

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра геології та гідрології

01-05-269М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни
«ГІДРОГЕОЛОГІЯ»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Геологія»
спеціальності 103 «Науки про Землю»
денної та заочної форми навчання

Рекомендовано науково-методичною
радою з якості ННІ ЕАВГ
Протокол № 8 від 23.04.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Гідрогеологія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Геологія» спеціальності 103 «Науки про Землю» денної та заочної форми навчання. [Електронне видання] / Холоденко В. С., Бровко Г. І. – Рівне : НУВГП, 2024. – 57 с.

Укладачі: Холоденко В. С., к.геогр.н., доцент кафедри геології та гідрології; Бровко Г. І., старший викладач кафедри геології та гідрології.

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

Керівник (гарант) ОП: Мельничук В. Г., доктор геологічних наук, професор, в.о. завідувача кафедри геології та гідрології.

Голова науково-методичної
ради з якості ННІ ЕАВГ

Сафоник А. П.

© В. С. Холоденко, 2024

© НУВГП, 2024

Вступ.....	4
1. Визначення фізичних і водно-фізичних властивостей дисперсних ґрунтів.....	6
2. Визначення, класу, типу та ступеню агресивності природних вод за даними хімічного аналізу	9
3. Визначення коефіцієнта фільтрації за даними гранулометричного складу дисперсних ґрунтів	14
4. Визначення коефіцієнта фільтрації дисперсних ґрунтів приладом КФЗ конструкції Д.І. Знаменського	17
5. Побудова карти гідроізогіпс.....	22
6. Побудова комплексних графіків режиму підземних вод	27
7. Побудова та аналіз гідрогеологічних розрізів	33
Додатки.....	41
Питання гарантованого рівня знань.....	54
Рекомендована та базова література.....	55
Допоміжна література.....	56
Інформаційні ресурси.....	56

Вступ

Методичні вказівки призначені для виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Гідрогеологія».

Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Гідрогеологія» складені відповідно до силабусу (01-05-219S) охоплюють всі змістові модулі з кількістю 3 кредитів, передбачених циклом професійної підготовки (освітнього компонента обов'язкового вибору).

Навчальна дисципліна «Гідрогеологія» належить до складової частини циклу професійної підготовки дисциплін для підготовки бакалаврів, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Геологія» спеціальності 103 «Науки про Землю», що викладається, відповідно, на 2 курсі у 4-му семестрі в обсязі 90 годин (16 годин – лекції, 14 годин – лабораторні, 60 годин – самостійна робота). Закінчується — екзаменом.

Сучасний ринок праці вимагає від фахівців глибоких теоретичних знань та професійно-практичних компетентностей з підземних вод, тому важливою частиною у підготовці майбутнього бакалавра з наук про Землю є вивчення навчальної дисципліни «Гідрогеологія».

Метою викладання навчальної дисципліни «Гідрогеологія» є надання майбутнім здобувачам з геології знань: про фізичні і водні властивості гірських порід, про умови формування і залягання підземних вод, про класифікацію підземних вод за умовами залягання, про фізичні властивості і хімічний склад підземних вод та їх класифікації, про вимоги до якості води для водопостачання, про основні закони руху підземних вод, зрошування та технічних потреб, охорони та раціонального використання підземних вод.

При вивченні навчальної дисципліни здобувачі вищої освіти першого (бакалаврського) рівня мають набути компетентності: загальні та спеціальні (фахові).

Загальні: ЗК03. Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях.

ЗК04. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

Спеціальні (фахові): ФК15. Здатність здійснювати збір, реєстрацію і аналіз даних за допомогою відповідних методів і технологічних засобів у польових і лабораторних умовах.

ФК16. Здатність застосовувати кількісні методи при дослідженні геосфер.

ФК17. Здатність до всебічного аналізу складу і будови геосфер.

ФК19. Здатність проводити моніторинг природних процесів.

ФК22. Здатність ідентифікувати та класифікувати відомі і реєструвати нові об'єкти у геосферах, їх властивості та притаманні їм процеси.

Програмні результати навчання (ПРН) передбачають:

ПРН01. Збирати, обробляти та аналізувати інформацію в області наук про Землю.

ПРН05. Вміти проводити польові та лабораторні дослідження.

ПРН08. Обґрунтовувати вибір та використовувати польові та лабораторні методи для аналізу природних та антропогенних систем і об'єктів.

ПРН09. Вміти виконувати дослідження геосфер за допомогою кількісних методів аналізу.

ПРН10. Аналізувати склад і будову ділянок земної кори різних просторово-часових масштабах.

ПРН17. Визначати основні характеристики твердих корисних копалин, підземних вод та умови їх знаходження в земній корі.

Методичні вказівки покликані допомогти здобувачам у виконанні лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Гідрогеологія», вони містять теоретичний матеріал змістового модуля, методику виконання лабораторних робіт, завдання, питання гарантованого рівня знань, рекомендовану, базову та допоміжну літературу, інформаційні ресурси.

Уважне вивчення наведеної інформації і схем, опрацювання питань гарантованого рівня знань допоможуть здобувачам успішно справитися з завданнями, складанням екзамену з навчальної дисципліни.

1. Визначення фізичних і водно-фізичних властивостей дисперсних ґрунтів

Метою є: навчитися визначати та розраховувати фізичні і водно-фізичні властивості дисперсних ґрунтів.

Завдання. 1. В результаті виконаної лабораторної роботи необхідно розрахувати показники фізичних властивостей інженерних ґрунтів: щільність, вологість, пористість, пластичність, розрахунковий опір ґрунту. 2. За вихідними даними додатку А розрахувати параметри фізичних і водно-фізичних властивостей ґрунтів за формулами (1.4-1.14). Враховуючи, що об'єм різального кільця 50 см^3 , вага різального кільця - $25,4 \text{ г}$.

Методика виконання. Д а н о: зразок ґрунту, ґрунтовідбірне кільце з компресійного приладу, бюкси, ніж, електронна вага, сушильна шафа, ексікатор з CaCl_2 .

Х і д р о б о т и: Проводять огляд зразку ґрунту, визначають його фізичні властивості, характерні властивості, структуру, текстуру, вологість ґрунту тощо. Визначають основні фізичні властивості інженерних ґрунтів:

1. *Визначають щільність ґрунту (ρ).* Для цього зважують ґрунтовідбірне кільце з компресійного приладу (маса m). Вирізують з моноліту кільцем ґрунт непорушеної структури і природної вологості, або готують зразок порушеної будови з заданими значеннями щільності і вологості. Зважують кільце з ґрунтом (маса m_1). Визначають щільність ґрунту за формулою:

$$\rho = \frac{m_1 - m}{V}, \text{ г/см}^3, \quad (1.1)$$

де $V=50 \text{ см}^3$ – об'єм кільця.

2. *Визначають вологість ґрунту (W).* Для цього з моноліту поряд з місцем вирізання зразка відбирають у заздалегідь зважені бюкси (маса m_2) $15\text{-}20 \text{ г}$ вологого ґрунту і зважують їх (маса m_3). Потім знімають кришки, вставляють бюкси нижнім кінцем в кришку, поміщають в сушильну шафу. Висушують ґрунт до постійної маси в сушильній шафі при температурі $(105 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Перше зважування бюксів з ґрунтом виконують після 6-ої години сушки, попередньо охолодивши їх до кімнатної температури. Охолодження і зважування ведуть з закритими кришками. Потім, знявши кришки, бюкси з ґрунтом знову поміщають в сушильну шафу для контрольної сушки.

Через 1-2 години їх знову виймають із шафи, охолоджують і зважують. Якщо розходження по масі між першим і другим зважуванням немає, висушування закінчують. У випадку зменшення маси після повторного зважування сушку ґрунту продовжують до постійної маси. Охолоджують бюкси з ґрунтом в ексикаторі з CaCl_2 , знову зважують (маса m_4). Визначають вологість за формулою:

$$W = \frac{m_3 - m_4}{m_4 - m_2} \cdot 100\%, \quad (1.2)$$

3. Визначають щільність часток ґрунту (ρ_s). Оскільки її визначення займає багато часу, в лабораторній роботі дозволяється прийняти $\rho_s = 2,68 \text{ г/см}^3$. Але для кожного виду ґрунту вона становить: пісків – 2,64; супісків – 2,70; суглинків – 2,71; глин – 2,74 г/см^3 . Вираховують коефіцієнт пористості зразка ґрунту за формулою:

$$e_0 = \frac{\rho_s}{\rho} (1 + W) - 1, \quad (1.3)$$

Результати цих досліджень і розрахунки записуємо в табл.1.1, приклад заповнення якої наведено нижче.

Таблиця 1.1

Визначення коефіцієнта пористості зразка ґрунту

№ зразка	Маса кільця, m , г	Маса кільця з ґрунтом, m_1 , г	Щільність ґрунту, $\rho = \frac{m_1 - m}{V}$, г/см^3	№ бюкса	Маса порожнього бюкса, m_2 , г	Маса бюкса з вологим ґрунтом, m_3 , г	Маса бюкса з сухим ґрунтом, m_4 , г	Вологість ґрунту $W = \frac{m_3 - m_4}{m_4 - m_2}$	Щільність часток ґрунту, ρ_s , г/см^3	Коефіцієнт пористості, e_0
1	198	477	1,86	5	14,1	34,97	31	0,235	2,68	0,78

Щільність ґрунту (ρ_0) – це маса одиниці об’єму породи в умовах природного залягання і вологості.

$$\rho_0 = \frac{m_1 - m_0}{V}, \quad (1.4)$$

де m_1 – маса вологого ґрунту, г; m_0 – маса порожнього бюксу, г; V –

об'єм породи ґрунту, см³.

Щільність сухого ґрунту (ρ_c) визначають за формулою:

$$\rho_c = \frac{m_2 - m_0}{V}, \quad (1.5)$$

де m_2 – маса абсолютно сухого ґрунту, г.

Щільність твердих часток ґрунту (ρ_d) визначають за формулою:

$$\rho_d = \frac{\rho_0}{1 + e_0}, \quad (1.6)$$

де e_0 – коефіцієнт пористості.

Коефіцієнт пористості визначається за формулою:

$$e_0 = \frac{n}{1 - n}, \quad (1.7)$$

де n – пористість, яка визначається за формулою:

$$n = 0,96 - 0,35\rho_c. \quad (1.8)$$

Вологістю ґрунту називають відношення маси води у ґрунті до маси сухих часток ґрунту в даному об'ємі, виражене в долях від одиниці, розраховуємо за формулою:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100\% \quad (1.9)$$

Вагова вологість (W_e), визначається за формулою:

$$W_e = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0}. \quad (1.10)$$

Об'ємна вологість (W_o), визначається за формулою:

$$W_o = W_e \cdot \rho_c. \quad (1.11)$$

Максимальна вологість ґрунту (W_{max}), визначається за формулою:

$$W_{max} = \frac{n}{\rho_c}. \quad (1.12)$$

Польова вологість ґрунту (W_{ne}), визначається за формулою:

$$W_{ne} = \frac{W_e}{W_{max}}. \quad (1.13)$$

Коефіцієнт водонасичення (S) – ступінь заповнення об'єму пор ґрунту водою, визначається за формулою:

$$S = \frac{W_e \cdot \rho_y}{e_0}, \quad (1.14)$$

де ρ_y – густина утримування, яка приймається у наших розрахунках 1,5 г/см³.

За ступенем водонасичення ґрунти класифікуються на:

0-0,5 – ґрунти малого ступеня водо насичення (галька, гравій);
0,5-0,8 - ґрунти середнього ступеня водонасичення (піски);
0,8-1,0 – ґрунти насичені водою (глини, суглинки).

2. Визначення, класу, типу та ступеню агресивності природних вод за даними хімічного аналізу

Метою є: вивчення різних методів визначення за хімічним лабораторним аналізом води хімічного складу підземних вод.

Завдання. Користуючись хімічним аналізом води (згідно вихідних даних табл. 2.1) необхідно перерахувати вміст іонів із мг/л в мг-екв/л та % мг-екв форму. Визначити похибку аналізу. Провести вираження хімічного аналізу води за класифікацією О.А. Альокіна, формули М.Г. Курлова, графічного зображення хімічного складу підземних вод у вигляді графіків-трикутників та квадрата М.І. Толстихіна.

Методика виконання. Природна вода завжди являє собою розчин дуже складного вмісту. У природних умовах вода не зустрічається в хімічно чистому вигляді. В ній завжди присутня деяка кількість речовин, з якими вона стикається в процесі кругообігу.

Під хімічним складом води розуміють весь комплекс газів, іонів, колоїдів мінерального та органічного походження, який в ній знаходиться у природних умовах. У підземних водах розчинена значна кількість різних речовин. У ній знайдено більш ніж 70 % хімічних елементів із 104, які відомі на Землі. Більша їх частина присутня в такій незначній кількості, що не впливає на властивості води.

Сума всіх виявлених у воді хімічних елементів і сполук при хімічному аналізі визначає її мінералізацію.

Макрокомпоненти або головні компоненти хімічного складу води представлені аніонами та катіонами, які складають розчинні сполуки. Макрокомпоненти визначають тип хімічного складу води і найголовніші її властивості. Представлені вони вісьмома іонами, з яких чотири-позитивно заряджені (катіони і Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ і чотири негативно заряджені (аніони) – Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} .

Вихідні дані до визначення хімічного складу підземних вод (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Вихідні дані до визначення хімічного складу підземних вод

Варіант	Вміст іонів в мг/л						Температура, Т, °С	Витрата, Q, м ³ /добу
	Аніони			Катіони				
	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+		
1	353	126	168	8	26	247	10	200
2	322,1	96,0	24,3	88,2	12,2	57	14,2	200
3	-	557,7	298	136,3	12,2	280	7,8	200
4	173	1	2168	120	62	1217	10	200
5	329,4	192	21	100,2	30,4	89,6	7,8	200
6	366	264,8	206	220,4	4,9	135	9,2	200
7	554,9	204	194	225	9,0	4	16	200
8	488	172,8	156,2	124,2	9,7	206	12,1	200
9	439,2	691,2	227,2	260,5	30,4	287	8,9	200
10	97,6	-	298,8	16,03	4,86	202	14,8	200
11	219,6	96	14,2	90,2	14,6	6,9	11,9	200
12	270,8	691,2	553,8	204,4	46,2	469	7,8	200
13	97,6	56,4	28,4	32	9,7	27,6	17,2	200
14	610	144	227,2	280,6	63,2	4,6	11,2	200
15	536,8	139,2	213	258,6	52	11,5	17,3	200
16	390,2	19,2	21,3	88,2	24,3	23	10,7	200
17	213,4	96,2	42,6	64,1	26,8	6,9	11,5	200

Приклад. Дано хімічний аналіз води у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Варіант	Вміст іонів в мг/л						Температура, Т, °С	Витрата, Q, м ³ /добу
	Аніони			Катіони				
	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+		
1	353	126	168	8	26	247	10	200

1. 1). Встановимо атомні маси: HCO_3^- – 61,018; SO_4 – 96,066; Cl^- – 35,457; Ca – 40,08; Mg – 24,32; Na – 22,997.

Якщо атомну (іонну) масу будь-якого іона розділити на його валентність, отримаємо *еквівалентну масу*. Наприклад, атомна маса для 1 варіанта Ca – 40,08, валентність – 2, отже еквівалентна маса буде дорівнювати $40,08:2=20,04$. Для сульфат-іону (SO_4) іонна маса дорівнює $32,07+16\cdot4=96,07$, валентність – 2, еквівалентна маса – $96,07:2=48,035$

2). Частка від ділення одиниці на еквівалентну масу дає *перерахунковий коефіцієнт* для Са - 1: $20,04=0,0499$ і для SO_4 перерахунковий коефіцієнт 1: $48,035=0,0208$.

3). Для переведення в *міліграм-еквівалентну* і далі в *процент-міліграм-еквівалентну* форми ведемо у табличній формі (таблиця 2.3.). Для вираження в мг-екв. Форму, потрібно вміст кожного іона в мг/л помножити на перерахунковий коефіцієнт, наприклад для іона $HCO_3=353 \cdot 0,0164=5,79$.

Таблиця 2.3

Розрахункова таблиця переведення вмісту іонів в різні форми

Іон	Вміст в мг/л	Перерахунковий коефіцієнт	Форма мг-екв	Форма % мг-екв
Аніони: HCO_3^-	353	0,0164	5,79	44,04
SO_4^{2-}	126	0,0208	2,62	19,92
Cl^-	168	0,0282	4,74	36,04
Разом	647	-	13,15	100
Катіони: Na^+	247	0,0435	10,74	80,87
Ca^{2+}	8	0,0499	0,40	3,01
Mg^{2+}	26	0,0822	2,14	16,12
Разом	281	-	13,28	100
Всього	928	-	26,43	200

При визначенні % мг-екв вмісту кожного іона поступають наступним чином. Суму аніонів в мг-екв приймають за 100%, а вміст кожного іона приймають за х. Наприклад для HCO_3 :

$$X_{HCO_3} = (5,79 \cdot 100) : 13,15 = 44,04 \% \text{ мг-екв}$$

4). При проведенні аналізу хімічного складу води можуть бути допущені неточності. Допустима похибка аналізу повинна бути не більшою 5%. Похибка визначається за виразом:

$$\Delta = \left| \frac{\sum A - \sum K}{\sum A + \sum K} \right| \cdot 100\% \leq 5\%, \quad (2.1)$$

де Δ – похибка, $\sum A$ і $\sum K$ – сумарні вмісти аніонів і катіонів в мг-екв. В нашому прикладі отримаємо

$$\Delta = \left| \frac{13,15 - 13,28}{13,15 + 13,28} \right| \cdot 100\% = 4,92\% \leq 5\%.$$

Похибка нижча допустимої. Отже, аналіз хімічного складу води виконано вірно.

Якщо при розрахунку, отримаєте похибку більше 5%, то хімічний лабораторний аналіз води необхідно повторити, але в навчальних цілях приймаємо, що похибка знаходиться в межах норми.

Аналогічним способом визначають вміст інших іонів.

2. Для співставлення результатів аналізів води застосовують різні класифікації і способи скороченого вираження складу. Найчастіше використовується класифікація, яка ґрунтується на виділенні класів підземних вод за переважаючим аніоном, *груп* – за переважаючим катіоном і *типів вод* – за співвідношенням між іонами. Виділяють чотири типи природних вод. Графічне зображення класифікації природних вод за О.А. Альокінім зображене на рис. 2.1.

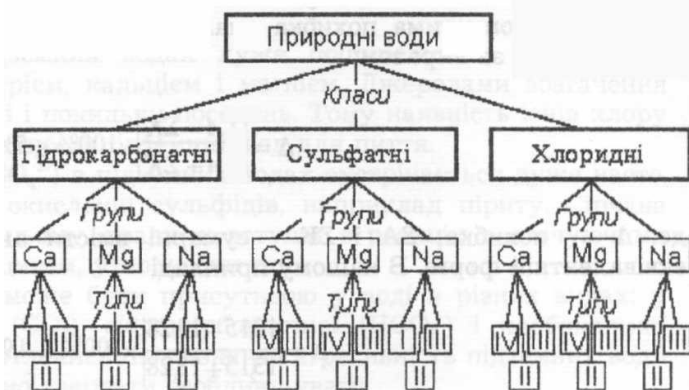


Рис. 2.1. Класифікація природних вод за О.А. Альокінім

Виділяють чотири типи природних вод: **перший тип** - $\text{HCO}_3^- >$

$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ - води лужні, м'які; **другий тип** – $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ - води малої та помірної мінералізації; **третій тип** - $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ - води високомінералізовані; **четвертий тип** – $\text{HCO}_3^- = 0$ - води кислі.

В розглянутому нами прикладі, води прісні, гідрокарбонатно-натрієві, лужні, м'які (I тип).

3. Хімічний аналіз води можна виразити у вигляді формули Курлова – псевдодробу. Величину сухого залишку можна визначити за рівнянням:

$$M \approx 1,1(0,5 \times \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \approx 1,1((0,5 \times 353) + 126 + 168 + 247 + 0 + 8 + 26) \approx 827 \text{ мг/л} \approx 0,8 \text{ г/л.}$$

Запишемо розглянутий приклад аналізу у вигляді псевдо дробу:

$$M_{0,8} \frac{\text{HCO}_{44}^3 \text{Cl}_{36} \text{SO}_{20}^4}{\text{Na}_{81} \text{Mg}_{16}} T^0 C \cdot 10 \cdot Q \cdot 200,$$

де $T^0\text{C}$ – температура води при взятті аналізу, Q – витрата води з свердловини, м³/добу.

4. М.І. Толстихін запропонував зображувати аналіз води точками на квадраті. Для цього беруть великий квадрат (рис. 2.2) і розбивають його на 100 маленьких, кожен з яких має свій порядковий номер.

По горизонтальних сторонах квадрата відкладають в напрямку стрілок вміст катіонів, а по вертикалі - аніонів. В нашому прикладі $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} = 19,13$; $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} = 44,04$. На перетині вертикальної і горизонтальної лінії знаходимо, що вода відповідає номеру 59 – хлоридно-сульфатні натрієво-калієві.

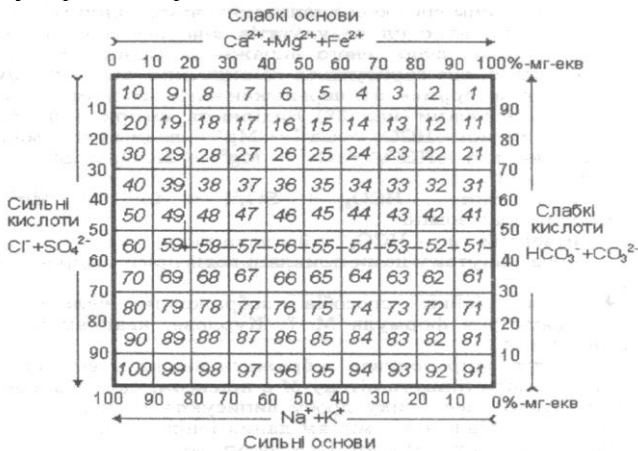


Рис.2.2. Графік-квадрат Н.І. Толстихіна

5. Графіки-трикутники будують окремо для аніонів і катіонів (рис. 2.3). На сторонах трикутників відкладають вмісти певних іонів (в % мг-екв) і проводять лінії паралельні до сторін малих трикутників, що відсікають води даного типу від змішаних. В трикутнику на перетині трьох ліній (за трьома іонами) утворюється точка, положення якої вказує на тип води.

Розглянутий аналіз за аніонами попав у змішані води, а за катіонами – в натрієві.

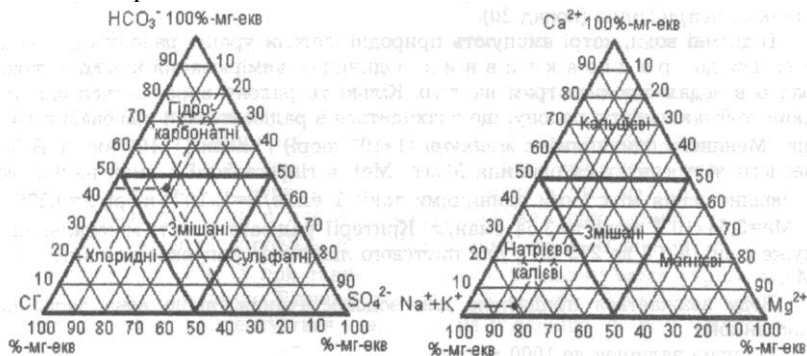


Рис.2.3. Графіки-трикутники

3. Визначення коефіцієнта фільтрації за даними гранулометричного складу дисперсних ґрунтів

Метою є: навчитися визначати та розраховувати коефіцієнт фільтрації за даними гранулометричного складу дисперсних ґрунтів.

Завдання. 1. За варіативними даними, які наведені у таблиці 3.2, побудувати інтегральну криву механічного складу піщаного ґрунту, визначити ефективний діаметр, коефіцієнт неоднорідності ґрунту та коефіцієнт фільтрації за формулою Хазена.

Методика виконання. Коефіцієнт фільтрації гірничих порід визначається за емпіричними формулами на основі лабораторних досліджень, польових досліджень.

Емпіричні формули дають змогу швидко визначити коефіцієнт фільтрації, якщо є відомі значення пористості та механічного складу ґрунтів. Але ці формули дають лише наближені значення водопроникності і використовуються при попередніх розрахунках.

Для визначення коефіцієнта фільтрації пісків з ефективним діаметром часток, рівним від 1 до 3 мм, і при коефіцієнті неоднорідності меншим 5,0 використовується формула Хазена.

$$K_{\phi} = Cd_e^2 (0,07 + 0,03t^0), \quad (3.1)$$

де С – емпіричний коефіцієнт, який за О.К. Ланге дорівнює

$$C = 400 + 40(n-26), \quad (3.2)$$

n – пористість породи, %; d_e – ефективний діаметр, мм; t^0 – температура води в $^{\circ}\text{C}$.

Ефективний діаметр та коефіцієнт неоднорідності пісків визначаються із механічного (гранулометричного) складу. Гранулометричний (зерновий) склад ґрунту – ваговий вміст у ґрунті твердих частинок (фракцій) ґрунту різної крупності, виражений у відсотках відносно загальної маси проби абсолютно сухого ґрунту, взятого для аналізу. Гранулометричний склад ґрунту визначається ситовим методом, за результатами якого будується інтегральна (сумарна) крива.

Ситовий метод. Для гравію, піску та крупних фракцій інших безструктурних зернистих ґрунтів використовується метод послідовного просівання ґрунту через сита з просвітами, що зменшуються. Набір сит повинен складатися з сит з розмірами отворів 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм. Останні два сита застосовуються для ґрунтів лише за умови промивання водою за відповідною методикою.

Результати аналізів механічного складу ґрунту записуємо у табличному вигляді (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Приклад таблиці для записів результатів визначення
гранулометричного

Показники	Розмір часток, мм							
	>10,0	10,0-5,0	5,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1
Розмір фракцій залишок на ситі), мм								
Маса фракцій, г	-	-	-	21,7	11,40	32,82	30,91	3,17
Вміст фракцій, %	-	-	-	21,7	11,40	32,82	30,91	3,17
Сумарний вміст фракцій, менших даного діаметра, %			100	78,30	66,90	34,08	3,17	-

Для визначення коефіцієнта неоднорідності уламкової породи необхідно побудувати інтегральну (сумарну) криву її механічного складу. Для побудови цієї кривої потрібно розрахувати сумарні вмісти часток діаметром менше 0,1; 0,25; 0,5; 1,0 мм і т. д. Для цього в таблиці справа наліво просумовуємо вмісти фракцій з частками, меншими даного діаметра, і результати запишемо нижче (під вмістом фракцій в %). На графіку по осі абсцис відкладаємо діаметр часток в логарифмічному масштабі, а по осі ординат - сумарний вміст, % (рис. 3.1).

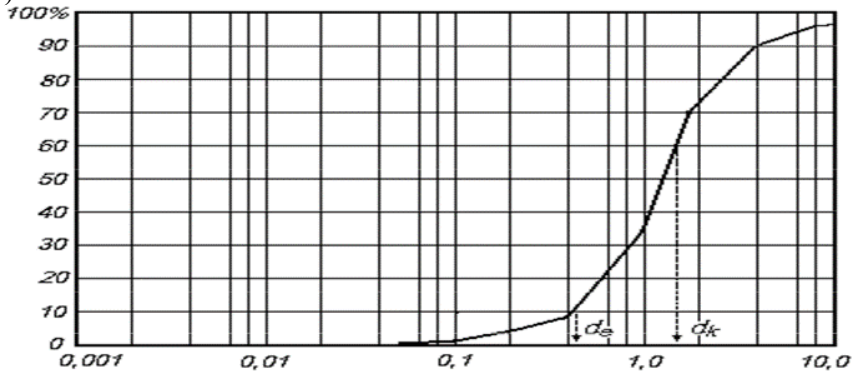


Рис. 3.1. Сумарна крива гранулометричного складу дисперсного ґрунту

Після побудови кривої знаходимо величини ефективного (d_e) і контролюючого (d_k) діаметрів, тобто розміри часток, менше яких в породі міститься 10 і 60 %. У нашому прикладі $d_e = 0,6$ мм, а $d_k = 1,75$ мм. Тепер можна визначити коефіцієнт неоднорідності C_n :

$$C_n = \frac{d_k}{d_e} = \frac{d_{60\%}}{d_{10\%}} = \frac{1,75}{0,6} = 2,91.$$

Досліджуваний дисперсний ґрунт можна вважати однорідним, тому, що він має $C_n \leq 3$ (в неоднорідного ґрунту - $C_n > 3$). Отримавши значення показника d_e , та підставивши його у формулу Хазена, знаходимо коефіцієнт фільтрації піщаного ґрунту.

Таблиця 3.2

Вихідні дані для виконання завдання

№ варіанта	Коефіцієнт пористості, п	Температура води, °С	Розмір отворів сит, мм	10	5	2	1	0,5	0,25	0,1	Піддон
			Розмір фракцій (залишок на ситі), мм	>10,0	10,0-5,0	5,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	
1	0,56	19	Маса фракцій, г			3,6	22,4	12,2	33,1	25,6	3,1
2	0,35	20	Маса фракцій, г			2,4	19,3	17,6	31,5	28,52	0,68
3	0,34	18	Маса фракцій, г			3,2	19,6	9,8	31,32	29,56	6,52
4	0,42	21	Маса фракцій, г			1,5	22,5	13,2	27,87	31,82	3,11
5	0,43	19	Маса фракцій, г			0,5	15,3	12,3	29,6	35,6	6,7
6	0,58	22	Маса фракцій, г			0,3	20,6	13,5	31,52	30,91	3,17
7	0,61	16	Маса фракцій, г				22,6	12,4	30,51	26,98	7,51
8	0,55	15	Вміст фракцій, %				10,23	19,5	30,29	33,21	6,77
9	0,56	18	Вміст фракцій, %			1,3	21,7	9,6	30,82	35,57	1,01
10	0,57	17	Вміст фракцій, %				20,3	8,9	32,82	35,8	2,18

Логарифмічний графік для побудови сумарної кривої механічного складу піщаного ґрунту виконуємо на форматі А4 (додаток Б).

4. Визначення коефіцієнта фільтрації дисперсних ґрунтів приладом КФЗ конструкції Д.І. Знаменського

Метою є: навчитися визначати та розраховувати коефіцієнт фільтрації дисперсних ґрунтів приладом КФЗ конструкції Д.І. Знаменського.

Завдання. 1. Ознайомитися із приладом КФЗ конструкції Д.І. Знаменського та визначити за допомогою нього коефіцієнт фільтрації дисперсних ґрунтів. 2. Визначити коефіцієнт фільтрації при двох градієнтах (середню величину з них вважати за дійсну).

Методика виконання. Д а н о: Прилад КФЗ конструкції Д.І. Знаменського (рис. 4.1, 4.2), пісок для фільтрування, вода, термометр, секундомір, лопатка, ніж.

Водопроникність ґрунтів називають здатність ґрунтів пропускати (фільтрувати) через себе воду. Ступінь водопроникності у різних ґрунтів різна і залежить від гранулометричного складу, пористості і структури ґрунтів, розмірів і форми пор. В пісках, де пори мають відносно великі розміри, фільтрація води проходить легше і швидше ніж в глинистих ґрунтах, які мають велику кількість

пор, але з дуже малими поперечними перерізами і де значна частина об'єму пор зайнята фізично-зв'язаною водою.

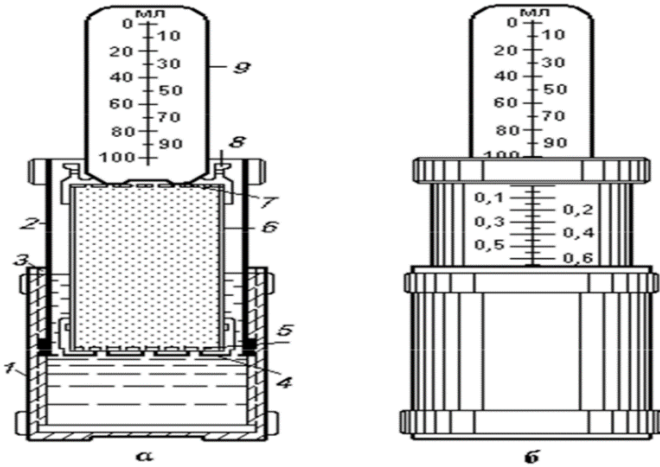


Рис. 4.1 - Прилад КФЗ: а – в розрізі, б – загальний вигляд

Водопроникність характеризується коефіцієнтом фільтрації K_ϕ , що являє собою швидкість фільтрації, коли напірний градієнт дорівнює одиниці.

Якщо пропускати воду через зразок ґрунту площею F і довжиною L з різницею напору ΔH , то за певний час t згідно з формулою закону Дарсі профільтреться вода в об'ємі

$$V_w = K_\phi \cdot F \cdot I \cdot t, \quad (4.1)$$

де I - градієнт напору, який дорівнює відношенню різниці напорів води до довжини шляху фільтрації і визначається за формулою

$$I = \frac{\Delta H}{L}. \quad (4.2)$$

Звідси коефіцієнт фільтрації дорівнює

$$K_\phi = \frac{V_w}{FIt} \quad (4.3)$$

Об'єм води, що протікає за одиницю часу крізь одиницю площі поперечного перерізу ґрунту, називається **ш в и д к і с т ю ф і л ь т р а ц і ї** і визначається за формулою

$$V = K_\phi \cdot I. \quad (4.4)$$

Коефіцієнт фільтрації вимірюють в см/сек або м/добу.

Коефіцієнт фільтрації використовують для визначення притоку води до котлованів, дренажних і водорозбірних пристроїв, розрахунків осідань фундаментів в часі, фільтраційних втрат води крізь земляні споруди та ін.

Прилад КФЗ (рис. 4.1) складається із двох металевих телескопічних циліндрів: зовнішнього (1) і внутрішнього (2). Зовнішній циліндр є корпусом і захищає прилад від пошкоджень. При проведенні досліду в нього наливають воду для змочування ґрунту. Надлишок води зливається через пази (3). На сітчастому дні (4) внутрішнього циліндра розташовується нижня сітчаста кришка (5), в якій встановлений ріжучий циліндр (6). На ріжучому циліндрі зверху лежить латунна сітка (7), притиснута кришкою з пружинами (8). В цій кришці за допомогою пружин кріпиться емність (колба) Маріотта (9), яка служить для подачі води в прилад і підтримує постійний її рівень при фільтруванні.



Рис. 4.2. Фото приладу КФЗ

Хід роботи:

1. Вдавивши ріжучий циліндр в моноліт піску і підрізавши його ножом, відібрати зразок з непорушеною структурою. При визначенні коефіцієнта фільтрації з врахуванням напрямку руху води

зорієнтувати зразок породи і надіти сітчасте дно на нижній край ріжучого циліндра.

2. Зовнішній циліндр заповнити доверху водою і встановити в нього внутрішній.

3. На дно внутрішнього циліндра встановити ріжучий циліндр і, дуже повільно загвинчуючи внутрішній циліндр в зовнішній, наситити зразок породи водою.

Аналогічно роблять при визначенні коефіцієнта фільтрації порід з порушеною структурою.

4. Після насичення зразка водою (що помітно за зміною кольору породи) внутрішній циліндр повинен бути вгвинчений у зовнішній до крайнього нижнього положення. Покласти на зразок породи латунну сітку і впевнитись, що поверхня сітки волога. На ріжучий циліндр насадити верхню кришку.

5. Наповнити колбу водою, і, закривши великим пальцем її отвір, встановити ємність на сітку ріжучого циліндра. Форма колби така, що отвір її знаходиться на 0,5-1,0 мм вище від поверхні сітки, а горловина ємності стоїть на самій сітці. При просочуванні води рівень її відривається від поверхні горловини і завдяки цьому в ємність проривається повітря, замість якого на сітку потрапляє певна кількість води. Таким чином, при фільтруванні весь час підтримується постійний рівень води, отож, і напірний градієнт.

6. За шкалою, розміщеною на зовнішній поверхні внутрішнього циліндра, встановити вибрану величину гідравлічного градієнта.

7. Відмітивши за шкалою колби об'єм води, запустити секундомір і визначити кількість профільтрованої води за вибраний інтервал часу. Рекомендується брати об'єм профільтрованої води не менше 10 см³ (відповідно, не менше 10 мл).

8. При даному градієнті дослід проводити до сталої витрати.

9. Дослід повторити при інших гідравлічних градієнтах.

10. Впродовж дослідів періодично міряти температуру води.

11. Розрахунок коефіцієнта фільтрації (K_{ϕ} , м/добу) проводити тільки для сталих витрат за формулою

$$K_{\phi} = \frac{Q}{FI(0,7 + 0,03t_{\circ})}, \quad (4.5)$$

де Q – стала витрата, м³/добу; F – площа поперечного перерізу ріжучого циліндра, м²; I – гідравлічний градієнт; t° – температура води, °С.

12. Результати досліду записати в журнал (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Приклад таблиці для записів результатів визначення коефіцієнта фільтрації пісків приладом КФЗ

№ поз.	Час фільтрації, с			Об'єм профіль- трованої води, см ³			$Q = \Delta V / \Delta t$, см ³ /с	F , см ²	I	t , °С	Коефіцієнт фільтрації	
	від t_1	до t_2	$\Delta t = t_2 - t_1$	від V_1	до V_2	$\Delta V = V_2 - V_1$					см/с	м/добу
1	0	32	32	10	30	20	0,625	25	1	20	0,019	16,61
2	0	30	30	30	50	20	0,666	25	1	20	0,02	17,71

Отримаємо для позиції №1, що коефіцієнт фільтрації дорівнює $0,0192308 \text{ см/с} = 0,000192308 \text{ м/с} = 0,000192308 \cdot 86400 = 16,61 \text{ м/добу}$. За таблицею 4.2 і класифікацією за значенням K_f встановлюємо, які це гірські породи.

Коефіцієнти фільтрації гірських порід подані в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Коефіцієнти фільтрації гірських порід

Порода	Коефіцієнт фільтрації K_f , м/добу	Порода	Коефіцієнт фільтрації K_f , м/добу
Глини	0,001-0,01	Пісок дрібний	1-5
Суглинки	0,01-0,1	Пісок середньої крупності	5-15
Супіски	0,1-0,5	Пісок крупний	15-50
Пісок глинистий	0,5-1,0	Пісок з галькою	50-100

За значеннями K_f ґрунти поділяють на дуже сильноводопроникні ($K_f > 30 \text{ м/добу}$); сильноводопроникні ($K_f = 3-30 \text{ м/добу}$);

водопроникні ($K_{\phi}=0,3-3,0$ м/добу); маловодопроникні ($K_{\phi}=0,005-0,3$ м/добу); водонепроникні ($K_{\phi}<0,005$ м/добу).

5. Побудова карти гідроізогіпс

Метою є: Навчитися будувати карти гідроізогіпс.

Завдання. 1. Побудувати карту гідроізогіпс, згідно варіанту за додатком В та завдання, яке висвітлено у методиці виконання.

Методика виконання. При оцінці геолого-гідрогеологічних умов територій, призначених для проектування, будівництва, експлуатації і реконструкції промислових й цивільних об'єктів, першочергове значення має вивчення їх гідрогеологічних умов.

Гідрогеологічні карти, що складаються в процесі інженерно-геологічної зйомки по своєму призначенню та змісту діляться на: а) *загальні* - для повної характеристики гідрогеологічних умов території; б) *спеціальні* - для вирішення будь яких або вузьких, поставлених задалегідь перед дослідженнями завдання (водопостачання будівельного об'єкту, житлового селища, осушення котловану, осушення ділянки будівництва й тому подібне).

Найбільший інтерес і практичне значення для інженерних цілей мають карти рельєфу поверхні ґрунтових вод - карти гідроізогіпс, і напірних вод - карти гідроізоп'єз.

Гідроізогіпси (гідроізон'єзи) – це лінії, що з'єднують точки з однаковими абсолютними відмітками рівнів ґрунтових (напірних) вод.

Для побудови карти гідроізогіпс заміряють рівень ґрунтових вод в ряді точок на площі поширення водоносного горизонту (в свердловинах, шурфах, колодязях), причому, заміри проводять у якомога коротший відрізок часу, тому що поверхню ґрунтових вод може відчувати добові, сезонні і річні коливання. Карту гідроізогіпс доцільно складати за результатами одночасних або близьких за часом (один - два дні) вимірів.

Найбільше практичне значення мають карти гідроізогіпс, складені на дати максимального і мінімального положень рівнів ґрунтових вод.

Побудова гідроізогіпс виконується так як і побудова горизонталей рельєфу на топографічній карті.

Для кожної спостережної точки розраховується абсолютна відмітка рівня ґрунтових вод:

$$H_6 = H_3 - h, \quad (5.1)$$

де H_6 – абсолютна відмітка поверхні води, м; H_3 – абсолютна відмітка поверхні землі, м; h – глибина залягання дзеркала ґрунтових вод, м.

Отримані позначки наносяться на топографічну основу і по них методом інтерполяції визначають точки - проходження гідроізогіпс між двома виробками. Точки з однаковими абсолютними позначками з'єднують плавними лініями.

По карті гідроізогіпс визначають напрямок руху ґрунтових вод, ухил потоку, витрата потоку для будь-якої ділянки, глибину залягання рівнів ґрунтових вод. Напрямок потоку завжди буде перпендикулярно до гідроізогіпс, тому що ґрунтові води можуть пересуватися тільки від більш високих відміток до більш низьких. По лінії гідроізогіпс руху ґрунтових вод не відбувається. Лінії, що вказують на напрям руху ґрунтових вод, називаються *лініями струму*. Лінії струму нормальні гідроізогіпс. Якщо лінії струму паралельні, то ґрунтовий потік - *плоский*; якщо сходяться, або розходяться, то потік *радіальний*.

Нахил потоку ґрунтових вод визначається відношенням різниці відміток у двох токах до відстані між ними.

$$I = \frac{H_1 - H_2}{L}, \quad (5.2)$$

де I – нахил потоку; H_1 та H_2 – абсолютні позначки рівня води у сусідніх свердловинах, м; L – віддаль між свердловинами, м.

Глибина залягання дзеркала ґрунтових вод в будь якій точці визначається як різниця абсолютних позначок поверхні землі та поверхні ґрунтових вод.

Про наявність гідравлічного зв'язку між ґрунтовими та поверхневими водами вказує поєднання гідроізогіпс з водоймами (рис. 5.1).

Завдання: За абсолютними позначками рівня ґрунтових вод у свердловинах побудувати карту гідроізогіпс у масштабі 1:5000. Свердловини утворюють сітку квадратів зі стороною кожного квадрата 200 м. Відлік свердловин іде по горизонтальних рядах зліва направо. У кожному ряду 5 свердловин. Гідроізогіпси побудувати через 1 м.

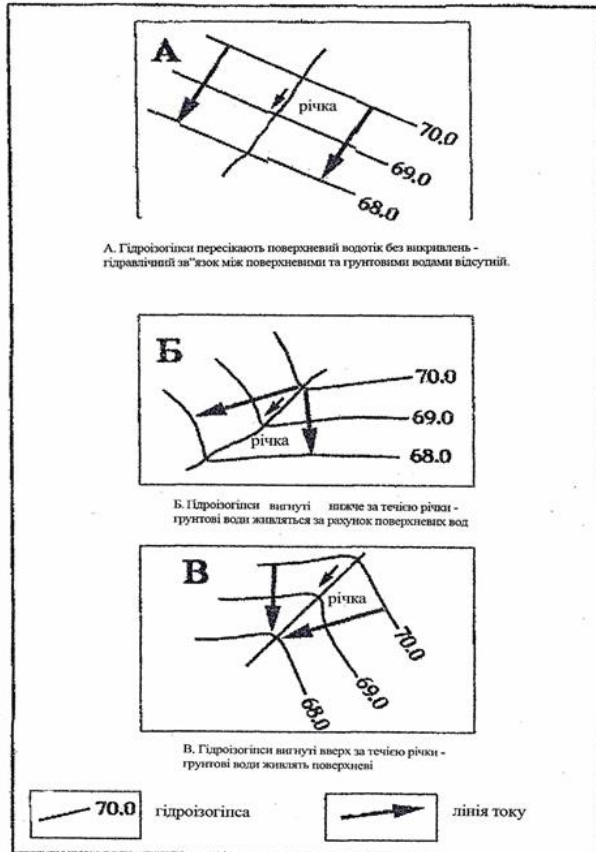


Рис. 5.1. Взаємозв'язок ґрунтових та поверхневих вод

На карті гідроізопіс визначити рух ґрунтових вод.

Визначити нахил ґрунтового потоку на ділянці свердловин 1-11.

Виконуємо завдання у наступній послідовності.

1. Будуємо схему розташування свердловин у масштабі 1:5000 згідно виданого варіанту завдання (рис. 5.2).

Для цього на аркуш міліметрового паперу (формату А4) наносимо всі 25 гідрогеологічних свердловин. Віддаль між свердловинами 200 м (у масштабі 1:5000 – 4 см). У кожному горизонтальному ряду по 5 свердловин, горизонтальних рядів 5, віддаль між рядами 200 м (4 см у масштабі).

Свердловини утворюють квадрат 16 x 16 см.

Свердловину позначаємо у вигляді зафарбованого кола діаметром 2 мм.

Біля кожної свердловини виносимо дані у вигляді дробів справа і зліва від неї.

Зліва у чисельнику номер свердловини, у знаменнику – абсолютна відмітка гирла свердловини, Справа від позначки свердловини у чисельнику – глибина до води, а у знаменнику – абсолютна позначка рівня ґрунтових вод.

Необхідно визначити абсолютну позначку рівня ґрунтових вод. Її визначаємо за вище наведеною формулою (5.1) і записуємо у таблицю варіанту завдання.

2. Інтерполюючи абсолютні позначки рівня ґрунтових вод між усіма сусідніми свердловинами та з'єднуючи однакові позначки, будуємо гідроізогіпси з перерізом через 1 (один) метр (рис. 5.2).

3. Визначаємо напрям руху ґрунтового потоку шляхом побудови найбільш характерних ліній течії. Кожну лінію треба починати будувати на гідроізогіпсі з найвищою абсолютною позначкою (рис. 5.3).

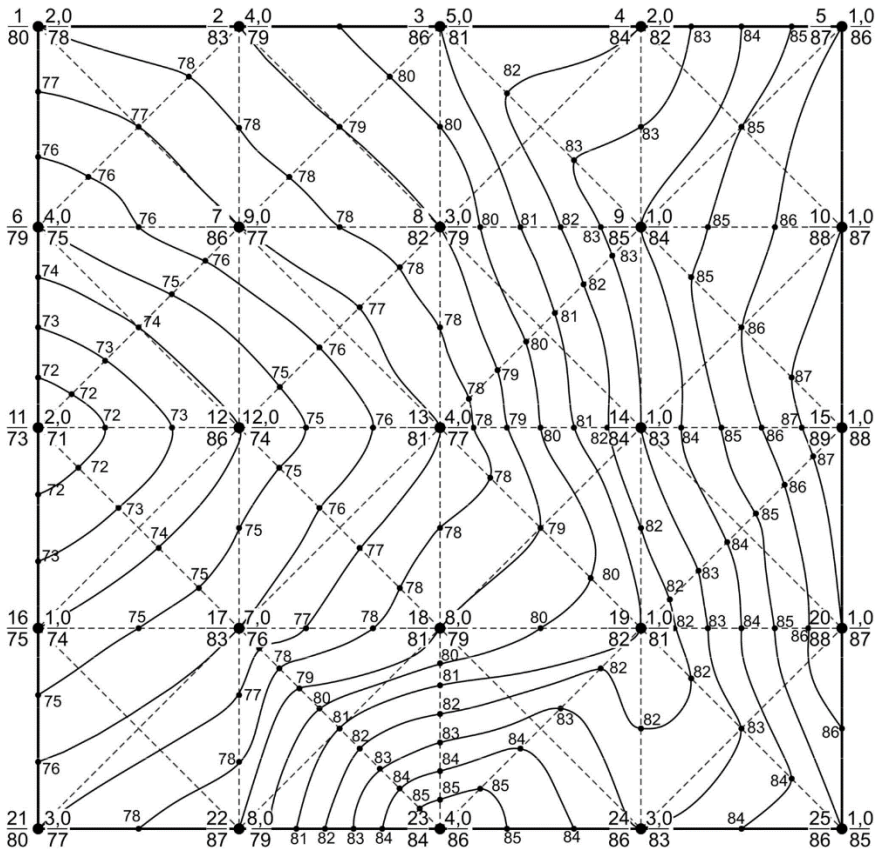
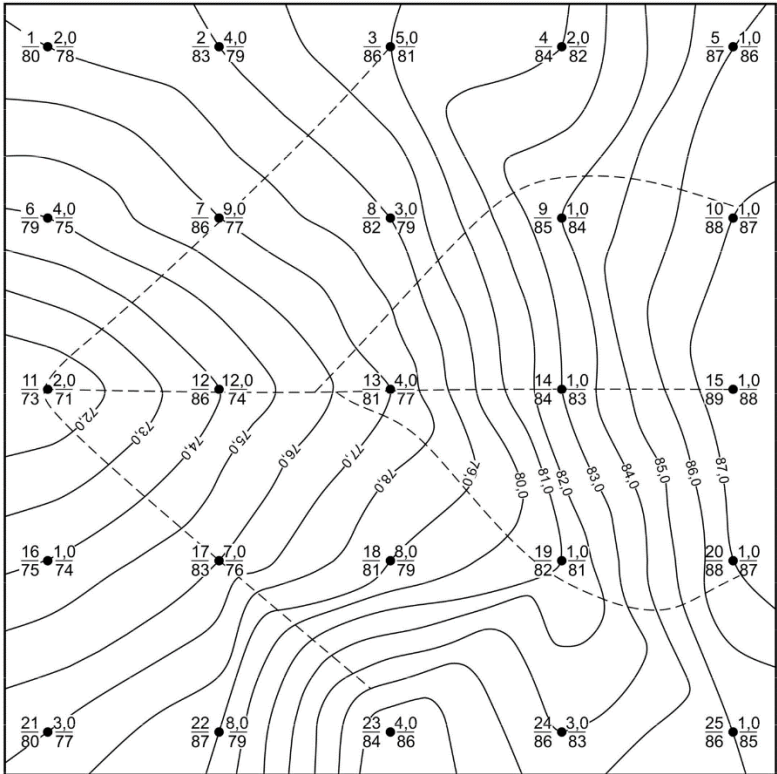


Рис. 5.2. Приклад інтерполяції між свердловинами

Карта гідроізогінс
Масштаб 1 : 5000



Умовні позначення:



1- Свердловина. Цифри: ліворуч - у чисельнику - номер її, у знаменнику - абсолютна відмітка гирла свердловини, м; праворуч - у чисельнику - глибина до води, м, у знаменнику - абсолютна позначка рівня ґрунтових вод, м; 2 - гідроізогінси; 3 - лінія течії ґрунтових вод.

Рис. 5.3. Приклад побудови карти гідроізогінс

6. Побудова комплексних графіків режиму підземних вод

Метою є: навчитися будувати комплексні графіки режиму підземних вод.

Завдання. 1. Побудувати комплексні графіки режиму ґрунтових вод за даними спостережень за рівневим режимом у свердловині, температурою повітря, атмосферними опадами та мінералізацією води, згідно варіанту за додатком Г та завдання, яке висвітлено у методиці виконання.

Методика виконання. **Р е ж и м** підземних вод - це короточасні, багаторічні та вікові зміни рівнів і напору, витрат, хімічного і газового складу, температури та інших якісних і кількісних показників параметрів підземних вод.

Режим буває *рівневий, температурний, сольовий*.

Основні фактори, які зумовлюють режим підземних:

-геологічна будова, яка визначає характер водоносного шару, його залягання, живлення і дренаж;

-геоморфологічне середовище;

-клімат;

-біосфера, тобто рослинний та тваринний світ;

-господарська діяльність людини.

Режим підземних вод залежить від в **природних та господарських** факторів. До **природних** відносяться *кліматичні*; (зміни температури, кількості опадів, величини випаровування), *гідрологічні* (коливання водності річок, рівнів озер та боліт, морські припливи та відпливи), *біологічні* (транспірація) і *геологічні* (сейсмічні явища) фактори.

Господарські фактори проявляються в зрошенні і осушенні земель, відборі підземних вод, будівництві водосховищ, штучному поповненні запасів підземних вод тощо.

Режими підземних вод, які визначаються лише природними факторами, називаються природними, а режими, які зумовлені одночасно природними та господарськими факторами, називають порушеними.

За часом виявлення змін рівня та інших елементів режиму підземних вод розрізняють *короточасний, добовий, сезонний, річний, багаторічний та віковий* режими.

П р и р о д н і режими підземних (в основному ґрунтових) вод в залежності від діючих факторів поділяють з деякою умовністю на **кліматичний, гідрологічний, режим підземного притоку та комплексний.**

Кліматичний режим. Під впливом кліматичних факторів змінюється співвідношення між живленням і витратою підземних вод. Якщо переважає живлення, то відбувається підняття рівня ґрунтових вод; якщо переважає витрата, відбувається зниження рівня. Ґрунтові води з кліматичним типом режиму мають живлення за рахунок атмосферних опадів. Оскільки інфільтраційне живлення залежить не лише від кількості опадів, що випали, і розподілу їх по сезонах року, але і від випаровування, потужності та теплового режиму зони аерації, то характер коливання рівня ґрунтових вод може бути різним. Чим менша глибина залягання ґрунтових вод і вища водопроникність зони аерації, тим більша частина опадів досягає рівня підземних вод тим швидше відбувається підняття його. До цього режиму відносять ґрунтові води вододільних просторів, широких алювіальних рівнин, гірських масивів.

Кліматичний режим властивий ґрунтовим водам вододільних просторів, широких, алювіальних рівнин, гірських масивів. Характерним для нього є зв'язок багаторічних коливань рівня із змінами кліматичних факторів.

Гідрологічний режим зумовлений впливом поверхневих водойм і водотоків. Форми впливу річок на режим ґрунтових вод різні. При наявності гідравлічного зв'язку між ними з підняттям води в річці рівень підземних вод підвищується і навпаки. Ширина зони впливу річок на режим ґрунтових вод залежить від величини витрат води в річці та тривалості їх стояння, від амплітуди змін її рівнів, від геологічної будови берегів і параметрів водоносних горизонтів. Вплив водойм на режим гідравлічно пов'язаних з ними ґрунтових вод аналогічний впливу річок.

Морські припливи та відпливи викликають в приморських районах помітні коливання рівнів ґрунтових і напірних вод. Цей вплив простежується вглибину берега на 10-15 км.

Режим підземного притоку характерний для тих територій, де режим підземних вод відображує вплив притоку з області живлення. Цей режим найбільш типовий для периферійних областей конусів виносу та передгірських шлейфів, де ґрунтові та напірні води майже синхронно (з деяким запізненням) повторюють коливання витрат річок в області живлення.

При неглибокому заляганні ґрунтових вод, крім гідрологічних факторів і підземного притоку на режим впливають кліматичні та

біологічні фактори. При одночасному впливові всіх перерахованих факторів приблизно в рівній мірі формується комплексний режим ґрунтових вод з досить різноманітними формами коливання рівня.

Комплексний режим підземних вод відбувається при неглибокому заляганні ґрунтових вод, крім гідрологічних факторів і підземного притоку на режим впливають кліматичні та біологічні фактори, при одночасному впливові всіх перерахованих факторів приблизно в рівній мірі.

Порушені режими підземних вод мають місце при будівництві водосховищ, на зрошувальних та осушувальних площах, в районах водозабірних свердловин, на площах штучного поповнення підземних вод, в районах осушення родовищ, на забудованих площах.

Режими різних за умовами залягання підземних вод дуже відрізняються один від одного.

Режим верховодки. Верховодка знаходиться в зоні аерації найближче до поверхні, і, природно, в значній мірі залежить від загальнокліматичних умов. Тому режим верховодки характеризується швидкими змінами і розглядати його потрібно не лише в зв'язку з геологічною будовою, а й з ґрунтами, рослинністю, метеорологічними умовами, особливостями рельєфу.

Режим ґрунтових вод розглянемо за його елементами. Коливання температури ґрунтових вод можуть бути значними, причому вони тим сильніші, чим ближче дзеркало ґрунтових вод до денної поверхні. Якщо дзеркало лежить не глибоко, то ґрунтові води зазнають добових коливань температури. При глибокому заляганні добові коливання поступово затухають, але сезонні все-таки можуть мати місце.

Знання режиму коливань температури води дає можливість виявити генезис ґрунтових вод. Так, живлення ґрунтових вод від поверхневих водойм веде до того, що коливання *температури* поверхневих і ґрунтових вод синхронні. Якщо в літній період з підвищенням температури повітря температура ґрунтових вод різко падає, то це свідчить про льодовикове живлення горизонту.

Колівання *рівня* ґрунтових вод іноді значні і можуть досягати впродовж року декількох метрів. Можливі декілька причин коливання рівня. Насамперед впливають опади, з якими, як правило, встановлюється тісний зв'язок. Помічений також вплив

барометричного тиску: при підвищенні його рівень ґрунтових вод падає й навпаки. На коливання рівня впливають і зміни температури, причому при підвищенні температури повітря (при інших рівних умовах) рівень води в колодязях зростає, а при пониженні - падає. На рівень ґрунтових вод впливає танення снігу, морські припливи та відпливи, поверхневі водойми, штучні водозабори.

Колівання *хімічного складу* ґрунтових вод звичайно мізерні, але в деяких випадках можуть бути досить значними. Зміни хімізму можуть бути пов'язані з опрісненням їх під впливом атмосферних або іригаційних вод. Після припинення випадання опадів або поливу, хімічний склад підземних вод повільно відновлюється.

А р т е з і а н с ь к і води характеризуються відносно постійним режимом. Під впливом кліматичних і гідрологічних факторів п'езометричний рівень практично не змінюється в часі. Поверхневі водотоки впливають на зміну напору лише при наявності гідравлічного зв'язку з артезіанськими водами, значні зміни п'езометричних рівнів викликають водозабори, відкачки води при добуванні корисних копалин тощо.

Р е ж и м т р і щ и н н и х і к а р с т о в и х в о д. Ці води характеризуються вкрай непостійним режимом - різке підвищення рівня може змінюватись таким же різким спадом. В посуху джерела цих вод можуть зовсім зникати. Режим тріщинних і карстових вод дуже залежить від кліматичних факторів, тріщинуватості та закарстованості гірничих порід.

Приклад. Побудуємо комплексний графік коливання рівня ґрунтових вод при даних вимірювань глибин до дзеркала ґрунтових вод у свердловині, температури повітря, місячних сум опадів, мінералізації води, а також відмітки гирла свердловини.

Для побудови графіка використовуємо аркуш паперу А-4 в альбомному форматі. Поділяємо аркуш на чотири частини. З лівого краю відступаємо 7 см і проводимо вертикальну лінію. Зверху відступаємо 13 см і проводимо горизонтальну лінію. Це будуть вісі нашого графіку. Від осі абсцис вниз будуємо 6 граф (рядків), в яких записуємо дані для побудови (рис. 6.1).

У першому рядку "Місяць" запишемо порядковий номер кожного місяця римськими цифрами. У другий рядок запишемо глибини до дзеркала ґрунтових вод в метрах. Маючи відмітку гирла свердловини і глибину до дзеркала ґрунтових вод, можемо отримати

відмітку дзеркала, яку записуємо у третій рядок. Від відмітки гирла свердловини віднімаємо глибину до дзеркала ґрунтових вод і отримуємо відмітку дзеркала ґрунтових вод. Наприклад, для першого місяця отримаємо відносну відмітку дзеркала ґрунтових вод наступним чином - $122,20 - 0,89 = 121,31$ м. В останні рядки переписуємо із завдання середню місячну температуру повітря, місячну суму опадів і мінералізацію води.



Рис. 6.1. Комплексний графік режиму ґрунтових вод

При побудові рекомендується використовувати поле графіка так, щоб в нижній частині був показаний хід зміни кількості опадів, а у верхній - всіх інших параметрів.

Тому спочатку показуємо хід місячних значень опадів у вигляді заштрихованих прямокутників.

Потім будемо графіки зміни інших параметрів, вибираючи для них масштаби такими, щоб амплітуда змін параметрів на графіку складала 3-5 см. Точки наносимо на середини місяців і з'єднуємо їх кольоровими лініями.

Після побудови комплексного графіка приступаємо до його аналізу. На нашому прикладі добре видно, що рівень ґрунтових вод

не залежить від кількості опадів, але зате він пов'язаний з коливанням температури повітря. Це свідчить про те, що опади витрачаються не на живлення водоносного горизонту, а на випаровування і поверхневий стік. Очевидно, на цій території ґрунтові води перекриті зверху слабоводопроникними породами. За характером змін рівня ґрунтових вод можна судити про те, що даний водоносний горизонт відноситься до комплексного типу режиму.

7. Побудова та аналіз гідрогеологічних розрізів

Метою є: навчитися будувати та аналізувати гідрогеологічні розрізи.

Завдання. 1. Побудувати гідрогеологічний розріз, згідно варіанту за додатком Д та завдання, яке висвітлено у методиці виконання.

Методика виконання. Гідрогеологічний розріз - це проєкція місцевості на вертикальну площину з відображенням потужності і умов залягання гірських порід. Тут же показується поширення горизонтів підземних вод.

Перш ніж приступити до побудови розрізу, необхідно детально вивчити геолого-літологічну карту і легенду до неї. За взаємним розташуванням горизонталей та границь виходів порід визначаємо умови залягання порід.

Розглянемо **приклад** (рис. 7.1). В нашому випадку горизонталі і границі виходів корінних порід паралельні, що свідчить про непорушене залягання.

Розріз будуємо в такій послідовності.

1. Спочатку визначаємо інтервал відміток, які нам потрібно висвітлити на розрізі. Для цього спочатку знаходимо максимальну відмітку земної поверхні (H_{max}) для даної лінії розрізу (в нашому випадку вона дорівнює 160 м). Далі потрібно знайти мінімальну відмітку вибою свердловини серед всіх свердловин, пройдених по заданій лінії розрізу. Для цього визначаємо глибини свердловин. Глибина кожної свердловини складається з суми потужностей усіх пройдених нею пластів (табл. 7.1). Після цього для кожної свердловини знаходимо відмітку вибою, яка дорівнює різниці відмітки гирла та глибини свердловини. Мінімальну відмітку гирла (H_{min}) вздовж лінії розрізу має свердловина 10 (78,5 м).

Геолого-літологічна карта
Рівненська область
Масштаб 1:10000

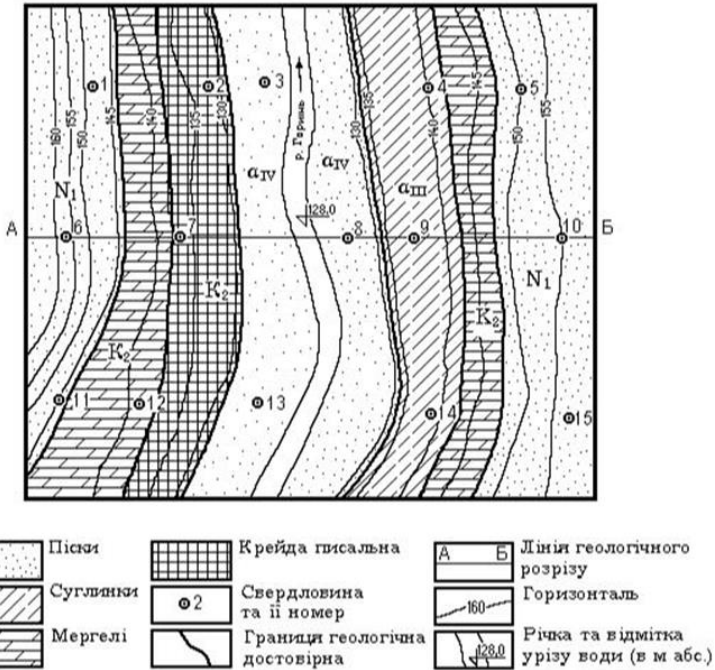


Рис. 7.1. Приклад геолого-літологічної карти

2. Тепер визначаємо амплітуду відміток вздовж лінії розрізу, вона дорівнює

$$A = H_{\max} - H_{\min} = 160,0 \text{ м} - 78,5 \text{ м} = 81,5 \text{ м}.$$

3. Вибираємо вертикальний масштаб розрізу. Наша карта побудована в масштабі 1:10 000, тобто 1 см на карті відповідає 100 м на місцевості. Якщо ми приймемо вертикальний масштаб розрізу рівним масштабові карти, то в нашому випадку амплітуда ("A") складе всього 8 мм. В таких малих рамках ми не зможемо детально показати рельєф і геологічну будову території.

Необхідно вибрати вертикальний масштаб таким, щоб "A" на папері розрізу складала 5-10 см. В нашому прикладі таку вимогу задовільняє масштаб 1:1000 (1 см = 10 м). Для зручності масштаби слід вибирати кратними 2, 5 або 10, тобто 1:10, 1:20, 1:50, 1:100, 1:200, 1:500 і т.д.

Таблиця 7.1

Визначення мінімальної відмітки розрізу по буровому журналу

№ свердловини	Відмітка гирла (м абс.)	Вік, склад та потужність породи (м)							Глибина свердловини (м)	Відмітка вибою свердловини (м абс.)
		атv	апi	N ₁	K ₂	K ₂	C	γ AR		
		піски	супіски	піски	мергелі	крейда писальна	глини	граніти		
1	148,4	-	-	8,3	7,0	16,2	12,8	25,2	69,5	78,9
...
6	158,6	-	-	13,0	7,0	20,0	13,0	24,0	77,0	81,6
7	139,2	-	-	-	-	20,0	13,0	26,0	59,0	80,2
8	129,8	16,0	-	-	-	-	10,0	19,0	45,0	84,8
9	138,8	-	11,0	-	-	8,0	13,0	22,0	54,0	84,8
10	155,0	-	-	9,5	7,0	20,0	13,0	27,0	76,5	78,5
...

4. Тепер починаємо побудову профілю.

Для цього до лінії розрізу знизу прикладаємо аркуш міліметрового паперу (довжиною на 5-10 см більшою від лінії розрізу і шириною біля 20 см) і переносимо на нього точки перетину лінії розрізу з рамкою планшета (точки А та Б, рис. 7.2). З точок А та Б опускаємо вниз перпендикуляри до лінії розрізу. На лівому перпендикулярі відступаємо зверху 3-5 см і відкладаємо H_{max} (170 м), потім у вибраному нами вертикальному масштабі знаходимо відмітку H_{min} (70 м), тобто з невеликим запасом відміток. Далі, від всіх точок перетину горизонталей з лінією розрізу опускаємо перпендикуляри до відповідних відміток на міліметровому папері. Утворюється смуга точок, які з'єднуємо плавною лінією. Лінія профілю повинна доходити до бокових перпендикулярів (від точок А та Б), тому по краях її необхідно продовжити (на рис. 7.2 умовно показано штриховою лінією).

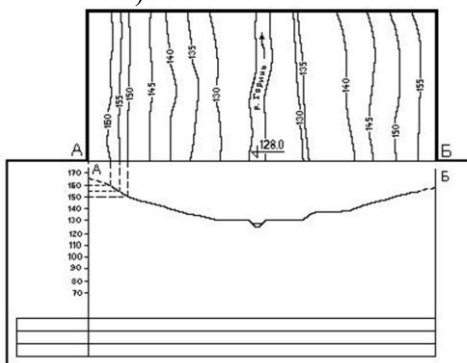


Рис. 7.2. Приклад побудови профілю

Відступивши на 1см від самої низької відмітки розрізу (в даному випадку 80 м), будуємо три графи, шириною біля 1см кожна.

Тепер будуємо розріз. Спочатку на профіль зносимо свердловини тонкими лініями. У першому рядку під розрізом (№ свердл.) позначимо кожен свердловину кружочком і вкажемо її номер (рис. 7.3). У другий рядок (Відмітка гирла свердловини) випишемо відмітки гирл свердловин. У третьому рядку (віддаль, м) під кожною свердловиною проводимо суцільну вертикальну лінію, розділяючи цим самим рядок на відрізки. Замірявши довжини отриманих відрізків в сантиметрах, переводимо їх в горизонтальний масштаб і результати записуємо в метрах.

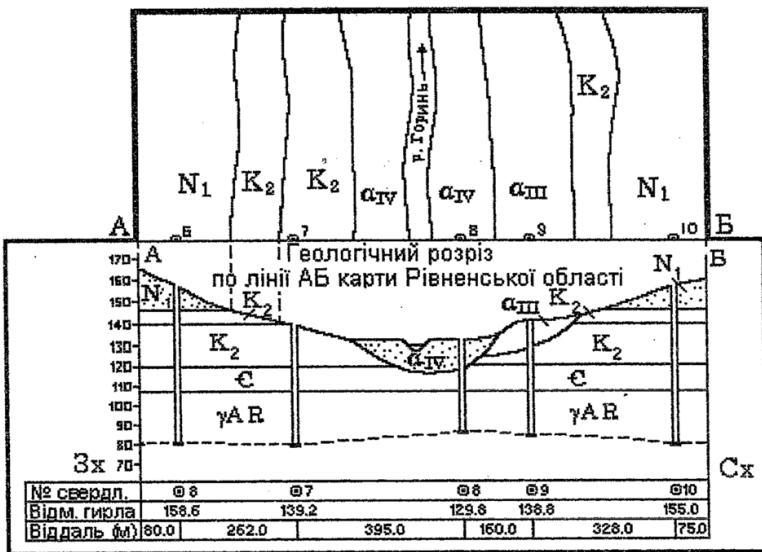


Рис. 7.3. Приклад побудови геологічного розрізу

Наносимо на лінію профілю точки з відмітками гирл свердловин, які не завжди точно лягають на криву рельєфу, інколи відхиляючись від неї ввєрх або вниз. В місцях неспівпаданнє відміток слід підкоректувати профіль. Далі починаючи від гирла кожної свердловини, відкладаємо потужності пластів (які наведені в буровому журналі, див. табл.7.1), дотримуючись при цьому вибраного раніше вертикального масштабу. Біля кожного шару породи в свердловинах показуємо її склад і геологічний індекс.

Ство́вбур свердловини слід показувати у вигляді двох паралельних ліній, віддаль між якими дорівнює 2 мм. Вибій свердловини покажемо короткою жирною лінією. З карти на профіль зносимо геологічні границі (проекції їх на рис. 7.3 показані штриховими лініями). Наносимо пласти порід, починаючи з самих молодих. Пласти заштриховуємо, зафарбовуємо і індексуємо згідно легенди. Самий нижній шар породи показуємо до умовної лінії, яка з'єднує вибої свердловин. Пласти порід наносимо по кожній свердловині згідно бурового журналу (рис. 7.4).

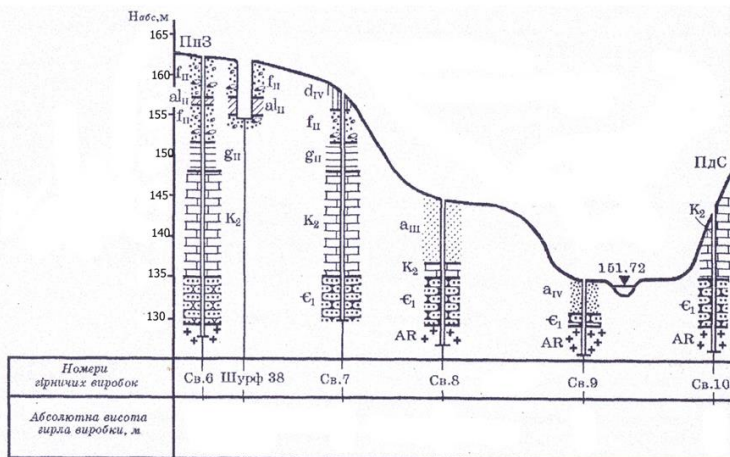


Рис. 7.4. Приклад нанесення на розріз даних бурового журналу по свердловинах

В останню чергу наносимо дані про водоносні горизонти, які беремо з бурового журналу. Рівні безнапірних вод покажемо синіми трикутниками, які потім з'єднаємо плавною синьою штриховою лінією. Напірні води покажемо стрілками, кінці яких відповідають рівням появилення та встановлення води. Сама стрілка, а також штрихпунктирна пряма або ламана лінія, яка з'єднує напір між окремими свердловинами, повинні мати колір, що відповідає зафарбленню напірного водоносного горизонту (рис. 7.5).

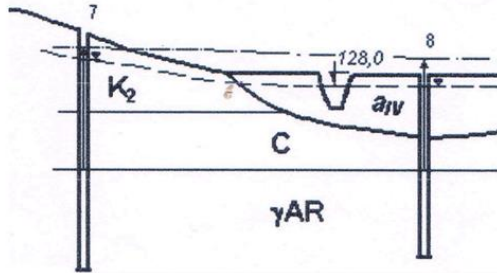


Рис. 7.5. Приклад виносу гідрогеологічної ситуації

На закінчення над розрізом напишемо його назву (наприклад: "Гідрогеологічний розріз по лінії П-П"), знизу - масштаби. Наприклад: Масштаби: - горизонтальний 1:10000.
вертикальний 1:1000.

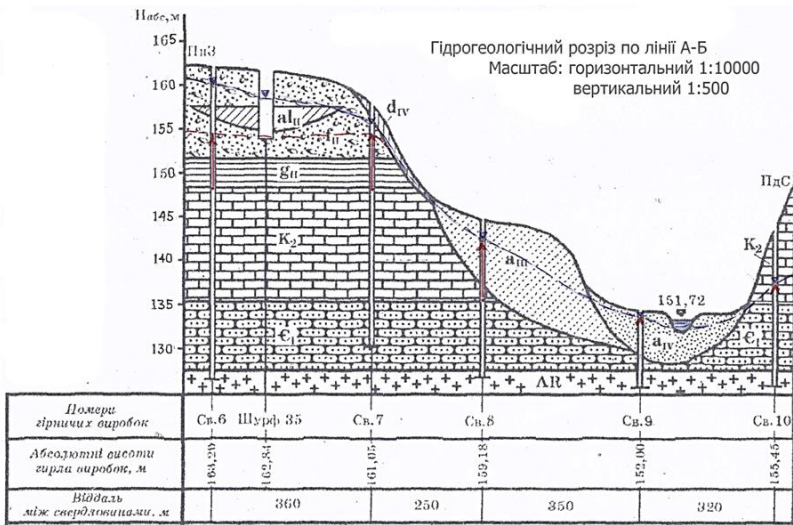


Рис. 7.6. Закінчений вигляд гідрогеологічного розрізу

Порядок виконання побудови гідрогеологічного розрізу.

На листок міліметрового паперу формату А4 в альбомному варіанті студент вибирає горизонтальний і вертикальний масштаб. Орієнтовно можна використовувати горизонтальний 1:10 000, вертикальний 1: 500.

З лівої сторони паперу на відстані 3 см проводять вертикальну масштабну лінію. Відлік починають зверху, за початковий відлік беруть максимальну відмітку з завдання по профілю, округливши її останню цифру до 5 або 0.

Будуємо вертикальну масштабну шкалу. Максимальне значення на ній відповідає максимальній відмітці, що вказано у завданні.

Далі визначаємо висоту розрізу, використовуючи буровий журнал. Визначаємо глибину кожної свердловини складаючи потужності горизонтів, що нею розкриваються. Від абсолютних відміток гирл свердловин віднімаємо глибини свердловин. А потім від відмітки гирла кожної свердловини віднімаємо їх глибину і отримуємо абсолютні відмітки вибоїв свердловин. З отриманих значень знаходимо найменше. Віднявши від максимальної абсолютної відмітки свердловини мінімальну відмітку вибою, знаходимо висоту перерізу у метрах. Використавши вертикальний масштаб, отримаємо висоту перерізу.

Далі будують профіль використовуючи наступні точки та дані завдання:

- Св - свердловина,
- Т - точка,
- Л_б – лівий берег,
- П_б - правий берег,
- Р_в - рівень води.

Після побудови профілю рівноваги на свердловинах відкладають згідно вертикального масштабу потужність пробурених гірських порід.

Після цього користуючись породами в свердловинах і формами рельєфу з'єднують границі гірських порід по вертикалі, і рельєфом по горизонталі. Далі проводиться штрихування згідно літологічного складу гірських порід і фарбування згідно віку гірських порід.

Після цього наноситься положення підземних вод.

В кожній свердловині позначається глибина рівня ґрунтових вод значком

▼ синього кольору. При цьому нижня частина значка повинна відповідати глибині рівня ґрунтових вод.

Після всього по нижніх частинам вказаних значків проводять поверхню ґрунтових вод, враховуючи водопроникливість або водотривкість гірських порід та форми рельєфу. Другий горизонт,

який представляє напірні води в кожній свердловині показують стрілкою Т. При цьому основа стрілки відповідає глибині появи води, вістря - рівню встановленої води.

Після штриховою лінією синього кольору з'єднують вершини стрілок. Це буде лінія п'езометричного напору напірних вод.

Розріз готовий.

ДОДАТКИ

Додаток А

Вихідні дані для визначення водно-фізичних властивостей ґрунтів

Варіант 1

Вага вологого ґрунту в об'ємі різального кільця, g_w , Г	Вага того ж ґрунту, висушеного до абсолютно сухого стану, g_s , Г	Щільність часток ґрунту, ρ_s , Г/см ³
140,40	87,30	2,80

Варіант 2

Вага вологого ґрунту в об'ємі різального кільця, g_w , Г	Вага того ж ґрунту, висушеного до абсолютно сухого стану, g_s , Г	Щільність часток ґрунту, ρ_s , Г/см ³
139,6	86,9	2,80

Варіант 3

Вага вологого ґрунту в об'ємі різального кільця, g_w , Г	Вага того ж ґрунту, висушеного до абсолютно сухого стану, g_s , Г	Щільність часток ґрунту, ρ_s , Г/см ³
141,0	87,9	2,82

Варіант 4

Вага вологого ґрунту в об'ємі різального кільця, g_w , Г	Вага того ж ґрунту, висушеного до абсолютно сухого стану, g_s , Г	Щільність часток ґрунту, ρ_s , Г/см ³
138,9	88,2	2,78

Варіант 5

Вага вологого ґрунту в об'ємі різального кільця, g_w , Г	Вага того ж ґрунту, висушеного до абсолютно сухого стану, g_s , Г	Щільність часток ґрунту, ρ_s , Г/см ³
137,8	88,2	2,81

Варіант 6

Вага вологого ґрунту в об'ємі різального кільця, g_w , Г	Вага того ж ґрунту, висушеного до абсолютно сухого стану, g_s , Г	Щільність часток ґрунту, ρ_s , Г/см ³
138,12	89,18	2,80

Варіант 7

Вага вологого ґрунту в об'ємі різального кільця, g_w , Г	Вага того ж ґрунту, висушеного до абсолютно сухого стану, g_s , Г	Щільність часток ґрунту, ρ_s , Г/см ³
142,12	89,28	2,81

Варіант 8

Вага вологого ґрунту в об'ємі різального кільця, g_w , г	Вага того ж ґрунту, висушеного до абсолютно сухого стану, g_s , г	Щільність часток ґрунту, ρ_s , г/см ³
143,12	88,38	2,78

Варіант 9

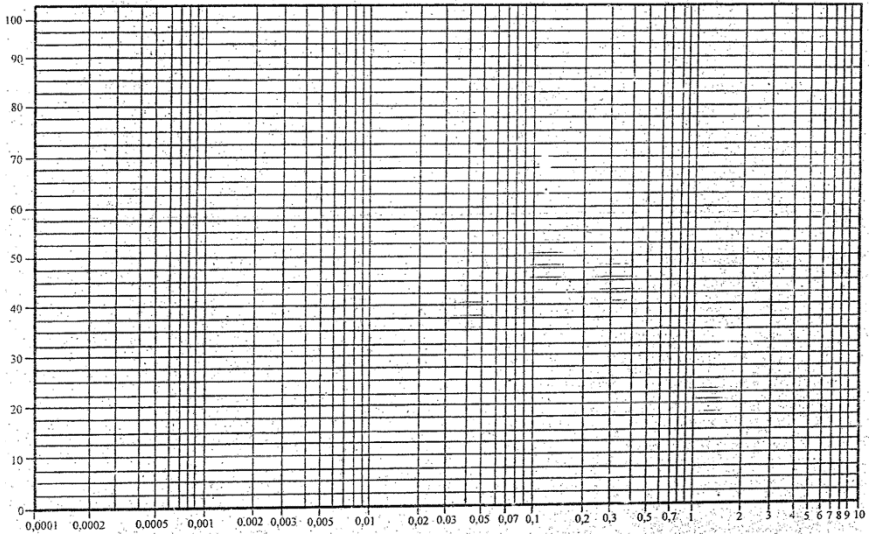
Вага вологого ґрунту в об'ємі різального кільця, g_w , г	Вага того ж ґрунту, висушеного до абсолютно сухого стану, g_s , г	Щільність часток ґрунту, ρ_s , г/см ³
136,12	87,08	2,80

Варіант 10

Вага вологого ґрунту в об'ємі різального кільця, g_w , г	Вага того ж ґрунту, висушеного до абсолютно сухого стану, g_s , г	Щільність часток ґрунту, ρ_s , г/см ³
137,12	86,81	2,76

Додаток Б

Логарифмічний графік для побудови сумарної кривої механічного складу



Додаток В

Вихідні дані для побудови карти гідроізогіпс

Варіант 1

№ свердл.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Абс.позн. гирла свердл., м	93,0	84,0	78,0	80,0	83,0	92,0	85,0	78,0	80,0	86,0	93,0	86,0	79,0
Глибина до води, м	12,0	10,0	8,0	6,0	3,0	9,0	8,0	6,0	3,0	2,0	7,0	5,0	3,0
Абс.позн. рівня води, м													
№ свердл.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Абс.позн. гирла свердл., м	81,0	86,0	91,0	86,0	81,0	84,0	88,0	91,0	89,0	85,0	88,0	90,0	
Глибина до води, м	1,0	1,0	3,0	2,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	4,0	3,0	
Абс.позн. рівня води, м													

Варіант 2

№ свердл.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<u>Абс.позн.</u> <u>гірла</u> <u>свердл., м</u>	83,0	71,0	61,0	70,0	80,0	83,0	72,0	63,0	72,0	83,0	84,0	76,0	67,0
<u>Глибина</u> <u>до води, м</u>	12,0	7,0	1,0	6,0	10,0	10,0	5,0	1,0	5,0	9,0	8,0	5,0	1,0
<u>Абс.позн.</u> <u>рівня</u> <u>води, м</u>													
№ свердл.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
<u>Абс.позн.</u> <u>гірла</u> <u>свердл., м</u>	74,0	82,0	87,0	80,0	73,0	78,0	84,0	90,0	85,0	78,0	80,0	86,0	
<u>Глибина</u> <u>до води, м</u>	4,0	7,0	9,0	6,0	3,0	5,0	8,0	10,0	7,0	4,0	6,0	9,0	
<u>Абс.позн.</u> <u>рівня</u> <u>води, м</u>													

Варіант 3

№ свердл.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<u>Абс.позн.</u> <u>гірла</u> <u>свердл., м</u>	63,0	65,0	67,0	76,0	82,0	65,0	68,0	72,0	78,0	86,0	67,0	72,0	79,0
<u>Глибина</u> <u>до води, м</u>	3,0	2,0	1,0	6,0	8,0	1,0	2,0	4,0	6,0	10,0	1,0	4,0	6,0
<u>Абс.позн.</u> <u>рівня</u> <u>води, м</u>													
№ свердл.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
<u>Абс.позн.</u> <u>гірла</u> <u>свердл., м</u>	86,0	89,0	64,0	70,0	78,0	86,0	91,0	63,0	69,0	76,0	85,0	91,0	
<u>Глибина</u> <u>до води, м</u>	10,0	11,0	1,0	2,0	6,0	11,0	13,0	4,0	5,0	8,0	12,0	14,0	
<u>Абс.позн.</u> <u>рівня</u> <u>води, м</u>													

Варіант 4

№ свердл.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<u>Абс.позн.</u> <u>гирла</u> <u>свердл., м</u>	71,0	75,0	80,0	86,0	93,0	76,0	78,0	83,0	90,0	97,0	78,0	83,0	90,0
<u>Глибина</u> <u>до води, м</u>	0,0	1,0	3,0	5,0	8,0	1,0	1,0	4,0	7,0	10,0	1,0	4,0	6,0
<u>Абс.позн.</u> <u>рівня</u> <u>води, м</u>													
№ свердл.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
<u>Абс.позн.</u> <u>гирла</u> <u>свердл., м</u>	97,0	100,0	79,0	85,0	89,0	97,0	102,0	77,0	83,0	87,0	96,0	102,0	
<u>Глибина</u> <u>до води, м</u>	10,0	11,0	5,0	6,0	6,0	11,0	13,0	7,0	8,0	8,0	12,0	14,0	
<u>Абс.позн.</u> <u>рівня</u> <u>води, м</u>													

Варіант 5

№ свердл.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<u>Абс.позн.</u> <u>гирла</u> <u>свердл., м</u>	92,0	85,0	80,0	73,0	66,0	87,0	80,0	74,0	67,0	63,0	83,0	77,0	72,0
<u>Глибина</u> <u>до води, м</u>	11,0	8,0	5,0	2,0	1,0	9,0	6,0	2,0	1,0	1,0	10,0	8,0	4,0
<u>Абс.позн.</u> <u>рівня</u> <u>води, м</u>													
№ свердл.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
<u>Абс.позн.</u> <u>гирла</u> <u>свердл., м</u>	67,0	60,0	80,0	74,0	69,0	61,0	56,0	77,0	71,0	66,0	60,0	53,0	
<u>Глибина</u> <u>до води, м</u>	2,0	1,0	12,0	8,0	7,0	3,0	2,0	13,0	10,0	8,0	5,0	2,0	
<u>Абс.позн.</u> <u>рівня</u> <u>води, м</u>													

Варіант 6

№ свердл.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Абс.позв. гирла свердл., м	91,0	83,0	77,0	82,0	85,0	89,0	81,0	77,0	79,0	85,0	93,0	85,0	78,0
Глибина до води, м	11,0	10,0	8,0	4,0	0,0	7,0	5,0	6,0	3,0	2,0	8,0	5,0	3,0
Абс.позв. рівня води, м													
№ свердл.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Абс.позв. гирла свердл., м	83,0	91,0	96,0	89,0	80,0	83,0	91,0	99,0	94,0	87,0	86,0	87,0	
Глибина до води, м	4,0	7,0	9,0	6,0	1,0	1,0	6,0	10,0	7,0	4,0	1,0	1,0	
Абс.позв. рівня води, м													

Додаток Г

Вихідні дані для побудови комплексних графіків режиму ґрунтових вод

Варіант 1

Завдання. За даними режимних спостережень по свердловині 10 р-ч побудувати комплексний графік режиму ґрунтових вод, провести аналіз змін параметрів водоносного горизонту і визначити тип режиму.

Абсолютна відмітка гирла свердловини, 170 м

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Глибина залягання рівня підземних вод, м	2	2,03	2,09	2,17	2,32	2,53	2,65	2,74	2,72	2,74	2,73	2,71
Середня місячна температура повітря, °С	-2,2	3	1,0	8,7	16,5	19,2	23,2	19,8	13,4	6,9	4	-8,7
Місячна сума опадів, мм	31	34	16	45	15	59	49	29	29	82	28	24
Мінералізація води, мг/дм ³	225	184	233	214	135	194	214	233	253	232	154	153

Варіант 2

Завдання. За даними режимних спостережень по свердловині 1 р-ч побудувати комплексний графік режиму грунтових вод, провести аналіз змін параметрів водоносного горизонту і визначити тип режиму.

Абсолютна відмітка гирла свердловини, 171 м

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Глибина залягання рівня підземних вод, м	1,81	1,69	1,58	1,58	1,71	1,96	2,19	2,32	2,34	2,42	2,4	2,4
Середня місячна температура повітря, °С	-2,2	3	1,0	8,7	16,5	19,2	23,2	19,8	13,4	6,9	4	-8,7
Місячна сума опадів, мм	31	34	16	45	15	59	49	29	29	82	28	24
Мінералізація води, мг/дм ³	336,6	381	255	210	261	364	254	372	277	320	319	310

Варіант 3

Завдання. За даними режимних спостережень по свердловині 3 р-ч побудувати комплексний графік режиму грунтових вод, провести аналіз змін параметрів водоносного горизонту і визначити тип режиму.

Абсолютна відмітка гирла свердловини, 170 м

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Глибина залягання рівня підземних вод, м	1,88	1,87	1,91	1,97	2,11	2,25	2,35	2,45	2,46	2,38	2,5	2,46
Середня місячна температура повітря, °С	-2,2	3	1,0	8,7	16,5	19,2	23,2	19,8	13,4	6,9	4	-8,7
Місячна сума опадів, мм	31	34	16	45	15	59	49	29	29	82	28	24
Мінералізація води, мг/дм ³	240	241	195	196	191	184	233	331	254	184	283	275

Варіант 4

Завдання. За даними режимних спостережень по свердловині 2 н-ч побудувати комплексний графік режиму грунтових вод, провести аналіз змін параметрів водоносного горизонту і визначити тип режиму.

Абсолютна відмітка гирла свердловини, 171 м

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Глибина залягання рівня підземних вод, м	1,13	1,05	1,16	1,33	1,52	1,77	1,95	2,03	1,99	1,84	1,77	1,66
Середня місячна температура повітря, °С	-2,2	3	1,0	8,7	16,5	19,2	23,2	19,8	13,4	6,9	4	-8,7
Місячна сума опадів, мм	31	34	16	45	15	59	49	29	29	82	28	24
Мінералізація води, мг/дм ³	181	190	202	165	173	107	137	135	294	107	230	296

Варіант 5

Завдання. За даними режимних спостережень по свердловині 1-р побудувати комплексний графік режиму грунтових вод, провести аналіз змін параметрів водоносного горизонту і визначити тип режиму.

Абсолютна відмітка гирла свердловини, 171 м

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Глибина залягання рівня підземних вод, м	1,7	1,65	1,64	1,66	1,74	1,73	1,97	2,19	2,19	2,21	2,2	2,19
Середня місячна температура повітря, °С	-2,2	3	1,0	8,7	16,5	19,2	23,2	19,8	13,4	6,9	4	-8,7
Місячна сума опадів, мм	31	34	16	45	15	59	49	29	29	82	28	24
Мінералізація води, мг/дм ³	208	209	191	208	186	201	394	204	205	210	197	192

Варіант 6

Завдання. За даними режимних спостережень по свердловині 3-р побудувати комплексний графік режиму грунтових вод, провести аналіз змін параметрів водоносного горизонту і визначити тип режиму.

± Абсолютна відмітка гирла свердловини, 170 м

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Глибина залягання рівня підземних вод, м	1,52	1,58	1,58	1,59	1,7	1,85	1,92	2	2,02	1,44	1,43	1,2
Середня місячна температура повітря, °С	-2,2	3	1,0	8,7	16,5	19,2	23,2	19,8	13,4	6,9	4	-8,7
Місячна сума опадів, мм	31	34	16	45	15	59	49	29	29	82	28	24
Мінералізація води, мг/дм ³	240	239	221	349	203	207	206	178	192	204	191	196

Варіант 7

Завдання. За даними режимних спостережень по свердловині 10р-ч побудувати комплексний графік режиму грунтових вод, провести аналіз змін параметрів водоносного горизонту і визначити тип режиму.

Абсолютна відмітка гирла свердловини, 170 м

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Глибина залягання рівня підземних вод, м	2,1	2,03	1,95	2,04	2,05	2,32	2,49	2,58	2,66	2,73	2,68	2,37
Середня місячна температура повітря, °С	-5,6	-2,4	2,4	8,2	12,4	16,5	19,6	18,8	12,9	9,4	2,8	0,2
Місячна сума опадів, мм	34,5	17	37,3	32	43,4	242,3	112,4	72,3	90,6	11,1	48,7	42,5
Мінералізація води, мг/дм ³	226	224	210	200	122	263	260	260	176	180	201	187

Варіант 8

Завдання. За даними режимних спостережень по свердловині 18 р-ч побудувати комплексний графік режиму ґрунтових вод, провести аналіз змін параметрів водоносного горизонту і визначити тип режиму.

Абсолютна відмітка гирла свердловини, 170 м

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Глибина залягання рівня підземних вод, м	2,02	1,92	1,6	1,56	1,64	1,89	2,32	2,43	2,35	2,36	2,23	2,15
Середня місячна температура повітря, °С	-5,6	-2,4	2,4	8,2	12,4	16,5	19,6	18,8	12,9	9,4	2,8	0,2
Місячна сума опадів, мм	34,5	17	37,3	32	43,4	242,3	112,4	72,3	90,6	11,1	48,7	42,5
Мінералізація води, мг/дм ³	115	147	150	147	159	76	80	200	196	76	195	194

Варіант 9

Завдання. За даними режимних спостережень по свердловині 6 р-ч побудувати комплексний графік режиму ґрунтових вод, провести аналіз змін параметрів водоносного горизонту і визначити тип режиму.

Абсолютна відмітка гирла свердловини, 169 м

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Глибина залягання рівня підземних вод, м	0,66	0,72	0,66	0,48	0,65	0,58	0,33	0,71	0,81	0,96	0,97	0,75
Середня місячна температура повітря, °С	-5,6	-2,4	2,4	8,2	12,4	16,5	19,6	18,8	12,9	9,4	2,8	0,2
Місячна сума опадів, мм	34,5	17	37,3	32	43,4	242,3	112,4	72,3	90,6	11,1	48,7	42,5
Мінералізація води, мг/дм ³	237	195	250	254	191	331	241	184	176	282	195	233

Варіант 10

Завдання. За даними режимних спостережень по свердловині 7р-ч побудувати комплексний графік режиму ґрунтових вод, провести аналіз змін параметрів водоносного горизонту і визначити тип режиму.

Абсолютна відмітка гирла свердловини, 169 м

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Глибина залягання рівня підземних вод, м	0,36	0,48	0,54	0,26	0,48	0,37	0,15	0,51	0,69	0,96	0,66	0,47
Середня місячна температура повітря, °С	-5,6	-2,4	2,4	8,2	12,4	16,5	19,6	18,8	12,9	9,4	2,8	0,2
Місячна сума опадів, мм	34,5	17	37,3	32	43,4	242,3	112,4	72,3	90,6	11,1	48,7	42,5
Мінералізація води, мг/дм ³	136	145	151	119	178	115	193	105	160	95	157	156

Варіант 11

Завдання. За даними режимних спостережень по свердловині 20 р-ч побудувати комплексний графік режиму грунтових вод, провести аналіз змін параметрів водоносного горизонту і визначити тип режиму.

Абсолютна відмітка гирла свердловини, 169 м

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Глибина залягання рівня підземних вод, м	0,33	0,32	0,7	0,32	0,48	0,44	0,26	0,66	0,65 0,86	0,67	0,48	0,51
Середня місячна температура повітря, °С	-5,6	-2,4	2,4	8,2	12,4	16,5	19,6	18,8	12,9	9,4	2,8	0,2
Місячна сума опадів, мм	34,5	17	37,3	32	43,4	242,3	112, 4	72,3	90,6	11,1	48,7	42,5
Мінералізація води, мг/дм ³	96	123	116	110	158	96	113	111	103	196	180	180

Варіант 12

Завдання. За даними режимних спостережень по свердловині 21 р-ч побудувати комплексний графік режиму грунтових вод, провести аналіз змін параметрів водоносного горизонту і визначити тип режиму.

Абсолютна відмітка гирла свердловини, 169 м

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Глибина залягання рівня підземних вод, м	0,38	0,42	0,54	0,35	0,54	0,43	0,21	0,69	0,72	0,94	0,7	0,5
Середня місячна температура повітря, °С	-5,6	-2,4	2,4	8,2	12,4	16,5	19,6	18,8	12,9	9,4	2,8	0,2
Місячна сума опадів, мм	34,5	17	37,3	32	43,4	242,3	112, 4	72,3	90,6	11,1	48,7	42,5
Мінералізація води, мг/дм ³	126	104	128	130	111	96	95	157	145	235	127	136

Варіант 13

Завдання. За даними режимних спостережень по свердловині 6-р побудувати комплексний графік режиму грунтових вод, провести аналіз змін параметрів водоносного горизонту і визначити тип режиму.

Абсолютна відмітка гирла свердловини, 169 м

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Глибина залягання рівня підземних вод, м	0,93	0,94	0,99	1,04	1,02	1,03	1,07	1,16	1,09	1,12	1,12	1,09
Середня місячна температура повітря, °С	1,1	2,8	4,7	10,2	14,5	17,2	18,7	17,8	13,9	8,8	0,1	0
Місячна сума опадів, мм	16,4	29,9	24,2	33,4	26,8	74,1	43,6	68,2	71,4	67,3	49,9	27,7
Мінералізація води, мг/дм ³	136	154	145	135	164	106	139	147	136	156	139	236

Варіант 14

Завдання. За даними режимних спостережень по свердловині 11-р побудувати комплексний графік режиму грунтових вод, провести аналіз змін параметрів водоносного горизонту і визначити тип режиму.

Абсолютна відмітка гирла свердловини, 169 м

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Глибина залягання рівня підземних вод, м	1,54	1,6	1,6	1,65	1,64	1,7	1,75	1,85	1,86	1,73	1,73	1,74
Середня місячна температура повітря, °C	1,1	2,8	4,7	10,2	14,5	17,2	18,7	17,8	13,9	8,8	0,1	0
Місячна сума опадів, мм	16,4	29,9	24,2	33,4	26,8	74,1	43,6	68,2	71,4	67,3	49,9	27,7
Мінералізація води, мг/дм ³	135	148	202	155	150	103	118	111	191	131	142	151

Варіант 15

Завдання. За даними режимних спостережень по свердловині 12 р побудувати комплексний графік режиму грунтових вод, провести аналіз змін параметрів водоносного горизонту і визначити тип режиму.

Абсолютна відмітка гирла свердловини, 169 м

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Глибина залягання рівня підземних вод, м	1,62	1,64	1,67	1,71	1,7	1,72	1,8	1,87	1,77	1,83	1,76	1,4
Середня місячна температура повітря, °C	-5,6	-2,4	2,4	8,2	12,4	16,5	19,6	18,8	12,9	9,4	2,8	0,2
Місячна сума опадів, мм	34,5	17	37,3	32	43,4	242,3	112,4	72,3	90,6	11,1	48,7	42,5
Мінералізація води, мг/дм ³	106	168	142	154	136	96	103	127	129	198	172	214

Додаток Д

Вихідні дані для побудови гідрогеологічного розрізу

Варіант 1														
Назва точки	репер	св.6	св.11	т.1	св.12	лів.б.	Р.вод	прав.б.	св.13	т.2	т.3	св.14	св.4	
дстань між точками,	200	100	60	300	200	60	400	100	100	300	300			
Абсолютна відмітка точки, м	232	233,7	231	220	220,3	218	214,5	218	220,3	220,5	220	230	230,3	
Буровий журнал														
Вік і літологічний склад гірських порід (потужність в м)														
Відсутність цифри вказує на відсутність породи														
№ св.	Абс.позн гирла св.	Вік					Відомості про воду							
		a _ш	a _ш	a _ш	N ₂	N ₁	Перший горизонт		Другий горизонт					
		пісок	супісок	суглинок	глина	валіняк	Глибина зустрінут го рівня води	Глибина встановл еного рівня води	Глибина зустрінут го рівня води	Глибина встановл еного рівня води				
6	233,7		21,0	3,0	10,0	30,0	11,3	11,3	34,0	8,0				
11	231,0		18,0	3,0	10,0	30,0	10,6	10,6	31,0	8,0				
12	220,3	25,0				30,0	4,3	4,3						
13	220,3	25,0				30,0	4,2	4,2						
14	230,3		18,0		10,0	33,0	10,2	10,2	29,8	8,0				

Варіант 2													
Назва точки	репер	св.1	т.1	т.2	св.2	пр.б.	Р.вод	лів.б.	св.3	т.3	т.4	св.4	св.5
Відстань між точками, м	200	150	60	200	300		80	200	100	60	200	300	
Абсолютна відмітка точки, м	232	230,5	230	220	220,1	218	214,5	218	220,2	220	230	230,5	233,4

Буровий журнал														
Вік і літологічний склад гірських порід (потужність в м)														
Відсутність цифри вказує на відсутність породи														
Відомості про воду														
№ св.	Абс.позн. гирла св.	а ...II	а ...III	а ...III	N ₂	N ₁	Перший горизонт		Другий горизонт					
							Глибина зустріт	Глибина встановл	Глибина зустріт	Глибина встановл				
		пісок	супісок	суглинок	глина	валяк	го рівня води	єного рівня	го рівня води	єного рівня				
1	230,5		16,5	4,0	10,0	40,0	10,2	10,2	30,5	8,5				
2	220,1	30,5				30,0	4,2	4,2						
3	220,2	30,6				30,2	4	4						
4	230,5		16,0	4	10,0	30,5	10,3	10,3	30,0	9,5				
5	233,4		19,2	3,8	10,0	37,0	10,7	10,7	33,0	7,5				

Варіант 3														
Назва точки	репер	св.16	т.1	т.2	св.15	т.3	пр.б.	Р.вод	лів.б.	св.14	т.4	т.5	св.13	т.6
Відстань між точками, м		200	300	180	200	110	60		50	80	100	60	300	200
Абсолютна відмітка точки, м	219	215	215	215	211	190	190	187	190	190	190	200	200,4	205

Буровий журнал														
Вік і літологічний склад гірських порід (потужність в м)														
Відсутність цифри вказує на відсутність породи														
Відомості про воду														
№ св.	Абс.позн. гирла св.	а ...II	а ...III	vdц	N	П	Перший горизонт		Другий горизонт					
							Глибина зустріт	Глибина встановл	Глибина зустріт	Глибина встановл				
		пісок	супісок	лес	глина	піски	го рівня води	єного рівня	го рівня води	єного рівня				
16	215,0			13,0	7,0	12,0	8,0	8,0	20,0	11,0				
15	211,0			14,0	7,0	12,0	9,0	9,0	21,0	19,0				
14	190,0	11,0				2,0	2,5	2,5	2,5	2,5				
13	200,0		16,0			7,0	6,0	6,0	6,0	6,0				

Варіант 4														
Назва точки	репер	св.6	т.1	св.7	т.2	т.3	пр.б.	Р.вод	лів.б.	св.8	т.4	св.9	т.15	св.10
Відстань між точками, м		100	150	220	300	70	60		40	100	50	200	300	200
Абсолютна відмітка точки, м	222	221	205	200	200	190	190	187	190	190	209,5	210	215	215

Буровий журнал														
Вік і літологічний склад гірських порід (потужність в м)														
Відсутність цифри вказує на відсутність породи														
Відомості про воду														
№ св.	Абс.позн. гирла св.	а ...II	а ...III	vdц	N	П	Перший горизонт		Другий горизонт					
							Глибина зустріт	Глибина встановл	Глибина зустріт	Глибина встановл				
		пісок	суглинок	лес	глина	піски	го рівня води	єного рівня	го рівня води	єного рівня				
6	221,0			24,0	7,0	13,0	16,0	16,0	31,0	17,0				
7	200,0		16,0			22,0	6,0	6,0	6,0	6,0				
8	190,0	11,0				2,0	2,6	2,6	2,6	2,6				
9	210,0			13,0	7,0	11,5	8,0	8,0	20,0	6,0				
10	190,0	9,0				2,5	2,4	2,4	2,4	2,4				

Варіант 5														
Назва точки	репер	св.5	св.4	т.1	пр.б.	Р.вод	лів.б.	св.3	т.2	т.3	св.2	т.4	т.5	св.1
Відстань між точками, м		300	300	60	150		20	100	100	50	300	250	100	200
Абсолютна відмітка точки, м	222	217	213	190	190	187	190	190	190	200	200	205	215	220

Буровий журнал														
Вік і літологічний склад гірських порід (потужність в м)														
Відсутність цифри вказує на відсутність породи														
Відомості про воду														
№ св.	Абс.позн. гирла св.	а ...II	а ...III	vdц	N	П	Перший горизонт		Другий горизонт					
							Глибина зустріт	Глибина встановл	Глибина зустріт	Глибина встановл				
		пісок	суглинок	лес	глина	піски	го рівня води	єного рівня	го рівня води	єного рівня				
5	217,0			20,0	7,0	17,0	12,0	12,0	27,0	17,0				
4	231,0		16,0		7,0	12,0	11,0	11,0	23,0	20,5				
3	190,0	10,0				4,0	2,7	2,7	2,7	2,7				
2	200,0		16,0			8,0	5,5	5,5	5,5	5,5				
1	220,0			23,0	7,0	12,0	15,0	15,0	15,0	15,0				

Варіант 6														
Назва точки	репер	св.1	т.1	т.2	св.2	пр.б.	Р.вод	літ.б.	св.3	т.3	т.4	св.4	т.5	св.5
Відстань між точками, м	300	410	80	100	240		30		300	100	50	300	200	350
Абсолютна відмітка точки, м	237	236	236	230	230	229	227,5	229	230	230	236	236	238	246

Буровий журнал																
Вік і літологічний склад гірських порід (потужність в м)																
Відсутність цифри вказує на відсутність породи																
№ св.	Абс.позн. глибина св.	Відомості про воду					Перший горизонт		Другий горизонт		Глибина встановл. рівня		Глибина зустріт. води		Глибина встановл. рівня	
		а	а _{IV}	а _{III}	а _{II}	а _I	П	AR	4	4	Глибина встановл. рівня	Глибина зустріт. води	Глибина встановл. рівня	Глибина зустріт. води	Глибина встановл. рівня	Глибина зустріт. води
1	235,0			10,0		6,0	10,0	4,0	4,0	16,0		3,0				
2	230,0	6,0				4,0	11,0	2,0	2,0	10,0		1,5				
3	230,0	5,5				4,0	10,5	2,0	2,0	9,5		2,3				
4	235,0			11,0		5,0	10,0	5,0	5,0	16,0		4,0				
5	246,1				20,0	6,0	12,0	8,0	8,0	26,0		11,0				

Питання гарантованого рівня знань

1. Вступ до навчальної дисципліни гідрогеологія.
2. Основні етапи розвитку науки гідрогеологія.
3. Науково-методичні розділи сучасної гідрогеології.
4. Гіпотези походження води на Землі.
5. Запаси води на Землі. Специфічні властивості води.
6. Кругообіг води в природі.
7. Запаси води у земній корі.
8. Теорії походження підземних вод.
9. Фізичні та водні властивості гірських порід і ґрунтів.
10. Вода як розчинник.
11. Гідрологічний кругообіг води на Землі.
12. Геологічний кругообіг води в природі.
13. Види води в гірських породах.
14. Водно-фізичні властивості порід.
15. Фізичні властивості і хімічний склад підземних вод.
16. Вимоги до якості підземних вод.
17. Фізичні властивості підземних вод.
18. Хімічні властивості підземних вод.
19. Хімічний склад підземних вод.
20. Класифікація підземних вод за хімічним складом.
21. Обробка та систематизація результатів хімічного аналізу підземних вод.
22. Вимоги до якості підземних вод.
23. Стратифікація підземних вод.
24. Класифікація підземних вод.
25. Води зони аерації.
26. Умови розповсюдження та залягання ґрунтових вод.

27. Зональні та азонанльні ґрунтові води.
28. Умови їх залягання та розповсюдження.
29. Умови формування та розповсюдження артезіанських вод.
30. Основні типи артезіанських басейнів.
31. Джерела, їх класифікація.
32. Тріщинні води. Карстові води.
33. Види руху підземних вод.
34. Закони фільтрації.
35. Визначення дійсної швидкості руху води.
36. Поняття про дебіт та питомий дебіт.
37. Методи визначення коефіцієнта фільтрації.
38. Визначення радіусу впливу і водопониження від водозабірних споруд.
39. Поняття про водозабірні споруди.
40. Розрахунок припливу безнапірних підземних вод до горизонтальних водозабірних споруд.
41. Розрахунок безнапірного притоку води до досконалого ґрунтового колодязя.
42. Розрахунок безнапірного притоку води до недосконалого колодязя.
43. Розрахунок водопоглинаючого колодязя.
44. Розрахунок напірного припливу підземних вод до горизонтальних водозабірних споруд.
45. Розрахунок притоку води до досконалого артезіанського колодязя.
46. Розрахунок притоку води до недосконалого артезіанського колодязя.
47. Запаси підземних вод.
48. Охорона підземних вод від виснаження та забруднення.

Рекомендована та базова література

1. Будз М. Д. Гідрогеологія : дистанційний курс. Рівне : НУВГП, 2005.
2. Мандрик Б. М., Чомко Д. Ф., Чомко Ф. В. Гідрогеологія: підручник. Київ : ВПЦ Київський університет, 2005. 197 с.
3. Новосад Я. О. Гідрогеологія : навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2007. 138 с.

4. Холоденко В. С. Гідрогеологія : лекційне забезпечення. URL: <https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=1012> (дата звернення: 01.04.2024).

5. Дубей Н. В. Гідрогеологія та інженерна геологія : підручник. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ Факел, 2008. 244 с.

6. Колодій В. В. Гідрогеологія : підручник для студ. геол. спец. вищ. навч. закл. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2010. 368 с.

7. Руденко Ф. А., Попов О. Є. Гідрогеологія : підручник. Київ : вид-во Київського ун-ту, 1960. 271 с.

Допоміжна література

1. Криницька М. В. Методичні вказівки (01-05-01) до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Геологія та гідрогеологія» студентами за напрямом підготовки 6.060103 «Гідротехніка (водні ресурси)» денної та заочної форм навчання. Рівне : НУВГП, 2014. 20 с.

2. Криницька М. В. Методичні вказівки (01-05-02) до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Геологія та геоморфологія» студентами за напрямом підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія і землеустрій» денної та заочної форм навчання. Рівне : НУВГП, 2014. 22 с.

3. Дробноход М. І. Оцінка запасів підземних вод : підручник. Київ : ВПЦ Київський університет, 2008.

4. Камзіст Ж. С., Шевченко О. Л. Гідрогеологія України : навч. посібник. Київ : Фірма ІНКОС, 2009.

5. Рудько Г. І. Гідрогеохімія : підручник. Київ : ВПЦ Київський університет, 2007.

Інформаційні ресурси

1. Костюченко М. М., Шабатин В. С. Гідрогеологія та інженерна геологія: Підручник. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет». [Електронне видання]. 2005. 144 с. URL: http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/hydrogeol_eng-geol.pdf (дата звернення: 01.04.2024).

2. Мельничук В. Г., Новосад Я. О., Міхницький Т. П. Інженерна геологія : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2013. 351 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/2392> (дата звернення: 01.04.2024).
3. Рівненська державна обласна бібліотека. URL: <http://www.libr.rv.ua/> (дата звернення: 01.04.2024).
4. Наукова бібліотека. URL: <http://www.library.snu.edu.ua/> (дата звернення: 01.04.2024).
5. Національна бібліотека ім. В. І. Вернадського URL: <http://www.nbuv.gov.ua/> (дата звернення: 01.04.2024).
6. Наукова бібліотека НУВГП. URL: <http://www.rstu.rv.ua/book.html/> (дата звернення: 01.04.2024).