

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Факультет геології, географії, рекреації і туризму
Кафедра фундаментальної та прикладної гідрогеології

Завдання для практичних робіт студентів
з курсу
«Мінеральні води»

Харків - 2022
Практична робота № 1
ПРОМИСЛОВІ ПІДЗЕМНІ ВОДИ.

СКЛАДАННЯ ПОШУКОВОЇ ГІДРОГЕОХІМІЧНОЇ КАРТИ НА ПРОМИСЛОВІ ПІДЗЕМНІ ВОДИ

При побудові пошукової гідрогеохімічної карти на промислові води можна використовувати як прямі, так і сторонні ознаки промислових підземних вод. До перших відносяться підвищені (вище кондиційних) концентрації окремих мікрокомпонентів в підземних водах. До других - всі показники гідрогеохімічного середовища, накопичення і міграції компонентів. Це перш за все хімічний склад за переважаючими аніонами і катіонами, кислотно-лужний показник, газовий склад.

Розглядається глибокозалягаючий водоносний комплекс в сульфатно-галогенних відкладах нижньої перми артезіанського басейну передгірського прогину. Для складання пошукової карти слід використати сторонні показники - хімічний склад підземних вод.

Водовміщуючі породи комплексу представлені чотирма фаціями.

Морська та лагунно-морська фації поширені на північному сході району і представлені сульфатно-карбонатними породами.

Лагуна фація займає південь та південний схід ділянки і характеризується переважним розвитком солей з домішками ангідритів і рідких прошарків доломітів.

Лагунно-прибережно морська фація виділяється в центральній і східній частинах території і відрізняється великим літологічним різноманіттям - ангідрити, галіти з прошарками полігалітів, піщаники, алевроліти і глини.

Прибережно-морська фація поширена на крайньому сході території і характеризується широким розвитком піщаників, аргілітів, глин, які містять прошарки ангідритів і гіпсу. Характер залягання поверхні покрівлі водоносного комплексу представлений стратоізогіпсами (рис. 2.1). Водоносний комплекс залягає на глибинах від 300 до 2500 м, які збільшуються в південному і південно-східному напрямках. Фільтраційні властивості водовміщуючих порід не стабільні і змінюються в широких межах: пористість варіює від 2 до 30%, проникність від 1 до 200 мД. Питомі дебіти свердловин, що розкривають води даного комплексу, невеликі: 0,01-1 м³/добу. Області живлення - за межами території що розглядається. Рух вод направлений по заглибленню комплексу на південь і південний схід.

Завдання 2. Побудувати пошукову карту на промислові підземні води за сторонніми ознаками в наступній послідовності:

1)нанести на карту (рис. 2.1) дані про хімічні класи підземних вод, які виявлено на основі виділення основних компонентів, вміст яких перевищує 25 %-екв.

2)оконтурити ділянки водоносного комплексу з різним хімічним складом підземних вод;

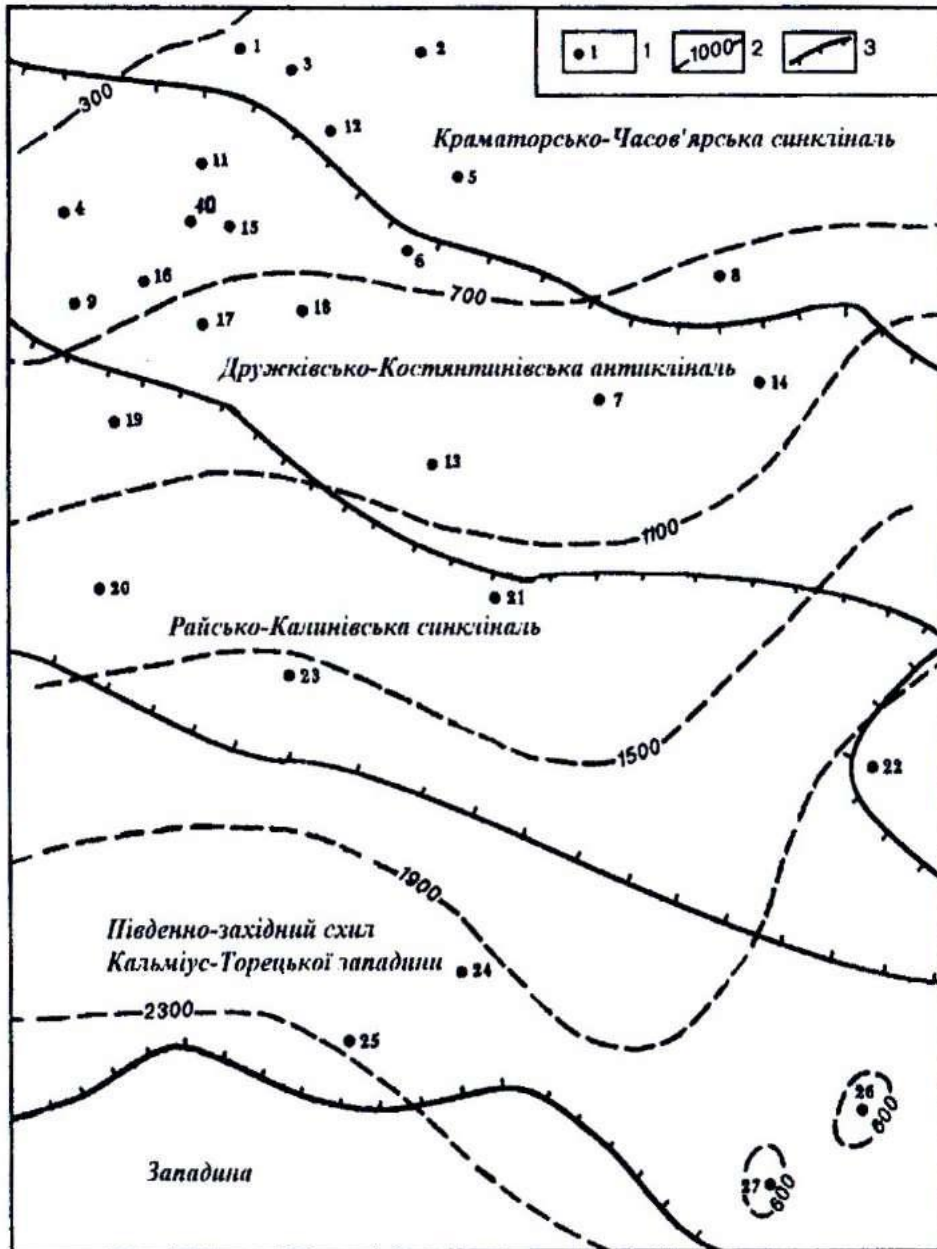


Рис. 2.1. Основа для побудови пошукової гідрогеохімічної карти-схеми на промислові води: 1 - свердловина та її номер; 2 - ізогіпси покрівлі водоносного комплексу, м; 3 - границі структурних елементів.

3) виявити закономірності зміни компонентного складу підземних вод у відповідності до змін в сумарній мінералізації за схемами:

$ClNa \rightarrow ClNa \text{ п. Ca} \rightarrow ClNaCa \rightarrow ClCaNa$;

$ClNa \rightarrow ClNa \text{ п. Mg} \rightarrow ClNaMg \rightarrow ClMgNa \rightarrow ClMg \text{ п. Na}$

4) проаналізувати виявлені гідрогеохімічні закономірності на основі структурно-тектонічної обстановки, гідродинамічних умов і літолого-мінералогічного складу порід і зробити висновки стосовно шляхів формування конкретних геохімічних типів підземних вод;

5) зробити висновок про перспективність території на промислові підземні води.

Наприклад: бром і бор накопичуються у водах різного складу, сформованих в різних умовах, в неоднакових кількостях. Так хлоридні натрієві води галітових порід характеризуються концентраціями броміду 300 мг/дм^3 , бору $10-30 \text{ мг/дм}^3$; хлоридні натрієво-кальцієві і хлоридні кальцієво-натрієві води карбонатно-галітових порід містять

бром у 300-8000 мг/дм³; хлоридні натрієво-магнієві і хлоридні магнієво-натрієві води калійних і магнезійних соленосних порід відрізняються високими концентраціями Br до 4000 мг/дм³, бору - до 1000 мг/дм³.

Використовуючи закономірності накопичення бром у, бору та інших елементів в підземних водах різного складу зробити висновки про перспективність території на промислові води.

В пояснювальній записці до карти необхідно:

1) описати закономірності розміщення підземних вод з різною сумарною мінералізацією і компонентним складом;

2) пояснити виявлені закономірності з позицій літологічного складу порід, структурно-тектонічних і гідродинамічних умов;

3) встановити можливу приуроченість до підземних вод конкретних геохімічних типів мікроелементів в концентраціях, що наближаються до кондиційних і таких що їх перевищують, і надати загальну перспективну оцінку території на промислові води;

4) описати ділянки поширення підземних промислових вод на конкретні мікроелементи.

Практична робота № 2

ТЕРМАЛЬНІ ВОДИ. СКЛАДАННЯ ТА ОПИС ГЕОТЕРМІЧНИХ РОЗРІЗІВ.

Геотермічні розрізи складають за даними вимірів температури води при проходці свердловин, або за результатами опробувань свердловин, пробурених на певні водоносні горизонти.

Термальні води з широким діапазоном температур (від 20° С до критичної) поширені в товщах осадових порід, що виконують великі западини фундаменту артезіанських басейнів, а також, за наявності тріщинуватості, - і в межах самого фундаменту. Вода і пар накопичуються в ньому переважно в тектонічно порушених зонах. В регіональному плані збільшення температури підземних вод з глибиною підпорядковується геотемпературному градієнту, який в середньому для верхньої частини стратисфери складає 32,9° С на кожний кілометр. Але в тектонічно порушених зонах, та в районах активного вулканізму ця закономірність порушується. В зонах відкритих розломів інфільтраційні води проникають на глибини значно більші поверхні фундаменту, тому на ділянках їх розвантаження створюються температурні умови, які не відповідають загальному геотемпературному полю Землі. Такі термоаномальні ділянки фундаменту виявлені при дослідженнях ряду артезіанських басейнів як платформених, так і гірсько-складчастих областей.

Серед місцевих осередків тепла найбільше впливають на температуру підземних вод вулкани і пов'язані з ними термальні розчини, інтрузивні тіла (шляхом кондуктивної віддачі тепла) і, до певної міри, поклади вугілля та сланців в процесі самозаймання. Температурні аномалії можуть бути викликані також окисненням сульфідів, бактеріологічним відновленням сульфатів, розпадом радіоактивних речовин (що супроводжується виділенням тепла), тектонічним переміщенням гірських порід, підвищенням тиску в газових покладах та в деяких інших випадках.

Ці фактори слід враховувати при побудові геотермічних розрізів. Тому останні обов'язково наносяться на літолого-стратиграфічну основу.

Завдання 2.

Варіант 1.

1. Побудувати гідрогеотермічний розріз центральної частини Дніпровсько-Донецької западини за даними визначень температури підземних вод у свердловинах (табл. 3.1, рис. 3.1).

2. В якому діапазоні глибин і в яких водоносних горизонтах зустрічаються низькотермальні теплі води в м. Чернігові та с.м.т. Малі Сорочинці?

3. З якої глибини можна використовувати для гарячого водопостачання (сільськогосподарського теплопостачання) підземні води в м.м. Шебелинці, Чернігові, с.м.т. Радченкове?

4. Який геотермічний градієнт для верхньої частини земної кори під с.м.т. Домановичі, с.м.т. Петровське?

5. Яка геотермічна сходинка характерна для літосфери під м.Чернігів, с.м.т. Радченкове?

Таблиця 3.1. Глибини встановлених значень температури підземних вод Дніпровського басейну в абсолютних значеннях, м БС.

Населений пункт – місце розташування свердловини	Значення температури, t°С							
	15	20	25	30	35	40	45	50
Домановичі	-167	-650	-1000	-1300	-1530	-1690*	н.в.	н.в.
Чернігів	-150	-430	-805	-1130	-1340	-1570	н.в.	н.в.
Малі Сорочинці	-35	-250	-418	-675	-900	-1040*	н.в.	н.в.
Радченкове	26	-80	-300	-480	-670	-880	-1170	-1330
Шебелинка	-3	-230	-400	-560	-745	-940	-1160	-1350*
Петровське	5	-140	-340	-550	-740	-980*	н.в.	н.в.

Примітка: * - розрахункові значення глибини; н.в. – не визначено у зв'язку з недостатньою глибиною свердловини; значення із знаком мінус відповідають глибинам нижчим 0 м БМ, тобто нижче рівня моря.

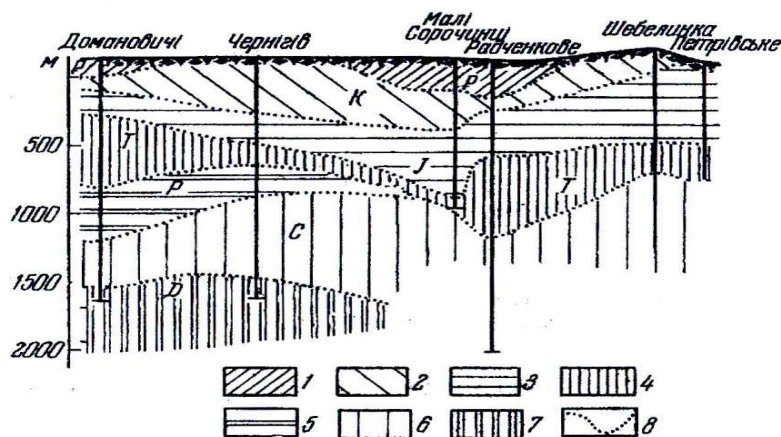


Рис. 3.1. Геологічний розріз центральної частини Дніпровської западини, як основа для побудови геотермічного розрізу за даними таблиці 5.1: 1-7 - відклади: 1 - палеогену, 2 - крейди, 3 - юри, 4 - тріасу, 5 - перми; 6 - карбону, 7 - девону; 8 – стратиграфічні границі.

Варіант 2.

1. Провести геоізотерми за даними вимірів температури в свердловинах між селами Акимівка і Богемка в Степовому Криму (Причорноморський артезіанський басейн) (табл. 5.2., рис. 5.2.).

2. На яких глибинах та в яких водоносних горизонтах поширені гарячі (37° - 50°) та дуже гарячі (50° - 100°) води.

3. З якої глибини можна використовувати термальні води в с.с. Ново-Олексіївка та Богемка для; а) гарячого водопостачання; б) для опалювання.

4. Який геотермічний градієнт в осадових відкладах та підземних водах під с. Акимівкою, с. Богемкою?

5. Визначити геотермічну сходинку (ступінь) для верхньої частини земної кори по вимірах температури у вказаних свердловинах (рис. 3.2).

Таблиця 3.2. Глибини встановлених значень температури підземних вод по розрізу Степового Криму в абсолютних значеннях, м БС.

Місце розташування	Температура, °С		
	30	50	70
1. Акимівка	1000	н.в.	н.в.
2. Ново-Олексіївка	920	1450	2120
3. Богемка	690	1240	1900

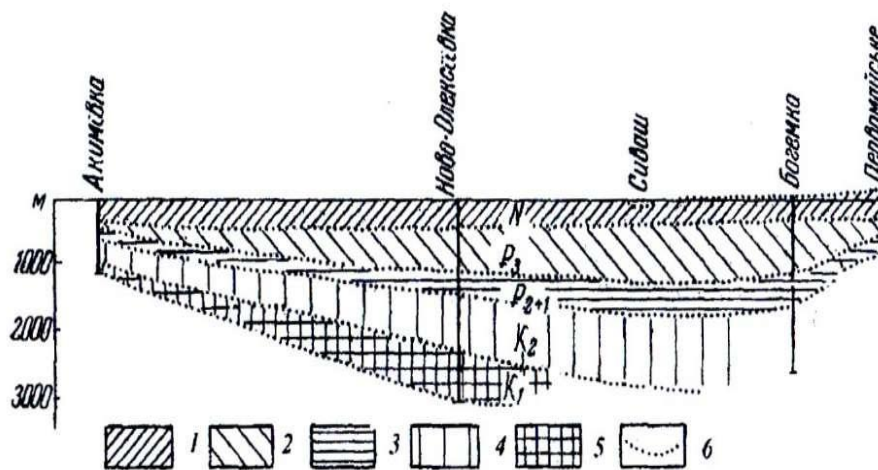


Рис. 3.2. Геологічний розріз Степового Криму як основа для побудови геотермічного розрізу за даними таблиці 5.2: 1-5 - відклади : 1 - неогену, 2 - олігоцену, 3 - еоцен-палеоцену, 4 - верхньої крейди, 5 - нижньої крейди; 6 - стратиграфічні границі.

Практична робота № 3 РОЗРАХУНОК ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ ПІДЗЕМНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД.

До регіональної оцінки ресурсів мінеральних вод в платформенних і складчастих областях існують принципово різні підходи. Це обумовлюється істотною відмінністю їх гідрогеологічних умов. Через складність оцінки мінеральних вод у складчастих областях розглянемо принципи оцінки ресурсів мінеральних вод лише платформенних областей.

В платформенних областях і великих басейнах складчастих областей водоносні горизонти, до яких приурочені мінеральні води, регіонально поширені, мають витриманий пластовий характер залягання, відносну однорідність фільтраційних властивостей. Спираючись на накопичений досвід регіональної оцінки і картографування експлуатаційних ресурсів у таких пластових системах, для підрахунку експлуатаційних ресурсів мінеральних вод можна рекомендувати гідродинамічний метод.

Основні типи мінеральних вод у платформенних областях - це солоні і розсолні підземні води, які мають, як правило, досить великі напори, особливо в центральних

частинах артезіанських басейнів. В більшості таких басейнів основна частина експлуатаційних ресурсів формується за рахунок зпрацювання природних (у тому числі пружних) запасів. Деяка частина може забезпечуватися перетіканням із суміжних горизонтів. Тільки в крайових частинах басейнів в експлуатаційних ресурсах порівняно неглибоко залягаючих горизонтів можуть істотно роль відігравати природні ресурси.

Регіональна оцінка ресурсів лікувальних мінеральних вод гідродинамічним методом в цілому аналогічна і для інших типів вод, хоча містить деякі відмінності. Так, на відміну від промислових і термальних при оцінці мінеральних вод практично неможливий геолого-економічний підхід. Крім того, при регіональній оцінці ресурсів мінеральних вод варто враховувати такі особливості їхнього використання: термін експлуатації повинен бути великий (практично необмежений), дебіти окремих водозабірних споруд - невеликі, жорсткі вимоги до якості води і труднощі її прогнозу. Виходячи з цих вимог, для напірних мінеральних вод *варто враховувати тільки пружні запаси* з природних, через недоцільність використання гравітаційних запасів, тобто осушення пласту. Залучені ресурси (перетікання із суміжних горизонтів) оцінити вірогідно можна лише за результатами експлуатації значних водозаборів, що для мінеральних підземних вод нереально. Частка їх в експлуатаційних ресурсах мінеральних вод незначна і може не враховуватися. До того ж живлення мінеральних вод за рахунок перетікання може призвести до втрати їх якості, що не допустимо.

Суть оцінки полягає у визначенні продуктивності (Q) одного, або групи водозаборів за формулою:

$$Q = (4\pi km) / R_{\text{сум}}, (3.1)$$

де km - водопровідність горизонту; S - задане припустиме зниження рівня (у залежності від типу водопідйомних засобів і розмірів напору); $R_{\text{сум}}$ - сумарний гідравлічний опір, що враховує фільтраційний опір свердловини, зовнішні граничні (у плані і розрізі) умови, взаємне розміщення свердловин у водозаборі.

Водозабори в межах площі поширення водоносного комплексу (горизонту) із визначеним типом мінеральних вод розміщуються або в залежності від передбачуваних конкретних споживачів, або по умовній, частіше всього рівномірній сітці.

Перший варіант застосовується в основному при оцінці ресурсів мінеральних вод, які поширені у пластових умовах відносно обмежено. У цьому випадку виконується схематизація граничних умов комплексу, що оцінюється в плані та розрізі і за відомими формулами для пластів відповідної конфігурації розраховуються розміри $K_{\text{т}}$, а потім B в більшості випадків при регіональній оцінці можлива схематизація водоносних пластів як фільтраційно однорідних з усередненими значеннями параметрів, із непроникними покрівлею та підшовою. За характером вертикальних границь виділяють наступні найбільш поширені в практиці розрахункові схеми: необмежений пласт (усі межі не мають істотного впливу - не більше 10 % від розміру зниження); напівобмежений пласт з однією непроникною межею (виклинювання водоносного горизонту, регіональний водонепроникний розлом), рідше з межею постійного напору (для горизонтів які мають гідравлічний зв'язок із поверхневими водотоками); у невеликих басейнах складчастих областей - замкнений шар із непроникним контуром.

Більшість продуктивних водоносних комплексів (горизонтів) в артезіанських басейнах платформеного типу мають регіональне поширення. Тоді оцінку ресурсів мінеральних вод краще виконувати за рівномірною сіткою розміщення свердловин по всій площі поширення продуктивного комплексу (горизонту). Розрахунок витрати Q водозабору, що розміщується в центрі замкнутого кругового пласта, коли він формується тільки за рахунок спрацювання пружних запасів, виконується за формулою Маскета:

$$Q = \frac{2\pi k m S}{(2k m t) / (\mu R_k^2) + \ln(R_k / r) 0,8} \quad (3.2)$$

де μ - пружна водовіддача, r - радіус водозабірної споруди, R_k - радіус кола, еквівалентного за площею виділеному блоку порід; t - розрахунковий термін експлуатації.

При рівномірній сітці розміщення водозаборів зручніше відразу розраховувати модулі експлуатаційних ресурсів M_E за формулою, яку одержано з урахуванням площі блоку:

$$M_E = \frac{Sk_m}{at + (R_k^2 / 2) \cdot \ln(R_k / r)} \quad (3.3)$$

Розмір R_k визначається через площу блоку F_1 : $R_k = \sqrt{F_1 / \pi}$ або відстань між свердловинами l : $R_k = 0,565l$. Під час вибору кроку сітки варто виходити з природних умов території і можливих потреб у мінеральній воді, тобто глибини залягання і потужності водоносного комплексу, наявності водозаборів, родовищ нафти, газу, промислових і теплоенергетичних вод, рельєфу місцевості, густоти населених пунктів і типу мінеральної води. З урахуванням цих чинників крок сітки може бути від 5 до 50 км, переважно 30-50 км. Радіус водозабірної споруди умовно приймається рівним 10 м.

Значення отриманого за формулою модуля експлуатаційних ресурсів поширюється на всі ділянки території з близькими величинами допустимих знижень, коефіцієнтів водопровідності і п'єзопровідності. Такі ділянки виділяються шляхом аналізу карт фільтраційних параметрів і динаміки підземних вод.

Розрахунковий термін при оцінці ресурсів мінеральних вод зазвичай приймається рівним $2 \cdot 10^4$ діб (~ 54 роки). Допустиме зниження рівня не повинно перевищувати висоти напору над покрівлею напірного водоносного горизонту, або половини потужності безнапірного, якщо при цьому відсутні передумови для зміни якості води. Максимальна величина зниження визначається виходячи з допустимої глибини динамічного рівня, тобто технічних засобів для підйому води і умов збереження якості мінеральних вод. Саме ця умова є характерною для багатопластових систем із різноманітною якістю води в суміжних горизонтах і наявністю передумов для їхнього гідравлічного взаємозв'язку під час змін співвідношення напорів у цих горизонтах.

Фільтраційні параметри водоносних комплексів (горизонтів) визначаються у такий спосіб. В якості найбільш достовірних значень приймаються такі, що отримані за результатами спостережень за рівнями і дебітами при дослідних, дослідно-експлуатаційних відкачках і експлуатації, причому для коефіцієнтів п'єзопровідності та рівнепровідності - тільки за даними спостережних свердловин. Більшість даних має меншу достовірність, але за відсутності іншої інформації їх слід максимально використовувати. Це дані про дебіти та зниження при різного роду відкачках, дослідженнях розвідувальними свердловинами на нафту і газ. Значення, отримані менш надійними методами, можуть не прийматися до уваги в залежності від можливого ступеня їхньої достовірності, загальної кількості інформації і відповідності даному типу порід. З цією метою можна використовувати емпіричні графіки кореляційного зв'язку водопровідності та питомого дебіту свердловин $km=f(q)$ для даної території, не враховуючи значення, які сильно відрізняються від загальної закономірності.

У тих випадках, коли випробувано (наприклад, у нафтових і газових свердловинах) невеличкі інтервали від загальної потужності водоносних комплексів, через km і m інтервалу визначається коефіцієнт фільтрації k , а сумарний коефіцієнт водопровідності - як km , де m - повна (ефективна) потужність продуктивного комплексу. За великих значень m варто враховувати можливу зміну коефіцієнту фільтрації з глибиною. Ефективна потужність комплексу (горизонту) визначається за даними буріння, спеціальних досліджень, а для глибоких свердловин - в основному за даними геофізичного каротажу.

Достовірні дані про коефіцієнти п'єзопровідності (рівнепровідності) або про пружну (гравітаційну) водовіддачу, як правило, одиничні, тому тут у багатьох випадках варто вдаватися до літературних даних, з урахуванням характеру порід і мінералізації підземних вод. Орієнтовані значення водовіддачі μ такі: для високонапірних водоносних горизонтів $10^{-4} - 10^{-5}$; для горизонтів із напором 50-70м - $10^{-3} - 10^{-4}$; для безнапірних водоносних горизонтів: у дрібнозернистих пісках 0,1; у середньо- і грубозернистих пісках 0,15; для тріщинуватих карбонатних порід $(1,5 - 2) \cdot 10^{-2}$; для тріщинуватих терригенних порід (1 -

1,5) *10⁻²; для тріщинуватих вивержених і ефузивних (1-5)*10⁻³. За цими даними коефіцієнт п'єзопровідності та рівнепровідності визначається за формулами:

$$a = \frac{kt}{\mu}, \text{ або } a = \frac{kH}{\mu} \quad (3.5, 3.6)$$

Завдання 4: Використовуючи формули 3.2 та 3.3 розрахувати витрату водозабору та модуль експлуатаційних ресурсів родовища мінеральних вод. Дані для розрахунків наведені в тексті та в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Дані для розрахунків витрати водозабору та модуля експлуатаційних ресурсів мінеральних вод.

Варіант	<i>k</i> , м/добу	<i>t</i> , м	<i>S</i> , м	<i>l</i> , м	μ
1	8	40	20	5000	$3 * 10^{-4}$
2	4,5	50	16	9000	$5 * 10^{-4}$
3	2	35	18	6500	$7 * 10^{-5}$
4	10	30	15	10000	$5 * 10^{-3}$
5	15	25	12	30000	10^{-3}