdot m, \quad (5.2)$$

де h і m - відповідно, потужність безнапірного і напірного горизонтів; H' - напір над покрівлею напірного пласта.

В окремих випадках особливості будови гідрогеологічного перетину та техніко-економічні аспекти дозволяють прийняти інші значення допустимого зниження рівня.

Експлуатаційні запаси можуть вважатися забезпеченими, якщо розрахункове значення зниження рівня (S_p) у свердловинах не виходитиме за межі допустимого ($S_{\text{дон}}$).

$$S_p \leq S_{\text{дон}} \quad (5.3)$$

Розрахунковий термін експлуатації. Оцінка експлуатаційних запасів підземних вод може виконуватися або на необмежений в часі термін, коли гідрогеологічні умови визначають усталений режим фільтрації, або на певний розрахунковий період, у випадку, коли експлуатація буде здійснюватися при неусталеному режимі фільтрації. У такому випадку звичайно термін роботи водозабірної споруди визначається замовником. Якщо такий строк не встановлений, то для розрахунків він приймається рівним 10^4 діб (27,4 років).

Раціональна схема розташування свердловин на площі оцінки ЕЗПВ можна типізувати наступним чином:

- 1) одиночні свердловини;
- 2) групи з невеликої кількості свердловин, що розташовані різним способом по площі;
- 3) лінійні ряди свердловин;
- 4) кільцеві ряди свердловин;
- 5) група із великої кількості свердловин, що розташовані в межах кругового контуру;
- 6) сітка свердловин.

Методи оцінки ЕЗПВ. Для виконання гідрогеологічних прогнозів при оцінці ЕЗПВ можуть застосовуватися наступні

методи розрахунків: *гідродинамічні, гідравлічні, балансові, гідрогеологічних аналогій і експертних оцінок.*

Вибір методу прогнозування залежить від складності геолого-гідрогеологічних умов району, ступеня їх вивченості, цільового призначення розрахунків тощо.

Розрахунок водозабірних споруд гідродинамічними методами

Гідродинамічні методи основані на використанні в розрахунках водозабірних споруд аналітичних залежностей, які отримані при розв'язанні диференціальних рівнянь фільтрації. Для простих гідрогеологічних умов рішення цих рівнянь реалізуються у вигляді аналітичних розрахунків. У більш загальному випадку (у тому числі в складних умовах) розв'язання диференційних рівнянь здійснюється методом математичного моделювання.

Гідродинамічні методи використовуються в усіх випадках, коли існує можливість представити гідрогеологічну обстановку у вигляді розрахункової фільтраційної схеми.

Гідродинамічні схеми пластів. У природних умовах водоносні горизонти обмежені з усіх сторін. Однак на роботу водозабору можуть впливати лише окремі межі, а іноді цей вплив зовсім відсутній. У залежності від кількості і форм меж, що впливають на роботу водозабору, виділяють наступні основні типові схеми пластів: *необмежені (безмежні); напівобмежені; обмежені.* Серед обмежених пластів розрізняють: смугоподібний (пласт-смуга), кутовий (пласт-кут), круговий (пласт-коло).

Розрахунок водозабірних споруд у необмежених пластах

Якщо природні межі водоносного горизонту знаходяться так далеко від водозабору, що за весь час експлуатації t_e воронка депресії їх не досягне, розрахункова гідродинамічна схема називається "необмеженим пластом". В умовах однорідного напірного необмеженого пласта зниження рівня (S) при постійному дебіті (Q_0) розраховується за формулою Тейса, яка для квазіусталеного режиму фільтрації має вигляд:

$$S = \frac{Q_0}{4\pi km} \ln \frac{2.25at}{r^2}, \quad (5.4)$$

де Q_0 - дебіт досконалої свердловини; km - коефіцієнт водопровідності пласта; a - коефіцієнт п'єзопровідності пласта; t - термін роботи свердловини; S - зниження рівня води в будь-якій точці пласта, розташований на відстані r від свердловини.

Розрахунок групи взаємодіючих свердловин проводиться з використанням методу накладання течій (суперпозиції). Метод полягає в тому, що зниження рівня води в кожній із взаємодіючих свердловин дорівнює алгебраїчній сумі зрізок рівня води в цій свердловині від роботи всіх інших свердловин, які працюють як одиночні.

$$S_p = S_0 + \sum_{i=1}^n \Delta S_i, \quad (5.5)$$

де S_p - прогнозне зниження рівня води в розрахунковій свердловині; S_0 - зниження рівня води в цій свердловині при її роботі як одиночної, тобто, без врахування взаємодії; $\sum_{i=1}^n \Delta S_i$ - сума знижень рівня води (зрізок рівня), що викликані роботою кожної іншої свердловини водозабірної споруди ($i = 1, 2, \dots, n$), при їх роботі теж як одиночних (рис. 5.1).

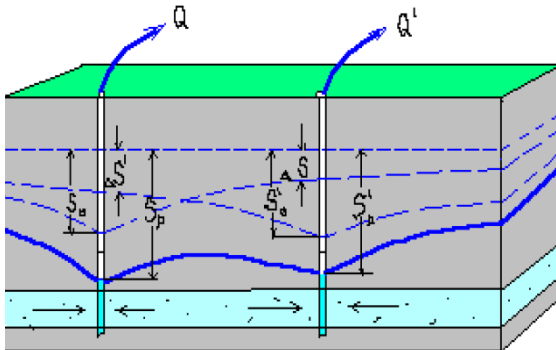


Рис. 5.1. Схема до розрахунку взаємодіючих свердловин

Приклад обчислення

У м о в и

Визначити можливість отримання води в кількості $3000 \text{ м}^3/\text{добу}$ із напірного водоносного горизонту за допомогою трьох свердловин. Схема розташування свердловин наведена на рис. 5.2.

Потужність горизонту (m) - 18 м, напір над покрівлею пласта (H') становить 43 м. Водопровідність, яка встановлена за даними відкачування із св.1 дорівнює $80 \text{ м}^2/\text{добу}$, із св.2 - $120 \text{ м}^2/\text{добу}$, із св.3 - $200 \text{ м}^2/\text{добу}$. Середнє значення п'єзопровідності (a) становить $4 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{добу}$. Водоносний горизонт у плані може бути схематизований у вигляді необмеженого пласта. Св.2 обладнана фільтром довжиною (l_f) 6,0 м, який розташований у верхній частині пласта. Інші свердловини - досконалі.

Розрахунковий час роботи водозабірної споруди - 10^4 діб.

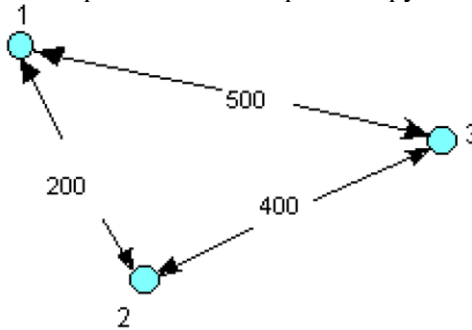


Рис. 5.2. Схема розташування свердловин

Р о з в ' я з о к.

Виходячи з умови рівномірного навантаження на свердловини, визначається їх дебіт (Q_c):

$$Q_c = Q_{\text{сум}}/n, \quad (5.6)$$

де $Q_{\text{сум}}$ - сумарний дебіт свердловин; n - кількість свердловин.

$$Q_c = 3000/3 = 1000 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Враховуючи порівняно невелику потужність водоносного горизонту, допустиме зниження приймаємо рівним величині напору над покрівлею, тобто $S_{\text{дон}} = H' = 43 \text{ м}$.

Розрахункові значення водопровідності визначаються як середньоарифметичні для пари взаємодіючих свердловин:

$$km_{1,2} = (80+120)/2 = 100 \text{ м}^2/\text{добу};$$

$$km_{1,3} = (80+200)/2 = 140 \text{ м}^2/\text{добу};$$

$$km_{2,3} = (120+200)/2 = 160 \text{ м}^2/\text{добу}.$$

Згідно з (5.4) та (5.5), формула для розрахунку зниження рівня в досконалих свердловинах буде мати вигляд:

$$S_p = \frac{Q_0}{4\pi} \left(\frac{1}{km_0} \ln \frac{2,25at}{r_c^2} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{km_i} \ln \frac{2,25at}{r_i^2} \right), \quad (5.7)$$

де km_0 - водопровідність у зоні розрахункової свердловини; km_i - середнє значення водопровідності між розрахунковою свердловиною та свердловиною, що впливає на неї; r_c - радіус свердловини; r_i - відстань від свердловини розрахункової до інших свердловин.

Підставивши необхідні значення у формулу (5.7), отримаємо розрахункові зниження у свердловинах № 1 та № 3 за схемою (рис. 5.3)

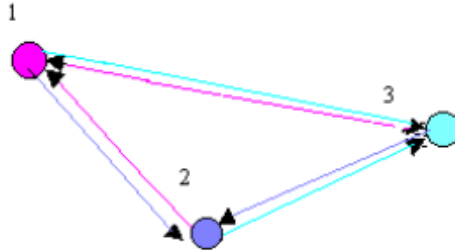


Рис. 5.3. Схема розрахунку водозабору

$$S_{p(1)} = \frac{1000}{4 \cdot 3,14} \left(\frac{1}{80} \ln \frac{2,25 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 10^4}{0,2^2} + \frac{1}{100} \ln \frac{2,25 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 10^4}{200^2} + \frac{1}{140} \ln \frac{2,25 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 10^4}{400^2} \right) = 42,4 \text{ м}$$

$$S_{p(3)} = \frac{1000}{4 \cdot 3,14} \left(\frac{1}{200} \ln \frac{2,25 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 10^4}{0,2^2} + \frac{1}{140} \ln \frac{2,25 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 10^4}{400^2} + \frac{1}{160} \ln \frac{2,25 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 10^4}{300^2} \right) = 22,4 \text{ м}$$

Розрахункове зниження рівня в 2-й недосконалій свердловині визначається за залежністю:

$$S_{p(2)} = \frac{Q}{4\pi} \left[\frac{1}{km_0} \left(\ln \frac{2,25at}{r_c^2} + 2\zeta \right) + \frac{1}{km_{1-2}} \ln \frac{2,25at}{r_{1-2}^2} + \frac{1}{km_{1-3}} \ln \frac{2,25at}{r_{1-3}^2} \right], \quad (5.8)$$

де ζ - гідравлічний опір, що обумовлений недосконалістю свердловини за ступенем розкриття водоносного горизонту; визначається за (дод. 1, таблиця 5.2) у залежності від співвідношення l_ϕ/m та m/r_c :

$$l_\phi/m = 6 : 18 = 0,33 ; m/r_c = 18 : 0,2 = 90.$$

За графіком - $\zeta = 8$

Розрахункове зниження у свердловині № 2 дорівнює:

$$S_{p(2)} = \frac{1000}{4 \cdot 3,14} \left[\frac{1}{140} \left(\ln \frac{2,25 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 10^4}{0,2^2} + 2 \cdot 8 \right) + \frac{1}{100} \ln \frac{2,25 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 10^4}{200^2} + \frac{1}{160} \ln \frac{2,25 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 10^4}{400^2} \right] = 35,1 \text{ м.}$$

Висновок

Як свідчать розрахунки, максимальне зниження у свердловині № 1 не перевищує допустимого. Це говорить про те, що в розглянутих гідрогеологічних умовах необхідна кількість води (3000 м³/добу) може бути отримана протягом усього розрахункового періоду трьома свердловинами, які розташовані за зазначеною схемою.

Завдання для самостійної роботи

Таблиця 5.1

Вихідні дані

Параметри	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_{стм}$	3000	1800	4200	900	2700	5100	3000	2400	4800	2200
r_c	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
r_{1-2}	500	100	70	50	600	80	250	400	80	78
r_{1-3}	100	200	300	75	257	140	310	200	120	63
r_{2-3}	660	250	310	80	500	96	380	300	110	83
km_1	120	60	90	100	200	140	70	180	220	110
km_2	180	80	110	80	160	280	110	120	260	160
km_3	220	90	70	120	120	210	160	200	280	100
H'	50	45	65	20	33	55	40	28	30	35
t	1×10^4	1×10^7	1×10^4	1×10^3	1×10^4	1×10^4	1×10^4	1×10^3	1×10^4	1×10^4
a	6×10^4	1×10^4	1×10^5	7×10^4	3×10^5	6×10^5	3×10^5	6×10^4	7×10^4	7×10^4
m	20	25	37	12	21	40	30	17	23	18
$l_{\phi 1}$	9	-	-	6	-	-	-	-	-	5
$l_{\phi 2}$	-	5	-	-	7	10	-	-	10	-
$l_{\phi 3}$	-	-	10	-	-	-	8	7	-	-

Значення $\zeta=f(l\phi/m;m/r)$

$l\phi/m$	m/r								
	1	3	10	30	100	200	500	1000	2000
0,1	0,06	1,05	5,2	12,2	21,4	26,9	34,75	39,8	40,15
0,3	0,045	0,645	2,39	4,6	7,25	8,85	10,75	12,45	14,1
0,5	0,025	0,33	1,13	2,1	6,25	3,95	4,8	5,5	6,2
0,7	0,01	0,115	0,44	0,85	1,05	1,6	2,0	2,3	2,6
0,9	-	0,01	0,065	0,15	0,25	0,35	0,4	0,5	0,55

6. Розрахунок водозабірних споруд у напівобмежених пластах

Метою практичної роботи є: Набуття практичних навичок з розрахунку водозабірних споруд у напівобмежених пластах.

Завдання. Розрахувати водозабірну споруду для відбору необхідної кількості підземних вод. Природні умови аналогічні умовам, що наведені в прикладі. Вихідні дані за 10 варіантами завдання наведені в табл. 6.1.

Методика виконання. У природних умовах водоносні горизонти обмежені з усіх боків. Але якщо на роботу водозабору впливає тільки одна межа, а інші знаходяться так далеко, що за весь час експлуатації будуть за межами воронки депресії, розрахункова гідродинамічна схема називається "**напівобмеженим**" **пластом**. Найчастіше така схема використовується як розрахункова у випадках, коли водозабірна споруда розташована поблизу річок або контактів водонасичених порід із слабопроникними.

Межа водоносного пласта по річці, як правило, розглядається як межа з постійним напором ($H = const$), а межа із слабопроникними породами - як межа з витратою $q = 0$.

Урахування впливу прямолінійної межі на роботу водозабору ґрунтується на застосуванні **методу дзеркальних відображень**. За цим методом реальний напівобмежений пласт замінюється умовно необмеженим, в якому по контуру межі зберігається гранична

умова. Це досягається введенням у розрахунок дзеркально відображених від межі умовних свердловин із дебітами, що дорівнюють реальним, з протилежними за знаком на межі з граничною умовою $H=\text{const}$ та однаковими – на межі з умовою $q=0$.

В умовах напівобмеженого пласта з межею першого роду ($H = \text{const}$) протилежний знак дебіту відображеної свердловини відповідає наливу до неї води. Таким чином, на середині між реальною і відображеною свердловинами зберігається постійний в часі рівень (рис. 6.1).

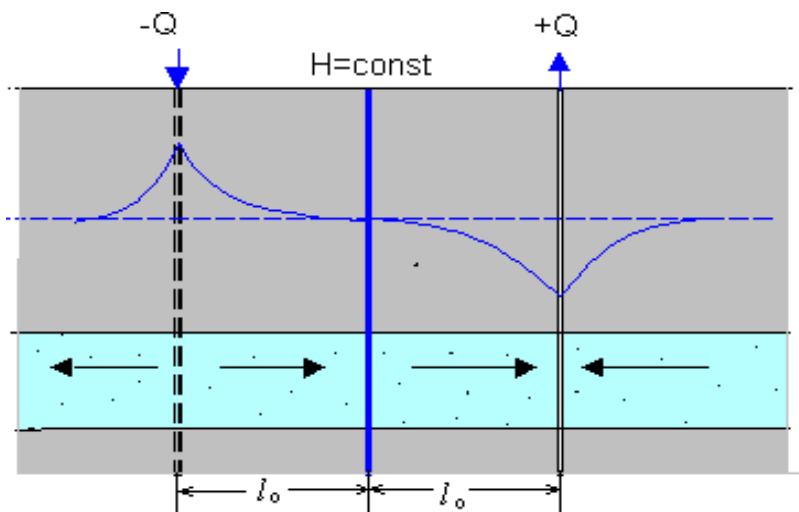


Рис. 6.1. Схема до розрахунку притоку підземних вод до свердловини в напівобмеженому пласті з постійним напором на межі

Далі розрахунок ведеться для двох взаємодіючих свердловин (реальної та відображеної) в умовно безмежному пласті.

За методом накладання течій в реальній свердловині зниження рівня води S_p буде дорівнювати:

$$S_p = S_0 + \Delta S^1, \quad (6.1)$$

де S_0 – зниження рівня в реальній свердловині, що працює сама, зрізка рівня в реальній свердловині від роботи відображеної свердловини.

За формулою Тейса:

$$S_0 = \frac{Q}{4\pi km} \ln \frac{2,25at}{r_c^2}, \quad (6.2)$$

$$\Delta S^1 = -\frac{Q}{4\pi km} \ln \frac{2,25at}{(2l_0)^2}, \quad (6.3)$$

$$\begin{aligned} S_p &= \frac{Q}{4\pi km} \ln \frac{2,25at}{r_c^2} - \frac{Q}{4\pi km} \ln \frac{2,25at}{(2l_0)^2} = \\ &= \frac{Q}{4\pi km} (\ln 2,25at - \ln r_c^2 - \ln 2,25at + \ln (2l_0)^2) = \frac{Q}{2\pi km} \ln \frac{2l_0}{r_c} \end{aligned} \quad (6.4)$$

Якщо водозабірна споруда складається із декількох взаємодіючих свердловин, розрахункове зниження в кожній з них буде дорівнювати:

$$S_p = \frac{Q_0}{2\pi km} \ln \frac{\rho_0}{r_c} - \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{2\pi km} \ln \frac{\rho_i}{r_i}, \quad (6.5)$$

де S_p - зниження рівня води в розрахунковій свердловині з дебітом Q_0 при роботі її як одиночної та роботі інших свердловин з дебітом Q_i ; r_c і r_i - відповідно, радіус розрахункової свердловини та відстань до цієї свердловини від інших взаємодіючих свердловин; ρ_0 , ρ_i - відповідно, відстані від розрахункової свердловини до її дзеркального відображення та до інших дзеркально відображених свердловин (рис. 6.2).

В умовах напівообмеженого пласта з межею другого роду ($q = const$) зниження в кожній із взаємодіючих свердловин водозабірної споруди розраховується за формулою:

$$S_p = \frac{Q_0}{2\pi km} \ln \frac{2,25at}{r_c \rho_0} - \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{2\pi km} \ln \frac{2,25at}{r_i \rho_i}, \quad (6.6)$$

де a - коефіцієнт п'єзопровідності; t - проектний термін експлуатації. Інші позначення ті ж самі, що і у формулі (6.5).

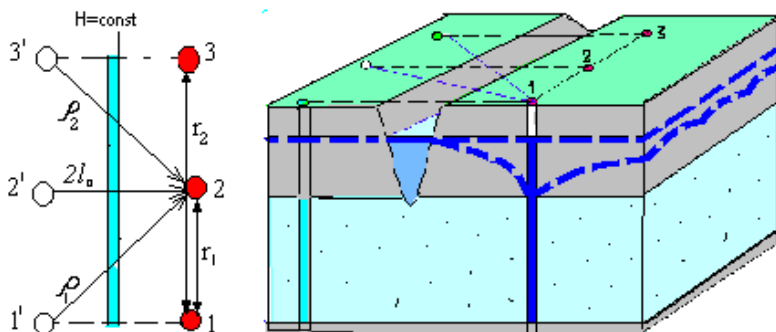


Рис. 6.2. Схема до розрахунку водозабору в умовах напівобмеженого пласта

Приклад розрахунку

Умова

Оцінити можливість отримання води в кількості $4200 \text{ м}^3/\text{добу}$ долині річки. Русло розташоване вздовж правого корінного схилу річкової долини, який складений добре проникними породами, подібними за фільтраційними властивостями до алювіальних відкладів. Водовмісні алювіальні породи потужністю 25 м перекриті суглинистими відкладами. Напір над покрівлею горизонту (H') складає 28 м .

Коефіцієнт фільтрації водовмісних порід - $4,8 \text{ м/добу}$. Середньобагаторічна витрата річки в межень - $0,09 \text{ м}^3/\text{с}$. Алювіальний водоносний горизонт має безпосередній гідравлічний зв'язок із річкою.

Продуктивність досконалої свердловини (Q), яка розташована на відстані (l_0)= 200 м від річки, складає $1400 \text{ м}^3/\text{добу}$ при зниженні рівня на $13,7 \text{ м}$. Радіус водозабірної свердловини - $0,2 \text{ м}$.

Розв'язок

На основі наявної інформації гідрогеологічні умови водозабірної ділянки можуть бути схематизовані у вигляді однорідного, напірного пласта, який обмежений з одного боку річкою, з другого -

корінним схилом долини. Для таких умов доцільно розташувати свердловини в лінійний ряд уздовж річки.

Враховуючи необхідність очищення річкової води під час фільтрації, відстань від річки до проектної споруди (l_0) приймаємо 200 м.

Оскільки між річкою і водоносним горизонтом існує досконалий зв'язок, а витрата річки $0,09 \text{ м}^3/\text{с}$ ($7776 \text{ м}^3/\text{добу}$) перевищує продуктивність водозабору ($4200 \text{ м}^3/\text{добу}$), природні умови можуть бути схематизовані у вигляді напівобмеженого пласта з умовою 1-го роду ($H = \text{const}$) по річці.

Допустиме зниження можна прийняти:

$$S_{\text{доп}} = H' + 0,2\text{м} = 28 + 5 = 33 \text{ м.}$$

Виходячи з потреби у воді ($4200 \text{ м}^3/\text{добу}$) та дослідного дебіту свердловини ($1400 \text{ м}^3/\text{добу}$), визначимо кількість свердловин, необхідних для водовідбору:

$$n = 4200 : 1400 = 3.$$

Відстань між свердловинами приймаємо (з умови $r_1 < 2l_0$):

$$L_0 = 200 \text{ м}, r_1 = 350 \text{ м}, r_2 = 280 \text{ м.}$$

Розрахунок водозабірної споруди, що складається з трьох свердловин, проводиться з використанням залежності (6.5). Найбільше зниження рівня буде спостерігатися у св.2, яка знаходиться посередині ряду.

Величина цього зниження дорівнюватиме:

$$S_p = \frac{Q}{2\pi km} \left(\ln \frac{2l_0}{r_c} + \ln \frac{\sqrt{(2l_0)^2 + r_1^2}}{r_1} + \frac{\sqrt{(2l_0)^2 + r_2^2}}{r_2} \right) = \frac{1400}{6,28 \cdot 4,6 \cdot 25,0} \left(\ln \frac{400}{0,2} + \ln \frac{\sqrt{400^2 + 350^2}}{350} + \frac{\sqrt{400^2 + 280^2}}{280} \right) = 15,9 \text{ м}$$

З наведеного розрахунку видно, що отримана величина зниження набагато менша від допустимого. У зв'язку з цим доцільно водозабірні свердловини робити недосконалими. Це дозволяє знизити обсяги бурових робіт, і водозабірна споруда буде раціональнішою.

Розрахунок зниження рівня на водозабірній споруді із недосконалих свердловин виконуємо за формулою:

$$S_p = \frac{Q_0}{2\pi km} \left(\ln \frac{\rho_0}{r_c} + \zeta \right) + \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{2\pi km} \ln \frac{\rho_i}{r_i}, \quad (6.7)$$

де ζ - опір, що визначається недосконалістю свердловини.

Коефіцієнт недосконалості свердловини визначаємо методом підбору, виходячи з умови $S_p = S_{дон}$.

Використовуючи графіки (додаток 1, табл. 6.2) за відношенням m/r_c та ζ визначаємо величину l_ϕ/m , а звідси l_ϕ . У нашому випадку підібрана величина $\zeta = 9,0$, тоді при $m/r_c = 25 : 0,2 = 125$ і $l_\phi/m = 1/2,5 = 0,3$. $l_\phi = 25 \cdot 0,3 = 7,5$ м.

Отже, довжина фільтра у св. 2, що прилягає до покрівлі водоносного горизонту, дорівнюватиме 7,5 м. Фільтрами такої ж довжини слід обладнати і решту свердловин.

Оптимізацію водозабірної споруди можна здійснити й іншим шляхом.

Передусім розраховуємо дебіт досконалої свердловини при $S_{дон} = 33$ м.

$$Q_0 = \frac{2k_m \cdot S_{дон}}{\ln \frac{2l_0}{r_c}} = \frac{6,28 \cdot 120 \cdot 33}{\ln \frac{400}{0,2}} = 3272 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Виходячи з того, що однією свердловиною відібрати необхідну кількість води (4200 м³/добу) неможливо, розглянемо водозабірну споруду з двох свердловин. Середній дебіт кожної з них має бути

$$Q = 4200 : 2 = 2100 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

При відстані між свердловинами в 350 м зниження рівня води в них з урахуванням взаємодії дорівнюватиме:

$$S_p = \frac{2100}{6,28 \cdot 120} \left(\ln \frac{400}{0,2} + \ln \frac{\sqrt{400^2 + 350^2}}{350} \right) = 22,3 \text{ м.}$$

Якщо ці свердловини зробити недосконалими ($m/r_c = 125$; $\zeta = 3,8$; $l_\phi/m = 0,46$) з фільтрами довжиною 11,5 м, які примикають до покрівлі водоносного горизонту, то $S_p = S_{дон}$. Такий варіант схеми водозабірної споруди дозволяє отримати необхідну кількість води з найменшими, порівняно з іншими схемами, витратами.

В и с н о в о к.

Найбільш раціональною схемою водозабірної споруди для отримання необхідної кількості води (4200 м³/добу), є схема з двох недосконалих свердловин, розташованих на відстані 200 м від річки

і на 350 м одна від одної, з фільтрами довжиною 11,5 м у верхній частині водоносного горизонту.

Завдання для самостійної роботи

Таблиця 6.1

Вихідні дані

№ вар.	Q_0	$Q_{\text{сум}}$	k	m	l_0	r_1	r_2	r_c	H
1	750	2200	4,3	20,0	120	350	280	0,1	30
2	920	2800	5,9	18,0	180	86	120	0,2	26
3	1100	3400	7,3	9,6	210	300	250	0,2	31
4	1350	6900	4,4	29,0	160	240	180	0,1	34
5	1050	3700	8,2	17,4	165	220	170	0,2	24
6	580	1200	0,8	30,0	220	80	140	0,2	46
7	1150	4200	2,7	43,0	240	420	350	0,1	21
8	1370	4800	9,3	15,0	140	21	85	0,2	29
9	980	3000	6,1	16,5	190	340	270	0,1	15
10	1270	1200	3,5	21,0	260	310	185	0,2	37

Додаток 1
Таблиця 6.2

Значення $\zeta=f(l\phi/m; m/r)$

$l\phi/m$	m/r								
	1	3	10	30	100	200	500	1000	2000
0,1	0,06	1,05	5,2	12,2	21,4	26,9	34,75	39,8	40,15
0,3	0,045	0,645	2,39	4,6	7,25	8,85	10,75	12,45	14,1
0,5	0,025	0,33	1,13	2,1	6,25	3,95	4,8	5,5	6,2
0,7	0,01	0,115	0,44	0,85	1,05	1,6	2,0	2,3	2,6
0,9	-	0,01	0,065	0,15	0,25	0,35	0,4	0,5	0,55

7. Охорона підземних вод від забруднення

Метою практичної роботи є: Набуття практичних навичок з охорони підземних вод від забруднення та розрахунку ЗСО водозаборів.

Завдання. Свердловина № 1 експлуатує водоносний горизонт у горбашівських відкладах нижнього венду. Водоносний комплекс безмежний, напірний, немає зв'язку з поверхневими водами.

Межа першого поясу встановлюється в залежності від захищеності підземних.

ЗСО свердловини прийнята з трьох поясів. Перший пояс має розмір кола радіусом 30 м, розташований в сприятливих санітарних, топографічних і гідрогеологічних умовах, упорядкований згідно вимог ДБН В.2.5-74:2013 „Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення”.

Зона 1 поясу санітарної охорони має бути огорожена і в ній повинен витримуватись суворий режим, який забезпечить охорону підземних вод від забруднення.

Визначити межі другого та третього поясів ЗСО за вибраним варіантом додатку В.

Методика виконання. 1. Організація зон санітарної охорони водозаборів.

При обґрунтуванні експлуатаційних запасів підземних вод обов'язково оцінюються умови захищеності водоносного горизонту від забруднення і подаються рекомендації по його запобіганню.

У відповідності до Закону України “Про питну воду та питне водопостачання” (ст. 34), Постанови КМ України № 2024 від 18.12.1998 р., Водного кодексу України (ст.93) необхідним профілактичним заходом на водозабірних ділянках є створення навколо водозаборів зони санітарної охорони (ЗСО).

Зона санітарної охорони складається з трьох поясів особливого режиму, в межах яких здійснюються спеціальні заходи, що виключають можливість забруднення відібраної води та надходження забруднень до водоносного горизонту в районі водозабірної споруди (рис. 7.1).

Перший пояс ЗСО - пояс суворого режиму. Він охоплює територію розташування водозабірних споруд, ділянок розташування всіх водопровідних і водовідвідних споруд. Цей пояс встановлюється для усунення можливості випадкового або навмисного забруднення води безпосередньо у водозабірних і водопровідних спорудах. Межі поясу суворого режиму встановлюються на відстані не менше 30 м від водозабірних споруд при використанні захищених міжпластових вод, не менше 50 м - при експлуатації незахищених міжпластових чи ґрунтових вод. Для берегових (інфільтраційних) водозабірних споруд, розташованих на відстані меншій, ніж 150 м від річки, перший пояс має охоплювати всю територію між річкою і водозабірною спорудою. Принципово цей пояс огорожується, відчужується та охороняється спеціальною службою.

Для захищених водоносних горизонтів межа першого поясу може бути зменшена згідно ДБН В.2.5.74-13 "Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди" (розділ 15, п.15.2).

Другий і третій пояси ЗСО - пояси обмежень. Вони призначені для захисту водоносного горизонту від мікробного (другий пояс) і хімічного (третій пояс) забруднень. Оскільки другий пояс розташований всередині третього, то він служить також і для захисту від хімічного забруднення.

Межі другого поясу ЗСО визначаються, виходячи з умов, що якщо за його межами через зону аерації або безпосередньо у водоносний горизонт поступає мікробне забруднення, воно не досягає водозабірної споруди. Ця умова виконується в тих випадках, коли час руху води від межі другого поясу до водозабірної споруди буде переважати час виживання патогенних мікроорганізмів. Цей розрахунковий час приймається 200...400 діб для ґрунтових вод і 100...200 діб - для напірних і безнапірних міжпластових вод у залежності від умов взаємозв'язку поверхневих і підземних вод та кліматичних районів.

Розміри третього поясу визначаються, виходячи з умов, що в його межах до експлуатованого водоносного горизонту не можуть потрапляти забруднення, передусім хімічне, що рано чи пізно можуть досягти водозабірної споруди.

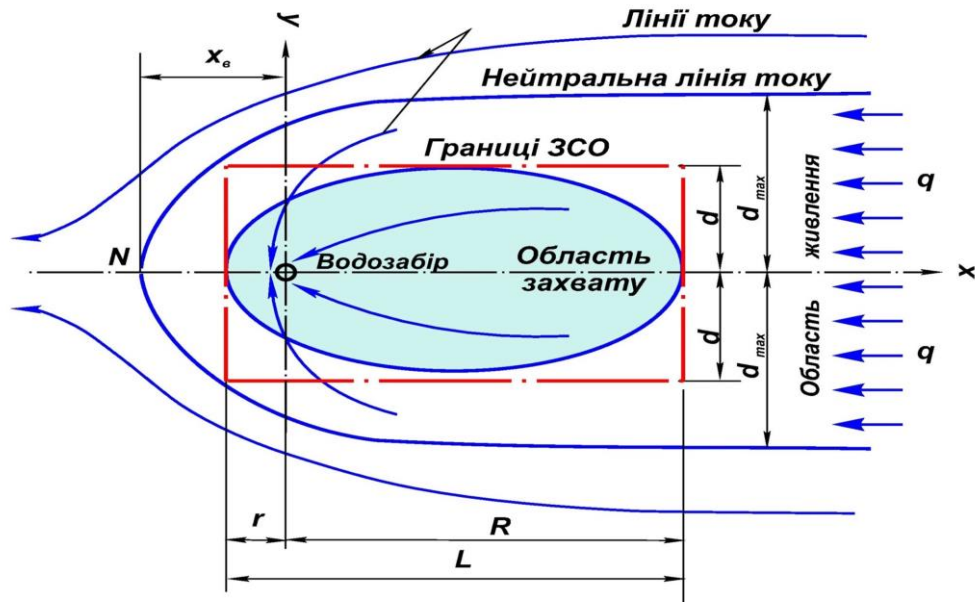


Рис. 7.1. Схема фільтрації підземних вод до водозабору

Межі другого і третього поясів ЗСО здебільшого встановлюються гідродинамічним розрахунком. При цьому третій пояс при необмеженому терміні експлуатації обмежується нейтральною лінією течії, при обмеженому терміні експлуатації вона співпадає із зоною захоплення, межі якої розраховуються з урахуванням прийнятого терміну експлуатації.

В складних гідрогеологічних умовах, особливо коли підземні води приурочені до надто нерівномірно тріщинуватих і тріщинно-карстових порід із нез'ясованими шляхами фільтрації, межі другого і третього поясів ЗСО слід встановлювати на основі загального аналізу умов живлення і транзиту підземних вод з урахуванням геологічної будови і геоморфологічних особливостей тощо.

У межах виділених поясів ЗСО передбачаються санітарно-оздоровчі заходи, які включають як одноразові, виконані до початку експлуатації водозабірної споруди, так і постійні, які виконуються протягом всього періоду експлуатації водозабірної споруди.

Відповідно до Постанови КМ від 18 грудня 1998 р. № 2024 із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 717 від 15.05.2003 р, у зоні суворого режиму (перший пояс ЗСО) забороняється:

- перебування сторонніх осіб;
- розміщення житлових та господарських будівель;
- застосування пестицидів, органічних і мінеральних добрив;
- прокладення трубопроводів;
- видобування гравію чи піску та проведення інших будівельно-монтажних робіт, безпосередньо не пов'язаних з будівництвом, реконструкцію та експлуатацію водопровідних мереж та споруд;
- скидання будь-яких стічних вод та випасання худоби;
- проведення головної рубки лісу.

По першому поясу ЗСО, додатково до заходів, що обумовлені вище, приймаються наступні міри:

1. Територія першого поясів повинна бути спланована для відводу поверхневого стоку за її межі, озеленена, огорожена та забезпечена постійною охороною.

Забороняється будь-які види будівництва, що не мають без посереднього відношення до експлуатації, реконструкції та розширенню водозабору та водопровідних споруд, в т.ч. житлових та господарських будівель, прокладання трубопроводів різного призначення, проживання людей (в т.ч. працюючих на водопроводі).

2. Будинки повинні бути каналізовані з відведенням стічних вод в сис- тему каналізації чи у місцеві очисні споруди, що розташовані на території другого поясу ЗСО.

3. Передбачається суворе виконання санітарно-технічних вимог іструкції водозабірних та спостережних свердловин (оголовки, устя, затрубний простір свердловин та інше).

У межах другого поясу ЗСО забороняється:

- забруднення території покидьками, сміттям, гноєм, відходами промислового виробництва та іншими відходами;

- розташування кладовищ, скотомогильників, полів асенізації, полів фільтрації, споруд підземної фільтрації, гноєсховищ, силосних траншей, тва- ринницьких та птахоферм, а також інших сільськогосподарських об'єктів, що обумовлюють небезпеку мікробного забруднення підземних вод;

- застосування міндобрив та отрутохімікатів;

- промислова рубка лісу;

У другому поясі ЗСО здійснюється:

- регулювання відведення територій під забудову населених пунктів, спорудження лікувально-профілактичних та оздоровчих закладів, промислових і сільськогосподарських об'єктів, а також внесення можливих змін у технологію виробництва промислових підприємств, пов'язаного з ризиком забруднення підземних вод стічними водами;

- благоустрій промислових і сільськогосподарських об'єктів, населених пунктів та окремих будівель (централізоване водопостачання, каналізування, обладнання водонепроникних вигребів, відведення забруднених поверхневих вод та інше);

- виявлення, тампонування (або відновлення) всіх старих, недіючих, дефектних або неправильно експлуатованих свердловин,

шахтних колодязів, які створюють небезпеку забруднення використовуваного водоносного горизонту;

- регулювання будівництва нових свердловин.

У межах третього поясу зони санітарної охорони водозабору забороняється:

- закачування відпрацьованих (зворотних) вод в підземні горизонти з метою їх захоронення, підземного складування твердих відходів та розробки надр землі, котра може призвести до забруднення водоносного горизонту;

- розміщення накопичувачів промстоків, нафтопроводів та продуктопроводів, шламосховищ, складів ПММ, складів отрутохімікатів та мінеральних добрив та інших об'єктів, що обумовлюють небезпеку хімічного забруднення підземних вод, розміщення таких об'єктів допускається в межах третього поясу ЗСО лише при використанні захищених підземних вод, а також при умові виконання спеціальних заходів по захисту водоносного горизонту від забруднення та погодженні із вищеназваними органами санітарного, геологічного та водного контролю.

У межах даного поясу здійснюється:

- виявлення, тампонування, ліквідація (чи поновлення) всіх недіючих, старих свердловин та таких, що неправильно експлуатуються, що створюють небезпеку забруднення використовуваного водоносного горизонту;

- регулювання буріння нових свердловин чи будь-якого нового будівництва при обов'язковому погодженні з місцевими органами державної санітарно-епідеміологічної служби та органами на місцях;

- своєчасне виконання необхідних заходів по санітарній охороні поверхневих водотоків та водойм, що мають безпосередній гідравлічний зв'язок з водоносним горизонтом, що використовується.

При визначенні розмірів ЗСО водозаборів підземних вод, а також санітарно-оздоровчих та захисних заходів у межах ЗСО необхідно враховувати гідрогеологічні умови, зокрема, природну захищеність підземних вод від забруднення. Захищеність водоносного горизонту, що експлуатується, визначається можливістю та

інтенсивністю поступлення до нього забруднених вод з поверхні або із поверхневих водойм, озер, річок та ін.

Виділяється 2 основні групи підземних вод – захищені та недостатньо захищені.

До захищених підземних вод належать напірні та безнапірні між пластові води, які у межах всіх поясів ЗСО мають суцільну водотривку покрівлю, яка виключає можливість місцевого живлення із недостатньо захищених водоносних горизонтів, які залягають вище, або з поверхні землі; відсутній безпосередній зв'язок з поверхневими водами.

До недостатньо захищених підземних вод відносяться ґрунтові води, які живляться по площі їх поширення; напірні та безнапірні між пластові води, які в природних умовах або в результаті зниження напорів при експлуатації водозабору отримують живлення на площі ЗСО з вище залягаючих недостатньо захищених водоносних горизонтів через літологічні вікна та водопроникні породи покрівлі, а також з водотоків, з якими мають гідравлічний зв'язок.

У кількісному відношенні ступінь захищеності водоносних горизонтів оцінюється по часу просування забруднення від поверхні землі до покрівлі водоносного горизонту, що експлуатується, через товщу перекриваючих порід. Цей час залежить від потужності, фільтраційних властивостей, пористості перекриваючих порід та градієнта напору при вертикальній фільтрації. При оцінці ступеня захищеності важливу роль відіграє і вид забруднення.

Якщо час просування менше 100-400 діб, водоносний горизонт є незахищеним від мікробного забруднення, яке фільтрується через товщу покривних порід. Якщо час просування менше 25-50 років. Водоносний горизонт не захищений від стабільних хімічних забруднень у період проектного терміну роботи водозабору.

Для всіх водозаборів, що проектуються, необхідно розраховувати межі зон санітарної охорони з метою захисту їх від забруднення у процесі експлуатації та прийняття таких заходів, щоб можливі джерела забруднення були винесені за межі ЗСО на віддаль, при якій тривалість руху забруднення до водозабору буде не менше заданої визначеної.

Необхідність і порядок проектування та експлуатації зон санітарної охорони джерел водозабезпечення визначається директивними вказівками державних органів: Постанова КМУ №2024 від 19.12.1998 р., Закон України Про питну воду та питне водопостачання, ДБН В.2.5.74-13 "Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди".

Можливість організації ЗСО визначається на стадії вибору джерела централізованого господарсько-побутового водозабезпечення, проектування ЗСО виконується на підставі матеріалів гідрогеологічних, гідрологічних, санітарних вишукувань.

Проект ЗСО входить до складу проекту господарсько-побутового водозабезпечення і розробляється разом з ним. Проект ЗСО та план санітарних заходів повинні бути погоджені з органами санітарно-епідеміологічної служби, Водним агентством України, територіальними органами геологічної служби та екологічної служби.

Розміри та конфігурація області захвату водозабору залежить від схеми розташування водозабору, режиму експлуатації його, а також гідрогеологічних умов. Область захвату має різне геометричне окреслення в залежності від гідрогеологічних умов, виявлення ких можливе тільки на основі графоаналітичних побудов з використанням карт гідроізогіпс (гідроізоп'єз).

Якщо реальна гідрогеологічна обстановка може бути схематизована і усереднена за основними розрахунковими параметрами у простих і складних умовах, область захвату водозабору та інші величини для обґрунтування для проекту ЗСО водозаборів підземних вод можна визначити шляхом аналітичних розрахунків.

На представленій схемі (рис. 7.1) виділені характерні ділянки:

- область живлення водозабору обмежується нейтральною лінією току. В її межах всі лінії току закінчуються на водозаборі. За межами області живлення лінії току оконтурюють водозабір і, відповідно, частинки води чи забруднення, що тут знаходяться або попадуть на поверхню води на цій ділянці, ніколи не досягнуть водозабору.

- область захоплення водозабору, яка формується за час роботи водозабору (T) складає і область живлення. Частинки води, які знаходяться всередині області захоплення, до кінця розрахункового часу обов'язково потраплять до водозабору. Область захоплення схематично може відобразитися у вигляді еліпса, який витягнутий вздовж потоку підземних вод. Площа області захоплення зростає у процесі експлуатації водозабору, її кінцеве положення встановлюється по роздільній лінії току.

Для практичних розрахунків ЗСО область захоплення важливо схематизувати у вигляді прямокутника шириною $2d$ загальною протяжністю L , причому

$$L = r + R, \quad (7.1)$$

де r – протяжність ЗСО вниз по потоку від водозабору; R – протяжність ЗСО вверх по потоку.

Величини r , R , d з часом зростають і тому розміри ЗСО повинні бути такими, щоб забруднені частинки досягли водозабору лише до кінця розрахункового часу (T), який рахується від початку роботи водозабору.

Вниз по потоку підземних вод межа ЗСО, як правило, проходить через вододільну точку N на нейтральній лінії току. У випадках, коли віддаль від водозабору до точки N велика настільки, що час просування частинок води від неї до водозабору більше розрахункового часу (T), положення межі ЗСО зноситься ближче до водозабору – на віддаль r від неї.

Величина $2d$ приймається рівною максимальній ширині області захоплення водозабору. Максимально можливе значення ширини ЗСО d_{\max} може бути встановлено по найбільшій ширині області живлення водозабору.

Розрахунковий час (T) встановлюється в залежності від можливого забруднення пласта та ступеня його захищеності.

На відкритих зверху ділянках області захоплення водозабору для виключення появи у підземних водах стійких хімічних забруднень величина T визначається у відповідності до терміну експлуатації водозабору. При проектуванні водозаборів $T=25-50$ років або $(1-2) \cdot 10^4$ діб.

При оцінці умов захищеності водозабору від мікробного забруднення розміри 2 поясу ЗСО встановлюються, виходячи із часу $T=T_m$, де T_m час виживання бактерій. Який дорівнює 100-400 діб в залежності від гідрогеологічних та кліматичних умов. Для нашого регіону $T_m = 200$ діб.

Розрахунок меж ЗСО 2-го та 3-го поясів виконується графічним методом, графоаналітичним методом, методом математичного моделювання, аналітичним методом, який ґрунтується на використанні для визначення розташування точок нейтральної лінії току теоретичних залежностей для конкретних граничних умов і типів водозабірних споруд. Застосування такого методу можливе лише в таких гідрогеологічних умовах, які можуть бути зведені до типових розрахункових схем.

2. Розрахунок зон санітарної охорони водозаборів віддалених від річок

Для одиночної свердловини в ізольованому водоносному горизонті віддаленої від поверхневих водотоків та водойм для розрахунку області живлення приймається рівняння роздільної лінії току для умов усталеної фільтрації або квазіусталеної фільтрації в необмеженому ізольованому пласті при наявності природного потоку підземних вод (q). Рівняння роздільної лінії току має вигляд:

$$X = |y| \operatorname{ctg} \frac{|y|}{X_B}, \quad (7.2)$$

де X_B – віддаль від водозабору до вододільної точки, що нижче водозабору по потоку підземних вод.

$$X_B = \frac{Q}{2\pi q}. \quad (7.3)$$

Ширина області захоплення визначається за формулою

$$d = \frac{2TQ}{\pi mnL}, \quad (7.4)$$

де L – загальна довжина ЗСО: $L = R + r$.

Максимальна ширина області захоплення дорівнює $d_{max} = \frac{Q}{2q}$.

Віддаль ЗСО **вверх по потоку** підземних вод від водозабору та час просування частинок води до водозабору визначаються рівнянням

$$\bar{T} = \bar{R} - \ln(1 + \bar{R}), \quad (7.5)$$

$$\bar{T} = \frac{qT}{mnX_b}, \quad \bar{R} = \frac{R}{X_b}. \quad (7.6)$$

де

Якщо $\bar{T} > 8-10$ приблизно можна прийняти $\bar{R} = \bar{T} + 3$.

При визначенні віддалі r до межі ЗСО **вниз по потоку** використовується формула

$$\bar{T} = \ln(1 - \bar{r}) - \bar{r}, \quad \text{де } \bar{r} = \frac{r}{X_b}. \quad (7.7)$$

Максимальна величина r обмежена віддаллю від водозабору до вододільної точки N , тобто $r_{max} = X_b$.

Обидва параметри R та r , що характеризують загальну довжину ЗСО, при роботі одиночного водозабору розраховуються з використанням графіка (рис. 7.2).

Приклад розрахунку ЗСО

Водозабірна ділянка складається із однієї експлуатаційної свердловини №1ф, яка експлуатує водоносний комплекс у відкладах канилівської та могилів-подільської серій венду. Водоносний комплекс безмежний, напірний, немає зв'язку з поверхневими водами.

Відповідно до вимог ДБН В.2.5-74:2013 „Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення” межа першого поясу зони санітарної охорони свердловини № 1ф приймається радіусом 30 м навколо водозабору. Зона 1 поясу санітарної охорони має бути огорожена і в ній повинен витримуватись суворий режим, який забезпечить охорону підземних вод від забруднення.

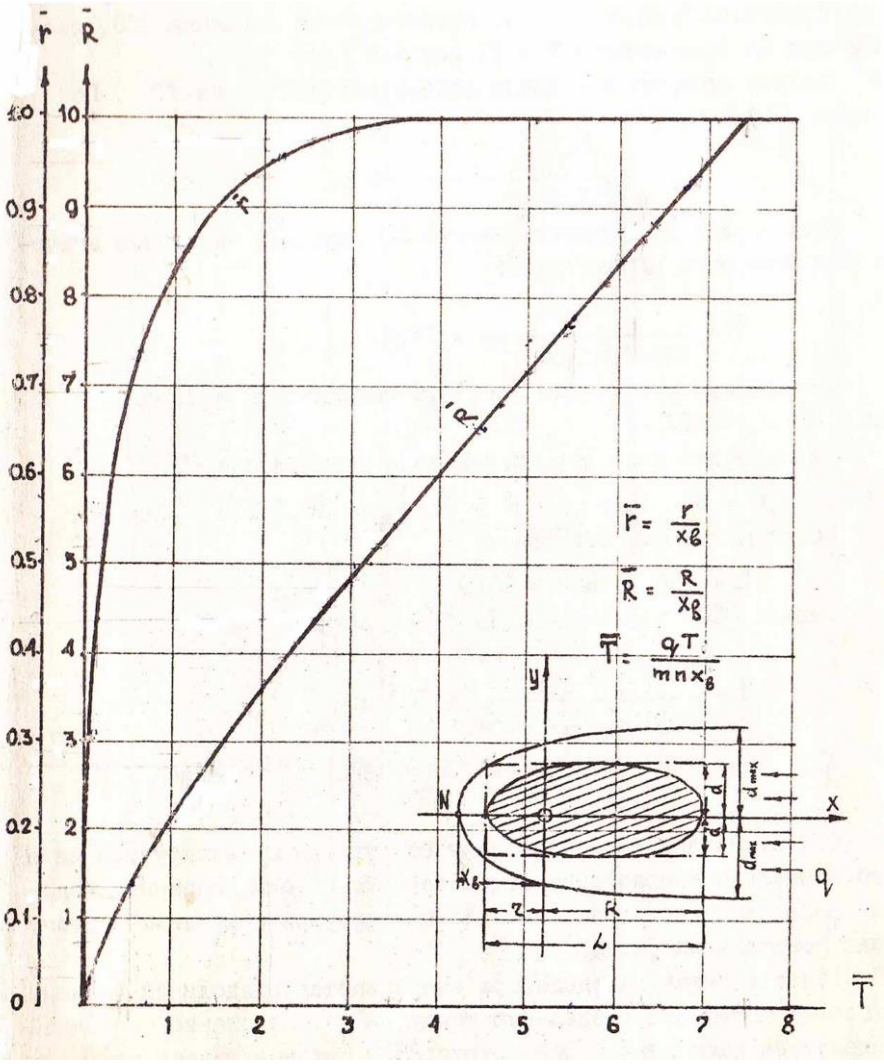


Рис. 7.2. Графік для визначення протяжності ЗСО (R, r) при дії водозабору в необмеженому ізольованому горизонті

Другий пояс ЗСО передбачається для захисту водоносного комплексу від мікробних забруднень. Але, в зв'язку з тим, що 2-й пояс розташовано в середині 3-го поясу ЗСО, він передбачений також для захисту і від хімічних забруднень.

Головним параметром, що визначає відстань від межі 2-го поясу ЗСО до свердловини, є розрахунковий час T_m – надходження мікробного забруднення з потоком підземних вод до свердловини, який має бути достатнім для втрати життєдіяльності та вірулентності патогенних мікроорганізмів. Час для ефективного самоочищення T_m складає 200 діб.

Третій пояс ЗСО передбачено для захисту підземних вод від хімічного забруднення. Виходячи з умов, коли за цими межами у водоносний горизонт надійдуть хімічні забруднення, то вони не наблизяться до водозабору, або наблизяться, але не раніше розрахункового часу T_x , який складає 10 000 діб.

Розрахунок по визначенню меж 2-го та 3-го поясів ЗСО виконується гідродинамічним методом для одиночних свердловин, які значно віддалені від річок та поверхневих водойм.

Вихідні дані:

$Q - 960, \text{ м}^3/\text{добу}; T_x - 10000 \text{ діб}; T_m - 200 \text{ діб}; m - 116 \text{ м}; n - 0,02;$
 $q - \text{одинична витрата природного потоку, } \text{ м}^3/\text{добу} \text{ і} - 0,004; k_f - 1,5$
 $\text{ м}/\text{добу}.$

Розрахунок 2-го поясу ЗСО.

Для розрахунку розмірів поясів ЗСО одинична витрата природного потоку підземних вод дорівнює:

$$q = k_f \cdot m \cdot i = 116 \cdot 1,5 \cdot 0,004 = 0,70 \text{ м}^2/\text{добу}$$

Відстань від водозабору до вододільної межі нижче по потоку ґрунтових вод складає:

$$X_s = \frac{Q}{2\pi q} = \frac{960}{2 \times 3,14 \times 0,70} = 218,4 \text{ м}$$

Для визначення протяжності ЗСО-2 визначається безрозмірний параметр \bar{T}

$$\bar{T}_m = \frac{q\Gamma_m}{mnX_s} = \frac{0,70 \times 200}{116 \times 0,02 \times 218} = 0,28$$

Відстань R - до границі ЗСО вверху за потоком вираховується за формулою: $R = \bar{R} * X_s$.

Відстань r - до границі ЗСО внизу за потоком вираховується за формулою: $r = \bar{r} * X_s$.

Величини \bar{R} і \bar{r} визначаються з графіку на рис. 7.2.

$$\bar{R} = 0,9, \quad \bar{r} = 0,51;$$

$$R = 0,9 * 218 = 196 \text{ м} \quad r = 0,51 * 218 = 111 \text{ м.} \quad L = R + r = 196 + 111 = 307 \text{ м.}$$

Ширина ЗСО при роботі лінійного ряду визначається за наступною формулою:

$$d = \frac{2QT}{\pi n n L} = \frac{2 * 960 * 200}{3,14 * 116 * 0,02 * 307} = 171 \text{ м.}$$

Розрахунок 3-го поясу ЗСО

Для визначення протяжності ЗСО-3 визначається безрозмірний параметр \bar{T} .

$$\bar{T}_x = \frac{q\Gamma_x}{mnX_s} = \frac{0,70 \times 10000}{116 \times 0,02 \times 218} = 13,84$$

Відстань R - до границі ЗСО вверху за потоком вираховується за формулою: $R = \bar{R} * X_s$

$$\bar{R} = \bar{T} + 3 \quad \bar{R} = 13,84 + 3 = 16,84 \quad R = 16,84 * 218 = 3671 \text{ м.}$$

Відстань r - до границі ЗСО внизу за потоком вираховується за формулою: $r = \bar{r} * X_s$

Величина r визначаються з графіку на рис. 7.2.

$$\bar{r} = 1; \quad r = 1 * 218 = 218 \text{ м.}$$

$$L = R + r = 218 + 3671 = 3889 \text{ м.}$$

Ширина ЗСО при роботі лінійного ряду визначається за наступною формулою:

$$d = \frac{2QT}{\pi n n L} = \frac{2 * 960 * 10000}{3,14 * 116 * 0,02 * 3889} = 678 \text{ м.}$$

Висновок:

Розраховані межі 2-го та 3-го поясів зон санітарної охорони зведені у таблицю 1.

Таблиця 7.1

Розміри ЗСО 2-го і 3-го поясів свердловини № 1ф

Пояс ЗСО	r, м	R, м	L, м	d, м
2	111	196	307	171
3	218	3671	3889	678

ДОДАТКИ

Додаток А

Варіант 1

Визначити ємнісні гравітаційні запаси ґрунтових вод, що розповсюджені на площі 126 км². Середні багаторічні значення максимальної середньої потужності водонасиченого горизонту (h_{\max}) складають тут 38,8 м, мінімальної (h_{\min}) – 31,8 м. Для визначення параметрів гравітаційної ємності водоносного пласта на типовій ділянці проведене кущове відкачування (кущ складається з однієї центральної і двох спостережних свердловин). Початкова потужність горизонту (h_0) у центральній свердловині - 32 м. Дебіт свердловини (Q) – 276,5 м³/добу. Радіус фільтрової частини свердловини (r_c) - 0,2 м. Усталений режим фільтрації настав через 16 діб (t_y) при зниженні рівня (S_0) - 10 м. Відстань від центральної до спостереженої свердловини $r_1=31,2$ м, $r_2=66,7$ м. Зниження рівня води у спостережних свердловинах $S_1=2,8$ м, $S_2=1,3$ м.

№ в-ту	Q , м ³ /доб	S_0 , м	t_y , доб.	S_1 , м	S_2 , м	r_1 , м	r_2 , м	F , км ²	h_{\max} , м	h_{\min} , м	h_0 , м	r_c , м
1	276,5	10	16	2,8	1,3	31,2	66,7	126	38,8	31,8	32	0,2

Визначити ємнісні гравітаційні запаси підземних вод горизонту.

Варіант 2

Визначити ємнісні гравітаційні запаси ґрунтових вод, що розповсюджені на площі 613 км². Середні багаторічні значення максимальної середньої потужності водонасиченого горизонту (h_{\max}) складають тут 72,0 м, мінімальної (h_{\min}) – 66,0 м. Для визначення параметрів гравітаційної ємності водоносного пласта на типовій ділянці проведене кущове відкачування (кущ складається з однієї центральної і двох спостережних свердловин). Початкова потужність горизонту (h_0) у центральній свердловині - 68 м. Дебіт свердловини (Q) – 984 м³/добу. Радіус фільтрової частини свердловини (r_c) - 0,2 м. Усталений режим фільтрації настав через 27 діб (t_y) при зниженні рівня (S_0) - 15 м. Відстань від центральної до спостереженої свердловини $r_1=60$ м, $r_2=80$ м. Зниження рівня води у спостережних свердловинах $S_1=1,8$ м, $S_2=0,4$ м.

№ в-ту	Q, М ³ /до б	S ₀ , м	t _y , доб.	S ₁ ,м	S ₂ , м	r ₁ , м	r ₂ , м	F, км ²	h _{max} ,м	h _{min} м	h ₀ , м	r _c , м
2	984	15	27	1,8	0,4	60	80	613	72	66	68	0,2

Визначити ємнісні гравітаційні запаси підземних вод горизонту.

Варіант 3

Визначити ємнісні гравітаційні запаси ґрунтових вод, що розповсюджені на площі 617 км². Середні багаторічні значення максимальної середньої потужності водонасиченого горизонту (h_{max}) складають тут 58 м, мінімальної (h_{min}) – 42,0 м. Для визначення параметрів гравітаційної ємності водоносного пласта на типовій ділянці проведено кущове відкачування (кущ складається з однієї центральної і двох спостережних свердловин). Початкова потужність горизонту (h₀) у центральній свердловині - 47 м. Дебіт свердловини (Q) – 826 м³/добу. Радіус фільтрової частини свердловини (r_c) - 0,2 м. Усталений режим фільтрації настав через 16 діб (t_y) при зниженні рівня (S₀) - 17 м. Відстань від центральної до спостереженої свердловини r₁=56 м, r₂=81 м. Зниження рівня води у спостережних свердловинах S₁=2,3 м, S₂=1,6 м.

№ в-ту	Q, М ³ /до бу	S ₀ , м	t _y , доб.	S ₁ ,м	S ₂ , м	r ₁ , м	r ₂ , м	F, км ²	h _{max} ,м	h _{min} м	h ₀ , м	r _c , м
3	826	17	16	2,3	1,6	56	81	617	58	42	47	0,2

Визначити ємнісні гравітаційні запаси підземних вод горизонту.

Варіант 4

Визначити ємнісні гравітаційні запаси ґрунтових вод, що розповсюджені на площі 213 км². Середні багаторічні значення максимальної середньої потужності водонасиченого горизонту (h_{max}) складають тут 19 м, мінімальної (h_{min}) – 12,0 м. Для визначення параметрів гравітаційної ємності водоносного пласта на типовій ділянці проведено кущове відкачування (кущ складається з однієї центральної і двох спостережних свердловин). Початкова потужність горизонту (h₀) у центральній свердловині - 15 м. Дебіт свердловини (Q) – 358 м³/добу. Радіус фільтрової частини

свердловини (r_c) - 0,2 м. Усталений режим фільтрації настав через 39 діб (t_y) при зниженні рівня (S_0) - 7 м. Відстань від центральної до спостереженої свердловини $r_1=21$ м, $r_2=31$ м. Зниження рівня води у спостережних свердловинах $S_1=3,6$ м, $S_2=2,8$ м.

№ в-ту	Q, м ³ /доб	S ₀ , м	t _y , доб.	S ₁ , м	S ₂ , м	r ₁ , м	r ₂ , м	F, км ²	h _{max} , м	h _{min} , м	h ₀ , м	r _c , м
4	358	7	39	3,6	2,8	21	31	213	19	12	15	0,2

Визначити ємнісні гравітаційні запаси підземних вод горизонту.

Варіант 5

Визначити ємнісні гравітаційні запаси ґрунтових вод, що розповсюджені на площі 23 км². Середні багаторічні значення максимальної середньої потужності водонасиченого горизонту (h_{max}) складають тут 108 м, мінімальної (h_{min}) – 102 м. Для визначення параметрів гравітаційної ємності водоносного пласта на типовій ділянці проведено куцове відкачування (куц складається з однієї центральної і двох спостережних свердловин). Початкова потужність горизонту (h_0) у центральній свердловині - 104 м. Дебіт свердловини (Q) – 1048 м³/добу. Радіус фільтрової частини свердловини (r_c) - 0,2 м. Усталений режим фільтрації настав через 64 діб (t_y) при зниженні рівня (S_0) - 5 м. Відстань від центральної до спостереженої свердловини $r_1=98$ м, $r_2=211$ м. Зниження рівня води у спостережних свердловинах $S_1=1,4$ м, $S_2=0,2$ м.

№ в-ту	Q, м ³ /доб	S ₀ , м	t _y , доб.	S ₁ , м	S ₂ , м	r ₁ , м	r ₂ , м	F, км ²	h _{max} , м	h _{min} , м	h ₀ , м	r _c , м
5	1048	5	64	1,4	0,2	98	211	23	108	102	104	0,2

Визначити ємнісні гравітаційні запаси підземних вод горизонту.

Варіант 6

Визначити ємнісні гравітаційні запаси ґрунтових вод, що розповсюджені на площі 19 км². Середні багаторічні значення максимальної середньої потужності водонасиченого горизонту (h_{max}) складають тут 103 м, мінімальної (h_{min}) – 102 м. Для визначення параметрів гравітаційної ємності водоносного пласта на типовій ділянці проведено куцове відкачування (куц складається з

однієї центральної і двох спостережних свердловин). Початкова потужність горизонту (h_0) у центральній свердловині - 102 м. Дебіт свердловини (Q) – 1050 м³/добу. Радіус фільтрової частини свердловини (r_c) - 0,84 м. Усталений режим фільтрації настав через 64 діб (t_y) при зниженні рівня (S_0) - 13 м. Відстань від центральної до спостереженої свердловини $r_1=98$ м, $r_2=211$ м. Зниження рівня води у спостережних свердловинах $S_1=2,4$ м, $S_2=0,2$ м.

№ в-ту	Q , м ³ /доб	S_0 , м	t_y , доб.	S_1 , м	S_2 , м	r_1 , м	r_2 , м	F , км ²	h_{max} м	h_{min} м	h_0 , м	r_c , м
6	1050	13	64	2,4	0,2	98	211	19	103	102	102	0,2

Визначити ємнісні гравітаційні запаси підземних вод горизонту.

Варіант 7

Визначити ємнісні гравітаційні запаси ґрунтових вод, що розповсюджені на площі 35 км². Середні багаторічні значення максимальної середньої потужності водонасиченого горизонту (h_{max}) складають тут 100 м, мінімальної (h_{min}) – 98 м. Для визначення параметрів гравітаційної ємності водоносного пласта на типовій ділянці проведено кущове відкачування (кущ складається з однієї центральної і двох спостережних свердловин). Початкова потужність горизонту (h_0) у центральній свердловині - 99 м. Дебіт свердловини (Q) – 1000 м³/добу. Радіус фільтрової частини свердловини (r_c) - 0,2 м. Усталений режим фільтрації настав через 15 діб (t_y) при зниженні рівня (S_0) - 10 м. Відстань від центральної до спостереженої свердловини $r_1=45$ м, $r_2=150$ м. Зниження рівня води у спостережних свердловинах $S_1=3,5$ м, $S_2=0,5$ м.

№ в-ту	Q , м ³ /доб	S_0 , м	t_y , доб.	S_1 , м	S_2 , м	r_1 , м	r_2 , м	F , км ²	h_{max} м	h_{min} м	h_0 , м	r_c , м
7	1000	10	15	3,5	0,5	45	150	35	100	98	99	0,2

Визначити ємнісні гравітаційні запаси підземних вод горизонту.

Варіант 8

Визначити ємнісні гравітаційні запаси ґрунтових вод, що розповсюджені на площі 42 км². Середні багаторічні значення

максимальної середньої потужності водонасиченого горизонту (h_{\max}) складають тут 20 м, мінімальної (h_{\min}) – 15 м. Для визначення параметрів гравітаційної ємності водоносного пласта на типовій ділянці проведено кущове відкачування (кущ складається з однієї центральної і двох спостережних свердловин). Початкова потужність горизонту (h_0) у центральній свердловині - 18 м. Дебіт свердловини (Q) – 850 м³/добу. Радіус фільтрової частини свердловини (r_c) - 0,27 м. Усталений режим фільтрації настав через 21 добу (t_y) при зниженні рівня (S_0) – 3,2 м. Відстань від центральної до спостереженої свердловини $r_1=30$ м, $r_2=120$ м. Зниження рівня води у спостережних свердловинах $S_1=1,5$ м, $S_2=0,21$ м.

№ в-ту	$Q, \text{ м}^3/\text{добу}$	$S_0, \text{ м}$	$t_y, \text{ доб.}$	$S_1, \text{ м}$	$S_2, \text{ м}$	$r_1, \text{ м}$	$r_2, \text{ м}$	$F, \text{ км}^2$	$h_{\max}, \text{ м}$	$h_{\min}, \text{ м}$	$h_0, \text{ м}$	$r_c, \text{ м}$
8	850	3,2	21	1,5	0,21	30	120	42	20	25	18	0,27

Визначити ємнісні гравітаційні запаси підземних вод горизонту.

Варіант 9

Визначити ємнісні гравітаційні запаси ґрунтових вод, що розповсюджені на площі 240 км². Середні багаторічні значення максимальної середньої потужності водонасиченого горизонту (h_{\max}) складають тут 55 м, мінімальної (h_{\min}) – 20 м. Для визначення параметрів гравітаційної ємності водоносного пласта на типовій ділянці проведено кущове відкачування (кущ складається з однієї центральної і двох спостережних свердловин). Початкова потужність горизонту (h_0) у центральній свердловині - 50 м. Дебіт свердловини (Q) – 222 м³/добу. Радіус фільтрової частини свердловини (r_c) - 0,16 м. Усталений режим фільтрації настав через 10 діб (t_y) при зниженні рівня (S_0) – 19,12 м. Відстань від центральної до спостереженої свердловини $r_1=68$ м, $r_2=104$ м. Зниження рівня води у спостережних свердловинах $S_1=0,6$ м, $S_2=0,3$ м.

№ в-ту	Q, м ³ /до б	S ₀ , м	t _y , доб.	S ₁ ,м	S ₂ , м	r ₁ , м	r ₂ , м	F, км ²	h _{max} м	h _{min} м	h ₀ , м	r _c , м
9	222	19,2	10	0,6	0,3	68	104	240	55	20	50	0,16

Визначити ємнісні гравітаційні запаси підземних вод горизонту.

Варіант 10

Визначити ємнісні гравітаційні запаси ґрунтових вод, що розповсюджені на площі 123 км². Середні багаторічні значення максимальної середньої потужності водонасиченого горизонту (h_{max}) складають тут 43 м, мінімальної (h_{min}) – 25 м. Для визначення параметрів гравітаційної ємності водоносного пласта на типовій ділянці проведено кущове відкачування (кущ складається з однієї центральної і двох спостережних свердловин). Початкова потужність горизонту (h₀) у центральній свердловині - 42 м. Дебіт свердловини (Q) – 423 м³/добу. Радіус фільтрової частини свердловини (r_c) - 0,27 м. Усталений режим фільтрації настав через 21 добу (t_y) при зниженні рівня (S₀) - 30 м. Відстань від центральної до спостереженої свердловини r₁=40 м, r₂=145 м. Зниження рівня води у спостережних свердловинах S₁=3,3 м, S₂=0,45 м.

№ в-ту	Q, м ³ /до б	S ₀ , м	t _y , доб.	S ₁ ,м	S ₂ , м	r ₁ , м	r ₂ , м	F, км ²	h _{max} м	h _{min} м	h ₀ , м	r _c , м
10	423	30,0	21	3,3	0,45	40	145	123	43	25	42	0,27

Визначити ємнісні гравітаційні запаси підземних вод горизонту.

Додаток Б

Варіант 1

Визначити пружні запаси підземних вод водоносного горизонту, розповсюдженого на площі 400 км² із середнім напором над покрівлею 25 м. За даними дослідного кущового відкачування усталений режим фільтрації (t_y) встановлюється через 10 діб. Результати відкачування наведені в таблиці.

Вихідні дані

№ в-ту	Q , м ³ /доб	t_y , доб	r_c , м	$H'_{\text{сер.}}$, м	F , км ²	S_0 , м	S_1 , м	S_2 , м	r_1 , м	r_2 , м
1	136	10,0	0,2	25	400	10,4	6,8	5,4	30	72

Варіант 2

Визначити пружні запаси підземних вод водоносного горизонту, розповсюдженого на площі 400 км² із середнім напором над покрівлею 25 м. За даними дослідного кущового відкачування усталений режим фільтрації (t_y) встановлюється через 5,6 доби. Результати відкачування наведені в таблиці.

Вихідні дані

№ в-ту	Q , м ³ /доб	t_y , доб	r_c , м	$H'_{\text{сер.}}$, м	F , км ²	S_0 , м	S_1 , м	S_2 , м	r_1 , м	r_2 , м
2	230	5,6	0,2	25	400	15,4	7,8	5,9	30	72

Варіант 3

Визначити пружні запаси підземних вод водоносного горизонту, розповсюдженого на площі 400 км² із середнім напором над покрівлею 25 м. За даними дослідного кущового відкачування усталений режим фільтрації (t_y) встановлюється через 2 доби. Результати відкачування наведені в таблиці.

Вихідні дані

№ в-ту	Q , м ³ /доб	t_y , доб	r_c , м	$H'_{\text{сер.}}$, м	F , км ²	S_0 , м	S_1 , м	S_2 , м	r_1 , м	r_2 , м
5	1002	2,0	0,2	25	400	29,0	10,1	8,8	48	72

Варіант 4

Визначити пружні запаси підземних вод водоносного горизонту, розповсюдженого на площі 400 км² із середнім напором над покрівлею 25 м. За даними дослідного кущового відкачування

усталений режим фільтрації (t_y) встановлюється через 6 доби. Результати відкачування наведені в таблиці.

Вихідні дані

№ в-ту	Q, м ³ /доб	t_y , доб	r_c , м	$H'_{сер}$, м	F, км ²	S_0 , м	S_1 , м	S_2 , м	r_1 , м	r_2 , м
4	128	6,0	0,2	12	400	11,6	3,2	2,2	30	72

Варіант 5

Визначити пружні запаси підземних вод водоносного горизонту, розповсюдженого на площі 400 км² із середнім напором над покрівлею 25 м. За даними дослідного кущового відкачування усталений режим фільтрації (t_y) встановлюється через 2 доби. Результати відкачування наведені в таблиці.

Вихідні дані

№ в-ту	Q, м ³ /доб	t_y , доб	r_c , м	$H'_{сер}$, м	F, км ²	S_0 , м	S_1 , м	S_2 , м	r_1 , м	r_2 , м
5	1002	2,0	0,2	25	400	29,0	10,1	8,8	48	72

Варіант 6

Визначити пружні запаси підземних вод водоносного горизонту, розповсюдженого на площі 400 км² із середнім напором над покрівлею 25 м. За даними дослідного кущового відкачування усталений режим фільтрації (t_y) встановлюється через 2 доби. Результати відкачування наведені в таблиці.

Вихідні дані

№ в-ту	Q, м ³ /доб	T_y , доб	r_c , м	$H'_{сер}$, м	F, км ²	S_0 , м	S_1 , м	S_2 , м	r_1 , м	r_2 , м
6	1000	2,0	0,2	25	400	49,0	18,6	12,0	29	65

Варіант 7

Визначити пружні запаси підземних вод водоносного горизонту, розповсюдженого на площі 400 км² із середнім

напором над покрівлею 25 м. За даними дослідного кущового відкачування усталений режим фільтрації (t_y) встановлюється через 2 доби. Результати відкачування наведені в таблиці.

Вихідні дані

№ в-ту	Q , м ³ /доб	T_y , доб	r_c , м	$H_{сер}$, м	F , км ²	S_0 , м	S_1 , м	S_2 , м	r_1 , м	r_2 , м
7	980	2,0	0,2	15	400	31,0	18,0	14,0	11	38

Додаток В

Варіант 1

Свердловина № 1 експлуатує водоносний горизонт у горбашівських відкладах нижнього венду. Водоносний комплекс безмежний, напірний, немає зв'язку з поверхневими водами.

Межа першого поясу встановлюється в залежності від захищеності підземних.

ЗСО свердловини прийнята з трьох поясів. Перший пояс має розмір кола радіусом 30 м, розташований в сприятливих санітарних, топографічних і гідрогеологічних умовах, упорядкований згідно вимог ДБН В.2.5-74:2013 „Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення”.

Зона 1 поясу санітарної охорони має бути огорожена і в ній повинен витримуватись суворий режим, який забезпечить охорону підземних вод від забруднення.

Визначити межі другого та третього поясів ЗСО.

Вихідні дані:

Водоносний горизонт - безмежний, напірний, немає зв'язку із поверхневими водами. $Q = 20$ м³/добу – заявлена потреба у воді; $m = 30$ м – потужність цільового водоносного горизонту на ділянці водозабору; $k_f = 6,13$ м/добу – коефіцієнт фільтрації пласта; $i = 0,0025$ – нахил підземного потоку; $n = 0,3$ – значення

пористості водовмісних порід; q , м²/добу – витрата природного потоку; T_m – час для розрахунку II поясу ЗСО, 200 діб; T_x – час для розрахунку III поясу ЗСО, 10000 діб.

Варіант 2

Водозабір складається із свердловини № 1, яка експлуатує водоносний горизонт у бабинських відкладах нижнього венду. Водоносний комплекс безмежний, напірний, немає зв'язку з поверхневими водами.

Межа першого поясу встановлюється в залежності від захищеності підземних.

ЗСО свердловини прийнята з трьох поясів. Перший пояс має розмір кола радіусом 30 м, розташований в сприятливих санітарних, топографічних і гідрогеологічних умовах, упорядкований згідно вимог ДБН В.2.5-74:2013 „Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення”.

Зона I поясу санітарної охорони має бути огорожена і в ній повинен витримуватись суворий режим, який забезпечить охорону підземних вод від забруднення.

Визначити межі другого та третього поясів ЗСО.

Вихідні дані:

Водоносний горизонт - безмежний, напірний, немає зв'язку із поверхневими водами: потужність водоносного горизонту - $m = 11,7$ м; максимальний дебіт самовиливу $Q = 65$ м³/добу; коефіцієнт фільтрації – $k_f = 7,26$ м/добу; нахил підземного потоку - $i = 0,001$; активна пористість порід - $n = 0,05$; витрата одиничного природного потоку – q , м²/добу; час, для якого розраховуються ЗСО II поясу – $T_m = 200$ діб; час, для якого розраховуються ЗСО III поясу – $T_x = 10000$ діб.

Варіант 3

Водозабір складається із свердловини № 17, яка експлуатує водоносний горизонт у канилівських відкладах верхнього венду.

Водоносний комплекс безмежний, напірний, немає зв'язку з поверхневими водами.

Межа першого поясу встановлюється в залежності від захищеності підземних.

ЗСО свердловини прийнята з трьох поясів. Перший пояс має розмір кола радіусом 30 м, розташований в сприятливих санітарних, топографічних і гідрогеологічних умовах, упорядкований згідно вимог ДБН В.2.5-74:2013 „Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення”.

Зона I поясу санітарної охорони має бути огорожена і в ній повинен витримуватись суворий режим, який забезпечить охорону підземних вод від забруднення.

Визначити межі другого та третього поясів ЗСО.

Вихідні дані:

Водоносний горизонт - безмежний, напірний, немає зв'язку із поверхневими водами $Q = 125 \text{ м}^3/\text{добу}$, дозволений обсяг водовидобутку на добу; $m = 58 \text{ м}$ - потужність водоносного горизонту, $n = 0,01$ - активна пористість порід, $i = 0,001$ - нахил дзеркала підземних вод, q , $\text{м}^2/\text{добу}$ - витрата одиничного природного потоку, $K_f = 4,5 \text{ м/добу}$ - коефіцієнт фільтрації пісковиків, $T_m = 200 \text{ діб}$ - розрахунковий час для ЗСО-II, $T_x = 10000 \text{ діб}$ (25 років) - розрахунковий час для ЗСО-III.

Варіант 4

Водозабір складається із свердловини № 1642, яка експлуатує водоносний горизонт у канилівських відкладах верхнього венду. Водоносний комплекс безмежний, напірний, немає зв'язку з поверхневими водами.

Межа першого поясу встановлюється в залежності від захищеності підземних.

ЗСО свердловини прийнята з трьох поясів. Перший пояс має розмір кола радіусом 30 м, розташований в сприятливих санітарних, топографічних і гідрогеологічних умовах, упорядкований згідно вимог ДБН В.2.5-74:2013

„Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення”.

Зона 1 поясу санітарної охорони має бути огорожена і в ній повинен витримуватись суворий режим, який забезпечить охорону підземних вод від забруднення.

Визначити межі другого та третього поясів ЗСО.

Вихідні дані:

Водоносний горизонт - безмежний, напірний, немає зв'язку із поверхневими водами: $Q = 12,55$ м³/добу, дозволений обсяг водовидобутку на добу; $m = 58$ м - потужність водоносного горизонту, $n = 0,01$ - активна пористість порід, $i = 0,001$ - нахил дзеркала підземних вод, q , м²/добу - витрата одиничного природного потоку, $K_{\phi} = 4,5$ м/добу - коефіцієнт фільтрації пісковиків, $T_m = 200$ діб - розрахунковий час для ЗСО-ІІ, $T_x = 10000$ діб (25 років) - розрахунковий час для ЗСО-ІІІ.

Варіант 5

Водозабір складається із свердловини № 5, яка експлуатує водоносний горизонт у канилівських відкладах верхнього венду. Водоносний комплекс безмежний, напірний, немає зв'язку з поверхневими водами.

Межа першого поясу встановлюється в залежності від захищеності підземних.

ЗСО свердловини прийнята з трьох поясів. Перший пояс має розмір кола радіусом 30 м, розташований в сприятливих санітарних, топографічних і гідрогеологічних умовах, упорядкований згідно вимог ДБН В.2.5-74:2013 „Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення”.

Зона 1 поясу санітарної охорони має бути огорожена і в ній повинен витримуватись суворий режим, який забезпечить охорону підземних вод від забруднення.

Визначити межі другого та третього поясів ЗСО.

Вихідні дані:

Водоносний горизонт - безмежний, напірний, немає зв'язку із поверхневими водами: $Q = 144 \text{ м}^3/\text{добу}$ - дебіт свердловини; $K_f = 4,42 \text{ м}/\text{добу}$ – коефіцієнт фільтрації; $m = 55 \text{ м}$ - потужність водоносного горизонту; $i = 0,005$ - нахил підземного потоку; $n = 0,2$ - значення активної пористості канилівських порід; $q, \text{ м}^2/\text{добу}$ - витрата природного потоку; $T_m - 200 \text{ діб}$ - час для розрахунку II поясу ЗСО; $T_x - 10\,000 \text{ діб}$ - час для розрахунку III поясу ЗСО.

Варіант 6

В умовах Острозького родовища свердловина № 68 функціонує як ізольована гідравлічна система. Водоносний горизонт не має гідравлічного зв'язку з поверхневими водами і річка не є гідрогеологічною межею з постійним напором при експлуатації водозабору. Тому для розрахунків зон санітарної охорони цільовий водоносний горизонт приймається ізольованим і безмежним у просторі.

Межа першого поясу встановлюється в залежності від захищеності підземних.

ЗСО свердловини прийнята з трьох поясів. Перший пояс має розмір кола радіусом 30 м, розташований в сприятливих санітарних, топографічних і гідрогеологічних умовах, упорядкований згідно вимог ДБН В.2.5-74:2013 „Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення”.

Зона I поясу санітарної охорони має бути огорожена і в ній повинен витримуватись суворий режим, який забезпечить охорону підземних вод від забруднення.

Визначити межі другого та третього поясів ЗСО.

Вихідні дані:

$Q = 120 \text{ м}^3/\text{добу}$ – загальний дебіт свердловин; $m = 10 \text{ м}$ – потужність цільового водоносного горизонту; $n = 0,19$ – значення пористості водовмісних порід; $k_f=2,8 \text{ м}/\text{добу}$ – водопровідність пласта; $i=0,005$ – середній нахил підземного

поток; T_m – час для розрахунку II поясу ЗСО від мікробного забруднення, 200 діб; T_x – час для розрахунку III поясу ЗСО від мікробного забруднення, 10000 діб. q , м²/добу - витрата одиничного природного потоку.

Варіант 7

В умовах Жобринського родовища мінеральних вод свердловина № 3г функціонує як ізольована гідравлічна система. Водонесний горизонт не має гідравлічного зв'язку з поверхневими водами і річка не є гідрогеологічною межею з постійним напором при експлуатації водозабору. Тому для розрахунків зон санітарної охорони цільовий водонесний горизонт приймається ізольованим і безмежним у просторі.

Межа першого поясу встановлюється в залежності від захищеності підземних.

ЗСО свердловини прийнята з трьох поясів. Перший пояс має розмір кола радіусом 30 м, розташований в сприятливих санітарних, топографічних і гідрогеологічних умовах, упорядкований згідно вимог ДБН В.2.5-74:2013 „Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення”.

Зона I поясу санітарної охорони має бути огорожена і в ній повинен витримуватись суворий режим, який забезпечить охорону підземних вод від забруднення.

Визначити межі другого та третього поясів ЗСО.

Вихідні дані:

$Q = 22$ м³/добу – загальний дебіт свердловин; $m = 47$ м – потужність цільового водонесного горизонту; $n = 0,15$ – значення пористості водовмісних порід; $K_f = 1,66$ м/добу – водопровідність пласта; $i=0,001$ – середній нахил підземного потоку; T_m – час для розрахунку II поясу ЗСО від мікробного забруднення, 200 діб; T_x – час для розрахунку III поясу ЗСО від мікробного забруднення, 10000 діб. q , м²/добу - витрата одиничного природного потоку.

Питання гарантованого рівня знань

1. Підземні води – складова частина водних ресурсів Землі.
2. Підземні води у соціально-економічному розвитку України.
3. Особливості запасів підземних вод як корисної копалини.
4. Поняття про “запаси” і “ресурси” підземних вод та основні принципи їх класифікації.
5. Законодавчі та нормативні документи, що регламентують використання підземних вод в Україні.
6. Параметри, що характеризують гравітаційну та пружну ємність гірських порід.
7. Кількісна оцінка ємнісних гравітаційних (в т.ч. регульовальних) та пружних запасів підземних вод.
8. Балансова сутність динамічних запасів підземних вод.
9. Особливості формування динамічних ресурсів підземних вод та основні його виміри: гідродинамічний, гідрохімічний, гідрогеотермічний.
10. Загальні принципи та класифікація методів визначення динамічних ресурсів.
 11. Гідродинамічні методи оцінки ДЗПВ.
 12. Балансові методи оцінки ДЗПВ.
 13. Гідрометричні методи оцінки ДЗПВ.
 14. Методи гідрогеологічних аналогів.
15. Особливості регіональної оцінки динамічних ресурсів підземних вод.
16. Особливості формування ЕЗПВ.
17. Завдання оцінки експлуатаційних запасів на родовищах підземних вод. Основні принципи та елементи оцінки.
18. Загальна характеристика методів гідрогеологічного прогнозування при оцінці ЕЗПВ.
19. Поняття і фактори формування ЕЗПВ. Особливості формування ЕЗПВ при експлуатації у типових умовах.
20. Місце схематизації в оцінці ЕЗПВ.
21. Зміст геофільтраційної та розрахункової схематизацій.

22. Принципи геофільтраційної схематизації розрізу, полів гідрогеологічних параметрів, геометричної форми області фільтрації, крайових умов, структури потоку.

23. Гідродинамічні методи розрахунку водозаборів з метою оцінки ЕЗПВ.

24. Гідравлічні методи розрахунку водозаборів з метою оцінки ЕЗПВ.

25. Методи гідрогеологічних аналогів.

26. Загальна характеристика оцінки забезпеченості.

27. Оцінка експлуатаційних запасів підземних вод за дебітами джерел.

28. Особливості оцінки забезпеченості експлуатаційних запасів підземних вод у різних гідрогеологічних умовах.

29. Головні завдання вивчення якості підземних вод при оцінці експлуатаційних запасів.

30. Види та джерела забруднення підземних вод.

31. Охорона підземних вод від забруднення.

32. Завдання з прогнозування зміни якості підземних вод при оцінці їх експлуатаційних запасів.

33. Типизація родовищ підземних вод.

34. Групування родовищ підземних вод за складністю гідрогеологічних умов.

35. Завдання та зміст класифікації ЕЗПВ.

36. Балансові та забалансові запаси.

37. Принципи обґрунтування ЕЗПВ категорій А, В, С1, С2, Р.

38. Розподіл ЕЗПВ за ступенем геологічного вивчення.

39. Розподіл експлуатаційних запасів і прогнозних ресурсів підземних вод на класи.

40. Підготовленість родовищ питних і технічних вод до промислового освоєння.

Рекомендована та базова література

1. Дробноход М. І. Оцінка запасів підземних вод. К. : ВПЦ «Київський університет», 2008.

2. Дробноход М. І. Оцінка запасів підземних вод. Вища школа, 1980.

3. Конспект лекцій: Оцінка запасів підземних вод. Рівне : НУВГП, Навчальна платформа Moodle, 106 с.

4. Інструкція із застосування класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод. ДКЗ України. К., 2000. 48 с.

5. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод від 4 лютого 2000 р. Із змінами і доповненнями внесеними 10 листопада 2003 р., від 5 грудня 2005 р., від 1 листопада 2006 р. Положення про стадії геолого-розвідувальних робіт на підземні води (гідрогеологічні роботи). Мінекоресурсів України. К., 2000. 20 с.

6. Інструкція про зміст, оформлення та порядок подання до Державної комісії України по запасах корисних копалин матеріалів геолого-економічної оцінки родовищ питних і технічних підземних вод від 02 вересня 2003 р. N 162. ДКЗ України. К., 2003. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0811-03#Text>

Допоміжна

1. Мандрик Б. М., Чомко Д. Ф., Чомко Ф. В. Гідрогеологія. Київ : ВПЦ Київський університет, 2005.

2. Моїсеєв А. Ю. Особливості хімічного складу та бальнеологічного застосування мінеральних вод / за ред. В. М. Шестопалова, Н. П. Моїсеєвої. Київ : Видавництво «КІМ», 2017. 462 с.

3. Огняник М. С. Мінеральні води України. К. : ВПЦ «Київський університет», 2000.

4. Підземні води як стратегічний ресурс / В. Шестопалов, В. Лялько, В. Гудзенко та ін. *Вісник НАН України*. 2005. № 5. С. 32–39.

5. Порядок вивчення та підрахунку експлуатаційних запасів супутніх підземних вод родовищ твердих корисних копалин. Методичні вказівки ДКЗ України. К. 2000, 12 с.

6. Розробка галузевих стратегій та програм водопостачання, водовідведення та санітарії в об'єднаних територіальних громадах : методичний посібник / В. І. Козак, О. О. Козлюк. К. : DESPRO, 2019. 62 с.

7. Стратегія використання ресурсів питних підземних вод для водопостачання: у 2 т. / за ред. Е. А. Ставицького, Г. І. Рудька, Є. О. Яковлева. Чернівці : Букрек, 2011. Т. 1. 343 с.; Т. 2. 496 с.

8. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Із змінами і доповненнями, внесеними наказами Міністерства охорони здоров'я України від 15 серпня 2011 року N 505, від 24 грудня 2019 року N 2675, від 18 лютого 2022 року N 341 (зміни, внесені пунктом 1 Змін, затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 18 лютого 2022 року N 341, діють до 31 березня 2022 року; зміни, внесені пунктом 2 Змін, затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 18 лютого 2022 року N 341, набувають чинності з 1 квітня 2022 року). Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12 травня 2010 року № 400. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/re17747?an=4>

9. Яковлев Є. О. Нові питання регіональної переоцінки та охорони прісних підземних вод України як чинника стратегічної безпеки питного водопостачання. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2009. № 3. С. 30–36.

10. Порядок видачі дозволів на спеціальне водокористування. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 13 березня 2002 р. № 321.

11. Державні санітарні норми і правила «Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуаціях іншого характеру». Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 22 квітня 2022 року № 683. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/RE37900?an=16>

12. Робоча програма навчальної дисципліни «Оцінка запасів підземних вод» / Чомко Д.Ф., КНУ імені Тараса Шевченка, ННІ «Інститут геології» Київ, 2022. 6 с. URL: http://www.geol.univ.kiev.ua/docs/programs/hydrogeol/groundwater_resourses_assessment.pdf

Інформаційні ресурси

1. Кабінет Міністрів України. URL: <http://www.kmu.gov.ua/> (дата звернення: 01.12.2024).
2. Законодавство України. URL: <http://www.rada.kiev.ua/> (дата звернення: 01.12.2024).
3. Державний комітет статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 01.12.2024).
4. Національна бібліотека ім. В.І. Вернадського. URL: <http://www.nbu.gov.ua/> (дата звернення: 01.12.2024).
5. Рівненська обласна універсальна наукова бібліотека (м. Рівне, майдан Короленка, 6). URL: <http://www.lib.rv.ua/> (дата звернення: 01.12.2024).
6. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75). URL: <http://nuwm.edu.ua/naukovabiblioteka> (дата звернення: 01.12.2024).
URL: http://nuwm.edu.ua/MySQL/page_lib.php (дата звернення: 01.12.2024).