

**Київський національний університет імені Тараса
Шевченка
Геологічний факультет
Кафедра гідрогеології та інженерної геології**

Практикум

з навчальної дисципліни

ДОСЛІДНО-ФІЛЬТРАЦІЙНІ ВИПРОБУВАННЯ

для студентів геологічного факультету
кваліфікаційний рівень «Бакалавр» (040103)
спеціалізований блок «гідрогеологія та інженерна геологія»

Київ-2014

УДК 556.332.042

Рецензенти:

докт. геол.- мін. наук, професор М.С.Огняник
канд. геол.. наук, доцент Д.Ф. Чомко

*Рекомендовано до друку вченою радою геологічного факультету
Протокол № від 18 березня 2014 року*

Мокієнко В.І.

Практикум з навчальної дисципліни «Дослідно-фільтраційні випробування» : навчальний посібник / В.І.Мокієнко – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2014 – 54 с.

Посібник призначений для виконання практичних робіт з дисципліни «Дослідно-фільтраційні випробування» студентами кваліфікаційного рівня «Бакалавр» (040103) спеціалізованого блоку «Гідрогеологія та інженерна геологія». Посібник містить завдання, виконання яких дає можливість студентам отримати практичний досвід обробки даних дослідно-фільтраційних випробувань, необхідний для їх наступної професійної діяльності.

УДК 556.332.042

© Мокієнко В.І., 2014
© Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ВПЦ «Київський університет», 2014
Зміст

Вступ.....	4
Основні теоретичні положення дисципліни.....	4
Використання Microsoft Excel для розрахунків при виконанні практичних робіт	13
Зразок оформлення практичної роботи	16
Завдання до практичних робіт.....	19
Додатки.....	48
Список рекомендованих літературних джерел.....	54

Вступ

Задача практичних робіт з предмету «Дослідно-фільтраційні випробування» полягає в визначенні геофільтраційних параметрів водоносних горизонтів на основі результатів дослідно-фільтраційних робіт проведених в різноманітних природних умовах та в умовах антропогенного впливу на процеси фільтрації.

Ключове поняття – параметр процесу фільтрації (геофільтраційний параметр) є надзвичайно важливим з точки зору практики гідрогеологічних досліджень. Геофільтраційні параметри широко використовуються в гідродинамічних розрахунках, екологічних дослідженнях в гідрогеології, при створенні гідрогеологічних моделей, отже вірно їх визначення на основі дослідно-фільтраційних робіт є однією з найважливіших задач спеціаліста-гідрогеолога. Широкий спектр питань пов'язаних з визначення геофільтраційних параметрів в різних природних умовах розглядається в даній дисципліні.

Практикум з навчальної дисципліни «Дослідно-фільтраційні випробування» дозволить студентам спеціалізованого блоку «Гідрогеологія та інженерна геологія» закріпити отримані в ході засвоєння теоретичного курсу знання та набуті досвіду обробки та інтерпретації даних дослідно-фільтраційних випробувань (відкачувань) та включає задачі, що виконуються на практичних заняттях та під час самостійної роботи. Студенти отримають досвід визначення геофільтраційних параметрів водоносних горизонтів, що може бути використаний ними при вивченні дисципліни «оцінка запасів підземних вод», написанні курсових та магістерських робіт, а також при наступній професійній діяльності, як фахівців у області гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень.

Основні теоретичні положення дисципліни

Тут цифри в дужках (підручник за списком посилань; сторінки)

1. *Відкачування* – основний вид дослідно-фільтраційних випробувань (ДФВ), що проводиться з метою вивчення гідрогеологічних умов водоносних горизонтів та комплексів.

Відкачування являє собою спосіб примусового відбору підземних вод з бурових свердловин, колодязів, шахт і т.п. , що викликає деформацію природного фільтраційного поля напорів (рівнів, швидкостей). Поле напорів (рівнів, швидкостей) - розподіл напорів (рівнів, швидкостей) у просторі, що заповнений рідиною. Чим інтенсивнішою буде деформація поля, тим більш інформативними будуть результати ДФВ. За своїм призначенням відкачування поділяються на пробні, дослідні та дослідно-експлуатаційні (1;5).

2. *Пробні відкачування* –найбільш масовий вид відкачувань, що виконуються при пошуку та розвідці запасів підземних вод. Пробними відкачуваннями випробуються всі свердловини пробурені в процесі гідрогеологічних досліджень (пошукових, розвідувальних, спостережних). На стадії пошуків та пошукової оцінки родовищ підземних вод (4;11), підстадія П-1, пошукові роботи. Основною метою пробних відкачувань є отримання порівняльних характеристик властивостей пласта на окремих ділянках розповсюдження водоносного горизонту та отримання інформації про якість хімічний склад та фізичні властивості підземних вод. На стадії розвідки родовищ підземних вод(4;11) – пробні відкачування проводяться на всіх розвідувальних та розвідувально-експлуатаційних свердловинах з метою попереднього визначення продуктивності свердловин (1;5-7,288-289).

3. Дослідні відкачування являються основним видом ДФВ на стадіях попередньої та детальної розвідки. В залежності наявності та відсутності спостережних свердловин дослідні відкачування поділяються на кущові та одиночні. В цілому дослідні відкачування проводяться з метою: а) визначення геофільтраційних параметрів водоносних горизонтів; б)вивчення граничних умов водоносних горизонтів в плані та розрізі, зв'язку поверхневих та підземних вод, зв'язку суміжних водоносних горизонтів; в) встановлення зв'язку між дебітом свердловини та зниження рівня в ній; д) визначення величини зрізок рівня в межах ділянки розташування водозабору (1;5-7,288-289).

4. Одиночні дослідні відкачування проводяться тільки на стадії розвідки родовищ підземних вод, з розвідувальних та розвідувально-експлуатаційних свердловин в тих випадках, коли необхідно встановити зв'язок між дебітом свердловини та зниження рівня в ній. *Одиночні кущові відкачування* проводяться на розвідки родовищ підземних вод в основному для визначення геофільтраційних параметрів та визначення граничних умов, дослідного визначення величин зрізок рівня (1;5-7,288-289).

5. Дослідно-експлуатаційні відкачування з однієї чи декількох свердловин проводяться тільки на розвідки родовищ підземних вод в складних гідрогеологічних умовах, що не можуть бути відображені в відомих розрахункових схемах. Мета дослідно-експлуатаційних відкачувань – встановлення закономірностей зміни рівня підземних вод чи їх якості при заданому водовідборі (1;5-7,288-289).

6. Типізація гідрогеологічних умов (*класифікація водоносних горизонтів*), що враховується при аналізі результатів ДФВ та визначенні геофільтраційних параметрів: Необмежені водоносні горизонти, умовно однорідні за проникністю та ізольовані в покрівлі та підшві: а) напірні водоносні горизонти в рихлих відкладах; б) безнапірні водоносні горизонти в рихлих відкладах; в) напірні та безнапірні водоносні горизонти у тріщинуватих породах.

Водоносні горизонти у шаруватих товщах: а) двошарова будова водоносної товщі; б) багатошарова будова водоносної товщі.

Обмежені водоносні горизонти: а) водоносні горизонти пов'язані з поверхневими водостоками; б) водоносні горизонти обмежені непроникними контурами; в) водоносні горизонти, що складаються з зон з різною водопровідністю (т. з. кусково-однорідні та кусково-неоднорідні водоносні горизонти); г) ділянки водоносних горизонтів з локальними джерелами живлення та розвантаження (1;7-8).

7. Параметр (в фізиці) - величина, що характеризує ту чи іншу властивість якого-небудь явища, пристрою, об'єкту. Об'єктом дослідження в даному випадку є водовмісні породи, якими складені водоносні горизонти та комплекси.

Основними властивостями пористого середовища, що визначають умови руху рідини є пористість та проникність. Тому основні розрахункові параметри водоносного горизонту відображають саме ці властивості водовмісних порід. Їх ще називають фільтраційними та ємнісними властивостями. Слід відмітити, що так як структура пор у водовмісних середовищах має хаотичний характер, то рух води розглядається з макроскопічної точки зору, а реальна водовмісна порода замінюється на деяке умовне середовище з неперервними властивостями. При такому підході пористість чи проникність гірської породи та пов'язані з ними геофільтраційні параметри водоносних горизонтів повинні розглядатись, як макроскопічні параметри, що характеризують тільки відносно великі об'єми досліджуваного середовища. Пористість – частина об'єму гірської породи, що може бути заповнена водою, і виражається співвідношення об'єму пустот до об'єму породи(1;9-13).

8. Коефіцієнт фільтрації (K) – являє собою витрату рідини через одиницю площі поперечного перерізу пласта при напірному градієнті рівному одиниці. Коефіцієнт пропорційності в законі Дарсі: $Q = KFI = KF(\Delta H / L)$. Являє собою також фіктивну швидкість фільтрації $V = KI$ при одиничному напірному градієнті. Має розмірність м/добу, см/сек. Залежить від структури пор водовмісної породи та гідродинамічних властивостей рідини (щільності та в'язкості), що фільтрується. *Коефіцієнт проникності* (K_n) – використовується у випадку, коли склад та властивості рідини, що фільтрується змінюється (високо мінералізовані розчини, нафтогазовий конденсат, вода забруднена нафтопродуктами і т. п.). Пов'язаний з коефіцієнтом фільтрації такими залежностями : $K_n = K\eta / \rho g$ та $K_n = K\nu / g$, де η - динамічний коефіцієнт в'язкості рідини; ρ - густина рідини; g – прискорення сили тяжіння; ν - кінематичний коефіцієнт в'язкості. Розмірність коефіцієнта проникності відповідає розмірності площі, одиниця виміру Дарсі. $1Д = 1.02 * 10^{-8} \text{ см}^2$. Оскільки до складу формул, що визначають (K_n) входять показники гідродинамічних

властивостей рідини, можна сказати, що цей коефіцієнт є більш точною характеристикою пористого середовища, в якому відбувається процес фільтрації (1;4 2;27-29).

9. Коефіцієнт гравітаційної ємності (водовіддачі) гірської породи (μ) - кількість води, що може вільно витікати з породи (елементарного об'єму пласта). Виражається співвідношенням $\mu = \Delta V / F \cdot \Delta H$. Величина безрозмірна. Під коефіцієнтом гравітаційної ємності(водовіддачі) гірської породи (μ) також розуміють різницю між загальною пористістю та максимальною молекулярною вологоємністю з врахуванням об'ємної ваги скелету пороли та об'ємної ваги води $\mu = n - W_m \cdot (\Delta c_k / \Delta v)$.

Приймається також твердження, що $\mu = n_a$, де n_a - активна пористість гірської породи. Коефіцієнт пружної ємності водоносного пласта (μ^*) характеризує пружні властивості води та породи. За пропозицією Бочевера μ^* - кількість води, що може бути отримана з одиниці площі напірного пласта при зниженні п'єзометричного напору на 1 м. Пружні властивості породи характеризуються коефіцієнтом пружної ємності $\beta^* = n \cdot \beta_g + \beta_c$, тоді $\mu^* = \beta^* m \Delta v \approx \beta^* m$, при $\Delta v = 1$. Тут m - потужність пласта. Коефіцієнт пружної ємності – величина безрозмірна (1;10-12 3;15-17).

10. Фільтраційні властивості пласта характеризуються проникністю гірської породи. Проникність – властивість породи пропускати через себе воду під дією градієнту тиску. Коефіцієнт водопровідності (T) являє собою витрату рідини через одиницю поперечного перерізу водоносного горизонту потужності m при одиничному напірному градієнті. Визначається за залежністю $T = Km$. Має розмірність м²/добу (1;12 2;53).

11. В гідродинамічних розрахунках використовуються комплексні параметри, що в залежності від гідравлічних властивостей водоносного горизонту називаються коефіцієнтом рівнепровідності a_p (для безнапірного водоносного горизонту)

та коефіцієнтом п'єзопровідності a_n (для напірного водоносного горизонту). Ці коефіцієнти мають розмірність – м²/добу та визначаються за такими залежностями:

$$a_p = Kh_{cep} / \mu, \quad a_n = T / \mu^* = Km / \beta^* m = K / \beta^* \quad (1;12-13 \\ 2;61 \ 2;64).$$

12. Коли коефіцієнти рівнепровідності та п'єзопровідності характеризують реальні властивості водоносного горизонту їх прийнято називати дійсними параметрами . Вони мають місце у випадку, коли розрахункова залежність (математична модель) відповідає природним умовам. Уявні параметри отримані у випадку, коли вони визначені за залежністю, що наближено описує природні умови, або залежить від умов проведення ДФВ. Узагальнені параметри – такі, що комплексно характеризують ділянку випробування в різних її місцях та з врахуванням впливу зовнішніх меж пласта . При такому підході реальний пласт замінюється умовно однорідним. Фактично явні та узагальнені параметри являють собою деякі гідравлічні показники, що характеризують реакцію водоносного горизонту на дане збурення (1;13).

13. Існують також і специфічні геофільтраційні параметри, що використовуються в розрахунках при особливих граничних умовах на межах водоносного пласта. До таких відносяться: параметр перетікання, опір ложа водойми, недосконалість врізу руслових відкладів, недосконалість свердловин за ступенем розкриття водоносного пласта .(1;13).

14. Методи простеження за часом та простором, комбіноване простеження. Графоаналітичні методи обробки результатів ДФВ. Ці методи мають найбільшу перевагу з точки зору теорії інженерних експериментів (необхідна певна кількість експериментальних даних, результати отримані різними методами можуть порівнюватись між собою, що дає можливість додаткового контролю отриманих геофільтраційних параметрів. Суть методів простеження полягає у встановленні залежності між зниженням рівнів у свердловинах та вибраним показником контролю (час, простір, комбінований підхід) при

досягненні квазістаціонарного режиму фільтрації. (1;17-20 2;219 3;69).

15. Рівняння отримане Ч.Тейсом у 1935р. шляхом розв'язку диференційного рівняння отриманого для дії досконалої свердловини з постійним дебітом в необмеженому ізольованому напірному пласті. Рівняння Тейса має наступний вигляд:

$$S = \frac{Q}{4\pi T} W(u), \text{ де}$$

$$W(u) = \int_u^\infty \frac{e^{-x}}{x} dx = -0.577 + \ln(u) - \frac{u^2}{4} + \frac{u^3}{18} - \frac{u^4}{96} \dots \text{функція}$$

свердловини, а величина $u = r^2 / 4a_n t$. При значенні $u < 0.1$ рівняння Тейса набуває такого вигляду

$$S = \frac{Q}{4\pi T} \ln\left(\frac{2.25a_n t}{r^2}\right) = \frac{Q}{2\pi T} \ln\left(\frac{1.5\sqrt{a_n t}}{r}\right), \text{ а при апроксимації}$$

десятковим логарифмом такого вигляду $S = \frac{0.183}{T} \lg\left(\frac{2.25a_n t}{r^2}\right)$ (1;17).

16. Аналіз наведених вище залежностей вказує на те, що зниження S в будь-якій точці поля напорів з координатою r залежить від тривалості відкачування, а швидкість зниження напору не залежить від величини радіуса - r , тому п'єзометрична поверхня при відкачуванні буде опускатись паралельно самій собі. При цьому розподіл напорів в кожному момент часу відповідає закономірностям усталеного режиму фільтрації. Такий режим фільтрації називається квазістаціонарним (2;190).

17. Дослідні куші свердловин розміщуються безпосередньо на ділянці розташування майбутніх водозаборів для вивчення продуктивності пласта. Якщо метою ДФВ є вивчення граничних умов то центральну свердловину куща доцільно розмістити поблизу межі пласта, а спостережні свердловини по обидві сторони межі. Якщо потрібно уникнути впливу меж пласта на хід та результати ДФВ, то сама дальня спостережна свердловина

повинна бути розташована на відстані $r \leq 0.5l$, де l - відстань до межі пласта. Якщо контури межі пласта відомі, то спостережні свердловини бути розміщені на відстані $r \leq 0.8l$ (у внутрішньому промені) та $r \leq 0.6l$ (у промені паралельному межі). Бажано мати 2-3 спостережних свердловини віддалених від збурюючої (дослідної) на відстань $r \leq 0.3l$. Під *схемою дослідного куца свердловин* розуміється така кількість свердловин та їх взаємне розташування, при якій зниження на 3-4 м у збурюючій свердловині на протягом 5-10 діб забезпечить створення депресійної воронки так, щоб різниця знижень у сусідніх свердловинах складала не менше 20-30 см (1,289-291).

18. Виходячи з технічних параметрів відкачування для отримання геофільтраційних параметрів достатньо однієї спостережної свердловини, а для контролю – двох. Але це доцільно в умовах ідеального однорідного водоносного горизонту. Виходячи з того, що про ступінь складності гідрогеологічних умов можна судити тільки після закінчення робіт, то кількість спостережних свердловин повинна бути не менша трьох. Також кількість спостережних свердловин може визначатись такими факторами:

- складність природних умов у відношенні до інтерпретації даних ДФВ;
- призначення дослідних куців свердловин;
- глибини залягання та розмірів водоносних горизонтів;
- можливостей суміщення функцій розвідувальних та спостережних свердловин.

Детальніше див (1,291-294).

19. Залежно від складності гідрогеологічних умов можуть бути створені одно- двох- та трьохпроменеві куці свердловин, з розташуванням збурюючих свердловин у вершинах променів. Відстань спостережних свердловин від збурюючої визначається за залежністю $r_n = r_1 \alpha^{n-1}$, де r_1 - відстань до найближчої спостережної свердловини. Величина α складає 1,5 для напірних та 2,5 для безнапірних водоносних пластів. Має бути також дотримане співвідношення $r_1 \geq m$, де m - потужність пласта. Якщо безнапірний пласт має потужність ≥ 90 м, а

напірний ≥ 200 м, то допускається, що $r_1 \leq m$. Детальніше див. (1, 291-299).

20. Найбільш бажаним при відкачуванні є постійний характер збурення водоносного горизонту. Відкачки з різними ступенями дебіту слід проводити з розвідувально-експлуатаційних свердловин для встановлення залежності зниження рівня в свердловині від її дебіту. Якщо необхідне зниження не досягається одиночним то проводиться групове збурення. Групова відкачка повинна бути компактна та синхронна. Збурення повинно вестись з постійним дебітом. Це – головна умова. Ступінь збурення забезпечує ефективність ДФВ. Під необхідним збуренням розуміється такий дебіт відкачки, що забезпечить у збурюючій свердловині зниження у 3м (для безнапірних) та 4 м (для напірних пластів). Таке зниження при тривалості збурення 5–10 діб повинно давати різницю зниження у сусідніх свердловинах і в найбільш відділеній з них не < 0.2 м.

Практично ці дебіти такі:

- для дочетвертинних пісків, слабких піщаників та не карстующихся порід водопровідності 50-500 м²/добу величина дебіту складає 5 – 25 л/с;

- для четвертинних алювіальних пісків, алювіально-пролювіальних піщано-гравійних відкладів, порід з розсіяним карстом при водопровідності 500-1000 м²/добу величина дебіту складає 25 – 50 л/с;

- для галечників з піщано-гравійним заповненням та тріщинно-карстових масивів при водопровідності 1000-3000 м²/добу величина дебіту складає 50 – 150 л/с; (1,300-302)

21. Метою дослідного збурення у напірному водоносному пласті є досягнення квазістаціонарного режиму фільтрації у найбільш віддаленій спостережній свердловині. Контрольний час настання квазістаціонарного режиму фільтрації 6-11 діб. Ознака квазістаціонарного режиму фільтрації спрямлення графіків часового простеження та паралельність площинних графіків побудованих на 2-3 моменти часу. В цьому випадку можлива заміна експоненціальної функції на логарифмічну при значенні аргументу $u \leq 0.1$. Помилка при розрахунках при цьому складає 5,7% (1,303-307).

22. В безнапірному пласті мета дослідного збурення та ж, що і в напірному. Безпосередньою ознакою досягнення квазістаціонарного режиму фільтрації вихід графіка часового простеження на період гравітаційного режиму, або вихід комбінованих графіків кількох свердловин на загальну асимптоту. Дальню спостережну свердловину не слід розташовувати на відстані більше ніж 150м від збурюючої, тоді приблизний час початку квазістаціонарного режиму фільтрації складе 11-15 діб (1,303-307).

Використання Microsoft Excel для розрахунків при виконанні практичних робіт.

Виконання практичних робіт з курсу «Дослідно-фільтраційні випробування» передбачає велику кількість різноманітних розрахунків та графічних побудов. На сучасному етапі завдяки використанню обчислювальної техніки можна прискорити процес обробки результатів дослідно-фільтраційних випробувань при використанні широко відомого програмного засобу Microsoft Excel.

Завдяки використанню Microsoft Excel можливо:

- Вести розрахунки в зручній табличній формі;
- Використовувати вбудовані математичні функції та пакет аналізу даних;
- Виконувати повторні розрахунки;
- Виконувати побудову та аналіз графіків;
- Отримувати результат розрахунків шляхом наслідування формул;
- Якісно оформлювати результат практичної роботи;

Зберігати результати в електронному вигляді та використовувати їх для демонстрації у разі необхідності.

В цілому виконання будь-якої практичної роботи з навчальної дисципліни «Дослідно-фільтраційні випробування» можна звести до наступної схеми:

- Внести в таблицю Microsoft Excel вихідних даних з результатами польових дослідно-фільтраційних випробувань; В загальному випадку ці дані являють собою результати спостережень за гідродинамічним напором (зниженням)

підземних вод та відлік часу спостереження, величину дебіту збурюючої свердловини, відстані до спостережних свердловин у випадку кушового відкачування, схему куша свердловин, відомості про водоносний пласт, граничні умови і таке інше;

- Виконати в попередні розрахунки (можуть змінюватись залежно від характеру задачі, що вирішується);

- Побудувати та проаналізувати графіки залежності зниження напору в часі, по площі, комбінованого (залежно від задачі, що вирішується).

- Визначити на графіку ділянку що відповідає квазістаціонарному режиму відкачування. Виділити відповідні цифрові дані в таблиці кольоровим фоном. Цей етап потребує комплексного аналізу всіх відомостей про умови досліду та досвіду обробки даних дослідно-фільтраційних випробувань;

- Визначення коефіцієнтів рівняння прямої, що необхідні для розрахунку геофільтраційних параметрів;

- Власне розрахунки геофільтраційних параметрів за відповідними формулами (залежно від умов досліду);

- Оформлення результатів роботи за наданим зразком;
- Здача практичної роботи.

Основні правила використання Microsoft Excel при виконанні практичних робіт з дисципліни «Дослідно-фільтраційні випробування».

- Створити файл Microsoft Excel та перейменувати його у відповідності до номера практичної роботи

- Вихідні дані слід розмішувати в «Листі 1». Після внесення всіх вихідних даних «Лист 1» слід перейменувати в «Умова». Вказати прізвище та ініціали виконавця роботи в клітинці A1 листа «Умова». Наприклад «Виконав студент Шевченко А.А.» Внести с лист умова вхідні дані для виконання практичної роботи.

- «Лист 2» слід перейменувати в «Розрахунки» та виконати розрахункову частину роботи вказаному листі.

- На всіх «листах» повинні бути вказані прийняті позначення величин (зліва від числа) та їх розмірності (справа від числа)

- Побудовані графіки слід розміщувати на окремих «листах» файлу Microsoft Excel та відповідно перейменувати цей лист. Всі графіки повинні бути підписані (заголовок, осі, легенда).

- Після завершення розрахунків та графічних побудов робота оформлюється за наданим зразком.

При неповному, або невідповідному оформленні робота не приймається.

Зразок виконання та оформлення практичної роботи з дисципліни «Дослідно-фільтраційні випробування»(рис. 1 – 3)*

Microsoft Excel - /Лабораторна робота.xls

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервіс Даньє Оєно Справка

Введіть запитання

Arial Cyr 10 Ж К Ч

м.кв./Доба

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	Q	130	куб.м/доба			Розрахункова формула										
2	K	1	м/доба			$S = \frac{Q}{4\pi r^2} \ln\left(\frac{2.25 r^2 K}{r^2 S}\right)$										
3	m	20	м													
4	μ'	0,002														
5	T	20	м.кв./Доба													
6	ap	10000	м.кв./Доба													
7																
8	Вхідні дані:			Спост. св.												
9		t, м	t, доба	S, м	30											
10	t	t	t, доба	S, м												
11	5хв	5	0,003472	-1,26												
12	10хв	15	0,010417	-0,70												
13	20хв	30	0,020833	-0,34												
14	30хв	45	0,03125	-0,13												
15	1год	1	0,041667	0,02												
16	2год	1,5	0,0625	0,23												
17	4год	3	0,125	0,59												
18	8год	6	0,25	0,95												
19	16год	12	0,5	1,31												
20	24год	24	1	1,66												
21	48год	48	2	2,02												
22	96год	96	4	2,36												
23	120год	120	5	2,50												
24	144год	144	6	2,59												
25	168год	168	7	2,67												
26	192год	192	8	2,74												
27	216год	216	9	2,80												
28	240год	240	10	2,86												
29																
30																
31																
32																

Готово

Рис.1. Приклад розміщення вхідних даних (лист «Умова»)

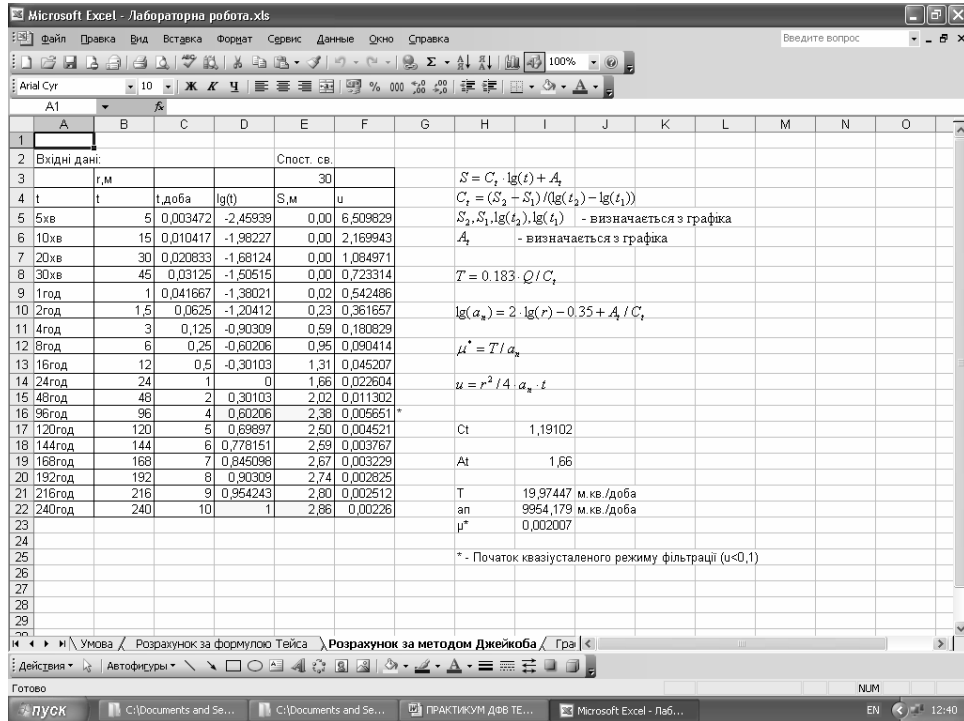


Рис.2. Приклад розрахунку (за формулю Тейса).

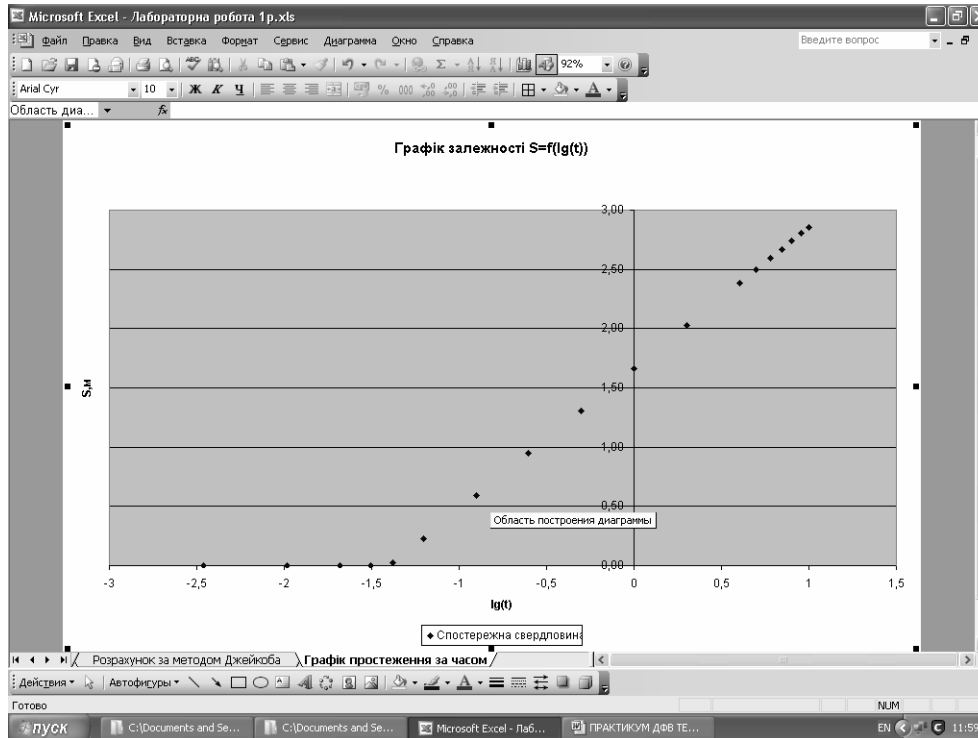


Рис.3 Графік простеження за часом.

* – кількість та зміст листів у разі потреби може бути змінена (в залежності від умови задачі).

Завдання до практичних робіт з курсу «Дослідно-фільтраційні випробування»

Практична робота №1

Тема: Визначення геофільтраційних параметрів за методом Тейса - Джекоба.

Мета: Згадати основні теоретичні положення гідродинамічних розрахунків досконалих свердловин.

Користуючись наведеними нижче даними та MS Excel визначити:

1. Величину зниження гідродинамічного напору на вказані періоди часу за допомогою формули Тейса.
2. Геофільтраційні параметри за методом Джейкоба
3. Порівняти отримані результати та вхідні дані
4. Встановити час початку квазістаціонарного режиму фільтрації.

Умова задачі та рівняння Тейса

Пласт напірний, ізольований, необмежений на горизонтальному водотривкому шарі. Дебіт відкачування сталий ($Q=58 \text{ м}^3/\text{добу}$). Відкачування відбувається з досконалої свердловини. Спостережна свердловина розташована на відстані 30м від дослідної.

Орієнтовне значення коефіцієнту фільтрації $K=5 \text{ м/добу}$.
Потужність пласту $m=20\text{м}$.

Коефіцієнт пружної ємності водоносного пласту $\mu^*=0,005$.

Розрахункова формула (формула Тейса для умов квазістаціонарного режиму фільтрації):

$$S = \frac{Q}{4\pi T} \cdot \ln\left(\frac{2.25a_n t}{r^2}\right) \quad (1)$$

В формулі (1) Q – дебіт дослідної свердловини, T – коефіцієнт водопровідності пласту, t – час, відлік від початку досліду, a_n – коефіцієнт п’єзопровідності, r – відстань від спостережної до дослідної до свердловини (для дослідної – радіус свердловини).

Розрахунки для визначених моментів часу виконати в таблиці 1.

Таблиця 1.

**Величина зниження гідродинамічного напору (S)
розрахована за формулою (1).**

Вхідні дані:		Дослідна свердловина	Спостережна свердловина
	Радіус r , м	0.108	30
t , час заміру	t , долі доби	S_m	S_m
5 хв.			
10 хв.			
20 хв.			
30 хв.			
1 год.			
2 год.			
4 год.			
8 год.			
1 год.			
24 год.			
46 год.			
96 год.			
120 год.			
144 год..			
168 год.			
і далі з кроком 24 год. до кінцевого терміну часу 360 год.			
360 год.			

Використовуючи метод Джейкоба визначити геофільтраційні параметри водоносного пласту, вважаючи, що величина зниження гідродинамічного напору

розрахована в таблиці 1, отримана в результаті досліджу. В ході виконання роботи:

Побудувати графік залежності величини зниження напору від логарифма часу;

Знайти на графіку ділянку, що відповідає квазістаціонарному режиму відкачування;

Користуючись шкалою «Рисование» MS Excel провести дотичну до вибраної ділянки, так, щоб вона (дотична), перетнулася з віссю ординат в момент часу, логарифм якого рівний 0. Отримане значення зниження на осі ординат в точці перетину з дотичною є величиною A_t за методом Джейкоба. На дотичній вибрати дві точки та визначити для них величини знижень S_1 , S_2 та відповідні їм логарифми часу $\lg(t_1)$, $\lg(t_2)$ та визначити за допомогою формули (2) величину коефіцієнту C_t за методом Джейкоба

Визначити геофільтраційні параметри за формулами (3, 4,5)

Визначити час початку квазістаціонарного режиму фільтрації за формулою (6) для умови, коли $u < 0,1$.

Розрахункові формули.

$$C_t = (S_2 - S_1) / (\lg(t_2) - \lg(t_1)) \quad - \quad (2)$$

$$T = 0.183 \cdot Q / C_t \quad - \quad (3)$$

$$\lg(a_n) = 2 \cdot \lg(r) - 0.35 + A_t / C_t \quad - \quad (4)$$

$$\mu^* = T / a_n \quad - \quad (5)$$

$$u = r^2 / (4 \cdot a_n \cdot t) \quad - \quad (6)$$

Вимоги до оформлення роботи :

Графік має бути розміщений в окремому листі MS Excel. Осі графіка повинні бути підписані. Повинна бути вказана назва графіка та рядів даних, на основі яких збудований графік.

Визначені параметри повинні розміщуватись в окремій таблиці на листі «Розрахунки». В таблиці має бути вказана назва параметру та його розмірність.

Практична робота №2

Тема: Визначення розрахункових фільтраційних (геофільтраційних) параметрів методами простеження.

Мета: Ознайомитись з методами простеження в часі, за площею та комбінованим для визначення геофільтраційних параметрів в умовах кущового відкачування.

Користуючись наведеними нижче даними та MS Excel визначити:

- Геофільтраційні параметри методом простеження в часі.
- Геофільтраційні параметри методом простеження по площі.
- Геофільтраційні параметри методом комбінованого простеження.

Розрахункові формули:

Метод простеження в часі.

Будується графік в координатах: S від lg(t).

$$T = \frac{0.183 * Q}{C_t}, \lg a_{\Pi} = 2 \lg r - 0.35 + \frac{A_t}{C_t}, \mu^* = T / a_{\Pi};$$

Метод простеження по площі.

Будується графік в координатах S від lg(r).

$$T = \frac{0.366 * Q}{C_r}, \lg a_{\Pi} = \frac{2A_r}{C_r} - 0.35 - \lg t, \mu^* = T / a_{\Pi};$$

Метод комбінованого простеження:

Будується графік в координатах S від g(t/r²).

$$T = \frac{0.183 * Q}{C_k}, \lg a_{\Pi} = \frac{A_k}{C_k} - 0.35, \mu^* = T / a_{\Pi}$$

Вихідні дані для виконання практичної роботи №2

Кущ свердловин складається із дослідної та 3-х спостережних свердловин (з відповідними величинами зниження, що спостерігались в ході відкачування Sц, S1, S2, S3,). Спостережні свердловини №№1,2 розташовані від дослідної на відстані 50 м, 100 м, спостережна свердловина №3 розташована від дослідної на відстані 150 м.

Дебіт дослідної свердловини складає 336 м³/добу.

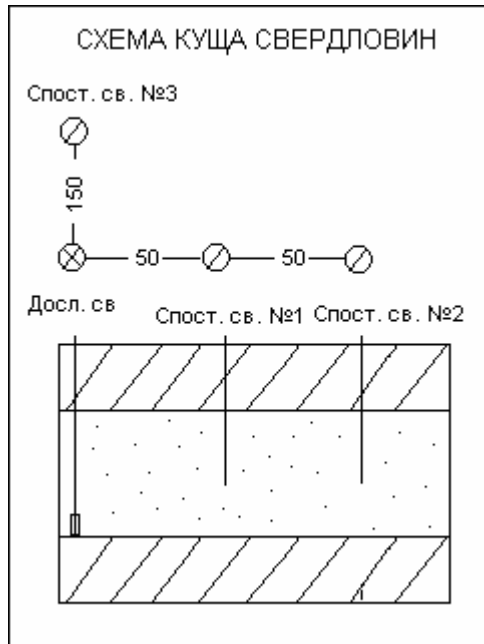


Рис.4 Схема розташування та схематичний розріз куща свердловин.

Таблиця 2

**Зниження гідродинамічного напору (S) за
результатами кушового відкачування**

	Дослідна свердловина	Спостережні свердловини		
Радіус r,м	0,108	50	100	150
t, час заміру	S _c ,м	S1,м	S2,м	S3,м
5 хв.	1,78	0	0	0
10 хв.	1,87	0,03	0	0
20 хв.	1,96	0,12	0	0
30 хв.	2,02	0,18	0,1	0
1 год.	2,11	0,27	0,08	0,1
2 год.	2,2	0,36	0,18	0,07
4 год.	2,3	0,45	0,27	0,16
8 год.	2,39	0,55	0,36	0,25
16 год.	2,48	0,64	0,45	0,35
24 год.	2,54	0,69	0,51	0,4
48 год.	2,63	0,8	0,6	0,5
96 год.	2,72	0,88	0,69	0,59
120 год.	2,75	0,91	0,72	0,62
144 год.	2,77	0,93	0,74	0,64
168 год.	2,8	0,95	0,77	0,66
192 год.	2,81	0,97	0,79	0,68
216 год.	2,83	0,98	0,8	0,69
240 год.	2,84	1	0,81	0,7
264 год.	2,86	1,01	0,83	0,72
288 год.	2,87	1,03	0,84	0,73
312 год.	2,88	1,04	0,85	0,74
336 год.	2,89	1,05	0,86	0,75
360 год..	2,9	1,06	0,87	0,76

Практична робота №3

Тема: Визначення геофільтраційних параметрів при відкачуванні з безнапірного водоносного горизонту.

Мета: Ознайомитись з методикою розрахунку в зазначених умовах за наведеними нижче результатами кущового відкачування.

Визначити геофільтраційні параметри безнапірного водоносного горизонту методами часового, площинного та комбінованого простеження.

Розрахункові формули:

Метод простеження в часі.

Будується графік в координатах $(2h_0-S) \cdot S$ від $\lg(t)$.

$$T = Kh, K = \frac{0.183 * 2Q}{C_t}, \lg a_p = 2 \lg r - 0.35 + \frac{A_t}{C_t},$$
$$\mu = T / a_p;$$

Метод простеження по площі.

Будується графік в координатах $(2h_0-S) \cdot S$ від $\lg(r)$

$$T = Kh, K = \frac{0.366 * 2Q}{C_r}, \lg a_{\Pi} = \frac{2A_r}{C_r} - 0.35 - \lg t,$$
$$\mu = T / a_p;$$

Метод комбінованого простеження:

Будується графік в координатах $(2h_0-S) \cdot S$ від $\lg(t/r^2)$

$$T = Kh, K = \frac{0.183 * 2Q}{C_k}, \lg a_p = \frac{A_k}{C_k} - 0.35, \mu = T / a_{\Pi},$$

де h_0 – потужність пласта перед початком відкачування., S – зниження напору.

Вихідні дані для виконання практичної роботи №3

Дебіт дослідної свердловини – 300 м³/добу.
 Куш складається з дослідної та трьох спостережних свердловин.

Таблиця 3

Зміна потужності пласта (h) в ході кушового відкачування

Радіус r, м	0,2	20	40	60
t, час заміру	h _{досл} ,м	h _{сп1} ,м	h _{сп2} ,м	h _{сп3} ,м
5 хв.	23,34	27	27	27
10 хв.	22,63	27	27	27
20 хв.	21,92	27	27	27
30 хв.	21,44	27	27	27
1 год.	20,55	27	27	27
2 год.	19,83	26,99	27	27
4 год..	18,98	26,97	27	27
8 год.	18,14	26,85	26,99	27
16 год.	17,18	26,62	26,97	26,99
1 доба	16,62	26,4	26,93	26,99
1,5 доби	16	26,13	26,84	26,97
2 доби	15,56	25,93	26,74	26,95
2,5 доби	15,23	25,77	26,65	26,91
3 доби	14,93	25,61	26,56	26,88
3,5 доби	14,71	25,49	26,48	26,83
4 доби	14,53	25,41	26,4	26,78
4,5 доби	14,38	25,28	26,34	26,74
5 діб	14,11	25,19	26,26	26,7
6 діб	13,78	25,03	26,13	26,62
7 діб	13,53	24,9	26,06	26,55
8 діб	13,28	24,77	25,93	26,47
9 діб	13,06	24,66	25,85	26,4
10 діб	12,9	24,56	25,77	26,34

Продовження таблиці 3

11 дiб	12,72	24,46	25,67	26,28
12 дiб	12,57	24,38	25,61	26,23
13 дiб	12,4	24,33	25,55	26,18
14 дiб	12,22	24,24	25,49	26,11
15 дiб	12,15	24,17	25,41	26,06
16 дiб	11,97	24,1	25,3	26,03
17 дiб	11,86	24,06	25,33	25,96
18 дiб	11,74	24,02	25,28	25,93
19 дiб	11,53	23,94	25,23	25,89
20 дiб	11,53	23,89	25,19	25,85

Практична робота №4

Тема: Визначення геофільтраційних параметрів напірного водоносного пласта з використанням методів простеження.

Мета: Отримати досвід визначення ділянки графіку простеження, що відповідає квазістаціонарному режиму фільтрації з врахуванням особливостей природних умов.

Вихідні дані для виконання практичної роботи №4

Куц свердловин складається із дослідної та 3-х спостережних свердловин (з відповідними величинами зниження напору, що спостерігались в ході відкачування S1, S2, S3.). Спостережні свердловини №№1-3 розташовані від дослідної на відстані 15 м, 22 м, 35 м, відповідно.

Визначити геофільтраційні параметри (Т, а, μ^* , К) методами:

1. Простеження в часі;
2. Простеження по площі;
3. Комбінованим простеженням.

Потужність напірного водоносного горизонту (m) складає 10-15 м і поступово зростає в напрямку до спостережної свердловини №3.

Дебіт дослідної свердловини складає 540 м³/добу.

Порівняти результати розрахунків отримані різними методами.

При виконанні роботи використати розрахункові формули, що вказані в практичній роботі №2 (див. ст.25).

Таблиця 4

Зниження напору (S) в результаті відкачування

Радіус r, м	15	22	35
t, години	S1,м	S2,м	S3,м
41	2,86	2,15	1,5
45	2,89	2,18	1,5
49	2,89	2,18	1,5
53	3,03	2,31	1,58
57	3,05	2,45	1,67
61	2,95	2,37	1,61
65	2,91	2,21	1,65
69	2,86	2,16	1,53
73	2,85	2,16	1,5
77	2,83	2,11	1,5
81	2,82	2,14	1,49
85	2,82	2,12	1,49
89	2,81	2,14	1,48
93	2,81	2,12	1,48
97	2,82	2,11	1,47
101	2,8	2,1	1,48
105	2,8	2,11	1,48
109	2,8	2,1	1,48
113	2,8	2,1	1,48
117	2,8	2,1	1,48
121	2,8	2,1	1,48
125	2,81	2,1	1,46
129	2,8	2,1	1,47

Продовження таблиці 4

133	2,81	2,1	1,46
137	2,8	2,09	1,45
141	2,81	2,09	1,45
145	2,8	2,09	1,45
149	2,82	2,11	1,45
153	2,81	2,11	1,45
157	2,83	2,1	1,41
161	2,81	2,09	1,42
165	2,8	2,09	1,42
169	2,8	2,09	1,41
173	2,78	2,08	1,4
177	2,78	2,07	1,4
181	2,79	2,08	1,4
185	2,8	2,08	1,4
189	2,81	2,09	1,4
193	2,82	2,1	1,41
197	2,82	2,11	1,46
201	2,81	2,1	1,45
205	2,84	2,11	1,46
209	2,83	2,12	1,46
213	2,82	2,12	1,46
216	2,84	2,14	1,45

Примітка: Про правильність визначення на графіку простеження в часі ділянки квазістаціонарного режиму фільтрації свідчить отримана в результаті розрахунків величина $\mu^* \approx 0,003$.

Практична робота №5

Тема: Визначення геофільтраційних параметрів в умовах діючих меж пласта.

Мета: Ознайомитись з методами визначення геофільтраційних параметрів у випадках, коли водозабірні свердловина працює поблизу «закритої» межі пласта.

Користуючись наведеними нижче даними та MS Excel визначити:

- додаткові дані на базі наданого креслення – ρ_1 .
- геофільтраційні параметри методом простеження в часі.

Схема до визначення ρ_1 представлена у додатку 1.

Методика визначення кількості та розташування «відображених» свердловин (1;172-176)

Дані умови включають в себе напівобмежені пласти, пласти-квадранти, а також пласти з межами більш складної конфігурації. Контактуючі породи на межі області фільтрації майже непроникні. Влив меж в розрахунках враховується шляхом побудови «відображених» свердловин.

Допоміжні формули:

Число відображених свердловин визначається за формулою:

$$n = \frac{360}{\Theta} - 1,$$

або за таблицею

Θ	180°	120°	90°	60°	45°	30°
n	1	2	3	5	7	11

Де Θ - вимірний кут на межі, n – кількість відображених (уявних) свердловин.

Будується графік залежності зниження напору від логарифму часу : $S = f(\lg(t))$.

Для визначення параметрів методом простеження в часі використовуються формули:

$$Km = \frac{MQ}{C_t}, \quad \lg a = i \cdot \lg(r \cdot \rho_1 \cdot \rho_2 \cdots \rho_n) - 0.35 + \frac{A_t}{C_t}$$

В даних формулах:

$$M = 0.183 \cdot (n + 1), \quad i = \frac{2}{n + 1}$$

n – кількість відображених свердловин

$r \cdot \rho_1 \cdot \rho_2 \cdots \rho_n$ - відстань від точки, в якій визначається

зниження до дослідної та відображених свердловин.

Вихідні дані для виконання практичної роботи №5

Дебіт дослідної свердловини – 357 м³/добу

Таблиця 5

Результати кушового відкачування

Радіус r, м	20	50	23
t, час заміру	Гідродинамічний напір		
	H1,м	H2,м	H3,м
5 хв.	117,25	117,2	117,3
10 хв.	116,94	117,2	117,3
20 хв.	116,68	117,2	116,84
30 хв.	116,5	117,2	116,68
1 год.	116,21	116,9	116,36
2 год.	115,85	116,65	116,05
4 год.	115,18	116,34	115,07
8 год.	114,28	115,65	114,18
16 год.	113,3	114,57	113,2
1 добу	112,75	114,02	112,68
1,5 доби	112,13	113,48	112,04

Продовження таблиці 5

2 доби	111,73	113,03	111,58
2,5 доби	111,38	112,74	111,22
3 доби	111,08	112,45	110,93
3,5 доби	110,84	112,2	110,68
4 доби	110,63	111,99	110,47
4,5 доби	110,44	111,8	110,28
5 діб	110,27	111,63	110,12
6 діб	109,98	111,34	109,83
7 діб	109,74	111,1	109,58
8 діб	109,52	110,88	109,37
9 діб	109,34	110,7	109,18
10 діб	109,16	110,57	109,01

Практична робота №6

Тема: Визначення розрахункових геофільтраційних параметрів за даними відкачування з «середовища з подвійною ємністю».

Мета: Ознайомитись з особливостями формування депресійної воронки при відкачуванні з водоносного пласта в тріщинуватих породах

Вихідні дані для виконання практичної роботи №6

Визначити: Геофільтраційні параметри методом простеження в часі. Дебіт дослідної свердловини складає $86,4\text{м}^3$ /добу. Відстань до спостережної свердловини 30 м.

Таблиця 6**Результати відкачування**

t, год.	S,м
0,8	1,1
1,5	1,44
2,2	1,72
4,3	2,03
5,3	2,28
10	2,48
17	2,56
22	2,64
28	2,72
45,5	2,83
82	2,93
100	3,03
120	3,18
250	3,4
324	3,62
370	3,8
456	3,97
556	4,12
674	4,26
822	4,28
550	4,29
1096	4,32
1148	4,31
1250	4,32
1340	4,32
1480	4,32

Розрахункові формули згідно з практичною роботою №2 (ст..25).

Практична робота №7

Тема: Визначення геофільтраційних параметрів за даними зниження та відновлення гідродинамічного напору при відкачуванні з безнапірного пласта методом простеження в часі.

Визначити:

Визначити величину коефіцієнту водопровідності за даними одиночного відкачування та відновлення гідродинамічного напору з безнапірного пласта за такими даними:

Вихідні дані для виконання практичної роботи №7

Потужність пласту – 56,35 м

Дебіт дослідної свердловини 527 м³/добу.

Результат спостереження за зниженням напору наведений в таблиці 7.

За даними таблиці 7.1 визначити величину зниження гідродинамічного напору (S) та показник $S(2h_0-S)$, де h_0 – потужність пласта.

Таблиця 7.1

Результат зниження гідродинамічного напору

Час зміру	h дин.,м	S, м	S(2h ₀ -S)
10 ⁰⁰	15,75		
10 ⁰¹	17,20		
10 ⁰²	17,45		
10 ⁰³	17,60		
10 ⁰⁴	17,71		
10 ⁰⁵	17,82		
10 ⁰⁶	17,93		
10 ⁰⁷	18,02		
10 ⁰⁸	18,08		
10 ⁰⁹	18,11		

Продовження таблиці 7.1

10^{10}	18,13		
10^{12}	18,15		
10^{15}	18,17		
10^{20}	18,18		
10^{25}	18,19		
10^{30}	18,19		
10^{40}	18,17		
10^{50}	18,18		
11^{00}	18,21		
11^{30}	18,20		
12^{00}	18,19		
12^{30}	18,19		
13^{00}	18,18		
13^{30}	18,20		
14^{00}	18,17		
15^{00}	18,20		
16^{00}	18,19		
17^{00}	18,20		
18^{00}	18,18		
10^{00}	18,12		
11^{00}	18,12		
12^{00}	18,13		
13^{00}	18,12		
14^{00}	18,11		
15^{00}	18,12		
16^{00}	18,15		
17^{00}	18,15		
18^{00}	18,14		

Після заповнення таблиці будується графік в координатах: $S(2h_0-S)$ в залежності від $\lg(t)$.

Визначається величина коефіцієнту фільтрації за залежністю:

$$K = \frac{0.366 \cdot 2Q}{C_i}$$

Величина коефіцієнту водопровідності (Т) визначається як Kh , де K – коефіцієнт фільтрації, м/добу, h – потужність пласта, м.

Результат спостереження за відновленням напору приведений в таблиці 8.

Таблиця 7.2

Результат відновлення гідродинамічного напору

Час	h дин.,м	S*, м	S*(2h0-S*)
10 ⁰⁰	18,10		
10 ⁰¹	16,50		
10 ⁰²	16,00		
10 ⁰³	15,93		
10 ⁰⁴	15,90		
10 ⁰⁵	15,87		
10 ⁰⁶	15,86		
10 ⁰⁷	15,85		
10 ⁰⁸	15,83		
10 ⁰⁹	15,82		
10 ¹⁰	15,80		
10 ¹¹	15,78		
10 ¹²	15,77		
10 ¹⁵	15,76		
10 ²⁰	15,75		
10 ²⁵	15,75		
10 ³⁰	15,75		

Символом S^* позначається величина відновлення напору.
Для виконання роботи

Після заповнення таблиці будується графік в координатах:
 $S(2h_0 - S)$ в залежності від $\lg(t)$.

Визначається величина коефіцієнту фільтрації за залежністю:

$$K = \frac{0.366 \cdot 2Q}{C_t}$$

Величина коефіцієнту водопровідності (T) визначається як Kh , де h – потужність пласта, м.

Для побудови графіків у практичній роботі №7 використати тип графіку «Графік».

Практична робота №8

Тема: Визначення геофільтраційних параметрів напірного водоносного пласта з використанням методів простеження при відкачуванні із змінними дебітом в умовах одиночного стрибкоподібного збурення.

Мета: Отримати досвід визначення параметрів процесу фільтрації в складних умовах.

Вихідні дані для виконання практичної роботи №8

Куш свердловин складається із дослідної та 2-х спостережних свердловин (з відповідними величинами зниження напору, що спостерігались в ході відкачування S_1, S_2). Спостережні свердловини №№1 та 2 розташовані від дослідної на відстані 20м та 50м, відповідно.

Дебіт дослідної свердловини змінюється в ході досліджу та приведений у таблиці 8.2.

Визначити геофільтраційні параметри (T, a, μ^*, K) методами:

1. Простеження в часі;
3. Комбінованим простеженням.

Для виконання роботи будується графік залежності S/Q_i від $\lg(t_{пр})$, де S – зниження напору, Q_i – поточний дебіт, що змінюється в ході досліду, t, t_2, t_n – поточне значення часу в ході досліду, $t_{пр}$ – приведений час досліду.

Для визначення геофільтраційних параметрів використовуються наступні розрахункові формули:

Розрахункова формула для визначення $\lg(t_{пр})$.

$$\lg(t_{пр}) = \frac{Q_1 \cdot \lg(t) \pm \Delta Q_1 \cdot \lg(t - t_2) \pm \dots \pm \Delta Q_n \cdot \lg(t - t_n)}{Q_n}$$

Метод простеження в часі.

Будується графік в координатах: S/Q в залежності від $\lg(t_{пр})$.

$$T = \frac{0.183}{C_t}, \lg a_{II} = 2 \lg r - 0.35 + \frac{A_t}{C_t}, \mu^* = T / a_{II};$$

Метод простеження по площі.

Будується графік в координатах: S/Q в залежності від $\lg(r)$.

$$T = \frac{0.366}{C_r}, \lg a_{II} = \frac{2A_r}{C_r} - 0.35 - \lg t_{пр}, \mu^* = T / a_{II};$$

Метод комбінованого простеження:

Будується графік в координатах: S/Q в залежності від $\lg(t_{пр}/r^2)$.

$$T = \frac{0.183}{C_k}, \lg a_{II} = \frac{A_k}{C_k} - 0.35, \mu^* = T / a_{II}$$

Таблиця 8.1

Результати кушового відкачування

Радіус r, м	20	50
Час заміру, t	S1,м	S2,м
5 хв.	0	0
10 хв.	0,23	0
20 хв.	0,43	0
30 хв.	0,56	0
1 год.	0,78	0,22
2 год.	1,05	0,42
4 год.	1,33	0,65
8 год.	1,6	0,87
16 год.	0,99	0,72
1 доба	0,86	0,62
1,5 доби	2,6	1,64
2 доби	2,89	1,92
2,5 доби	1,89	1,62
3 доби	1,82	1,34
3,5 доби	1,82	1,34
4 доби	1,84	1,34
4,5 доби	1,85	1,36
5 діб	1,86	1,37
6 діб	1,89	1,4
7 діб	1,91	1,44
8 діб	1,95	1,47

Характер зміни дебіту в ході дослідження приведений у таблиці 8.2

Таблиця 8.2

Зміна дебіту в ході відкачування

t, доба	Дебіт м ³ /добу
0-0,5	1500
0,5-1	500
1-2	2000
>2	1000

Практична робота №9

Тема: Визначення розрахункових фільтраційних (геофільтраційних) методом моделювання

Мета: ознайомлення з використанням математичного моделювання фільтрації для визначення геофільтраційних параметрів

Для виконання практичної роботи використовується програмний засіб Processing Modflow (порядок роботи розглядався в курсі «Гідрогеологічне моделювання»).

Вихідні дані для виконання практичної роботи №9

Визначити геоефільтраційні параметри напірного водоносного горизонту із застосуванням методу моделювання за такими даними:

Пласт напірний. Водовмісна порода - пісок середньозернистий. Коефіцієнт фільтрації 3 м/добу.

1. Площа, що моделюється - 3000x3000 м

2. Розмір клітинки сітки моделі - 10x10 м.

3. Граничні умови - Межа з постійним напором по контуру моделі.

4. Відмітка верхнього водотривкого шару – 20 м.

5. Відмітка нижнього водотривкого шару – 0 м.

6. Початкова відмітка напору пласта – 25 м.

7. Дослідна свердловина розташована в клітинці сітки з координатами 150,150

8. Координати розташування спостережної свердловини -
 $x=1500$ м, $y=1500$ м

9. Дебіт свердловини - 58 м³/добу

Тривалість відкачування - 30 діб.

Кількість замірів зниження напору (крок по часу) - 39.

Множник – 1.

Таблиця 9

**Результати спостережень за зниженням напору в
спостережній свердловині**

t, долі доби	S, м
0,003472222	0,44
0,006944444	0,47
0,013888889	0,5
0,020833333	0,52
0,041666667	0,55
0,083333334	0,59
0,16666667	0,62
0,3333333	0,65
0,6666667	0,68
1	0,7
2	0,73
3	0,76
4	0,77
5	0,78
6	0,79
7	0,8
8	0,81
9	0,81
10	0,81
11	0,82
12	0,82
13	0,82
14	0,83
15	0,83

Продовження таблиці 9

16	0,83
17	0,83
18	0,83
19	0,83
20	0,84
21	0,84
22	0,84
23	0,84
24	0,84
25	0,84
26	0,84
27	0,84
28	0,84
29	0,84
30	0,84

Координати розташування спостережної свердловини вносяться у програмний засіб Processing Modflow таким чином: Parameters – Boreholes and Observation – Boreholes (рис.4)

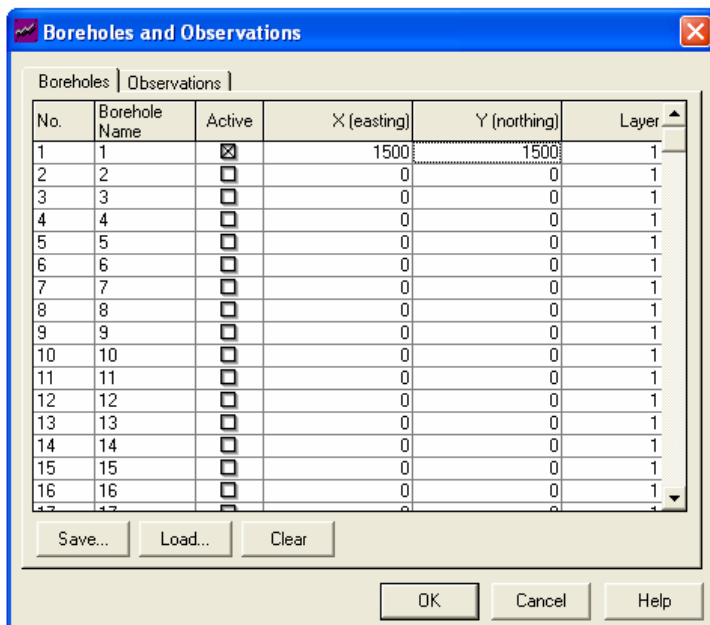


Рис.4. Активація та координати спостережної свердловини.
 Дані таблиці 11 вносяться у програмний засіб Processing Modflow таким чином
 Parameters – Boreholes and Observation – Observation (рис.5).

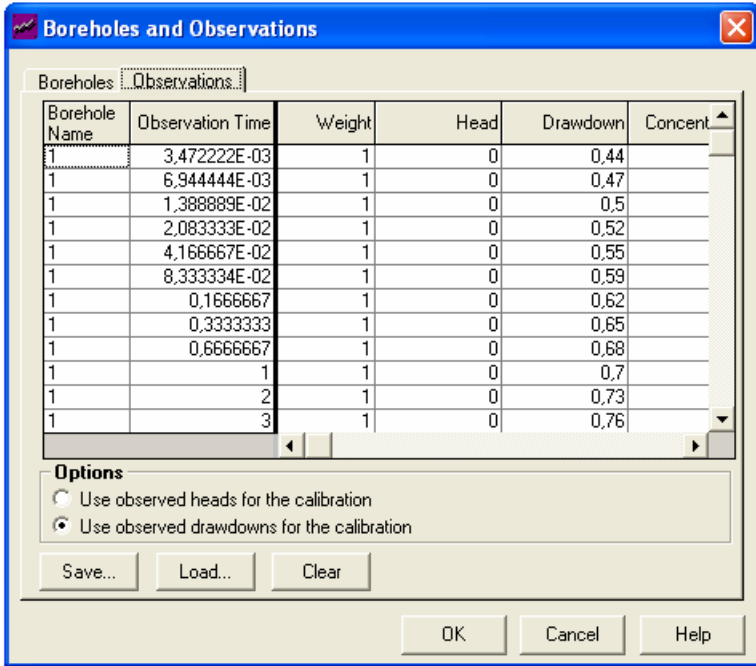


Рис.5. Результати замірів часу (Observation time) та зниження напору (Drawdown) представлені у програмному засобі Processing Modflow.

Розрахунки слід виконувати змінюючи параметри до моменту максимального співпадання на графіку (Tools – Graph – Drawdown-Time у програмному засобі Processing Modflow) теоретичної та емпіричної кривих. Приклад графіку показаний на рис. 6.

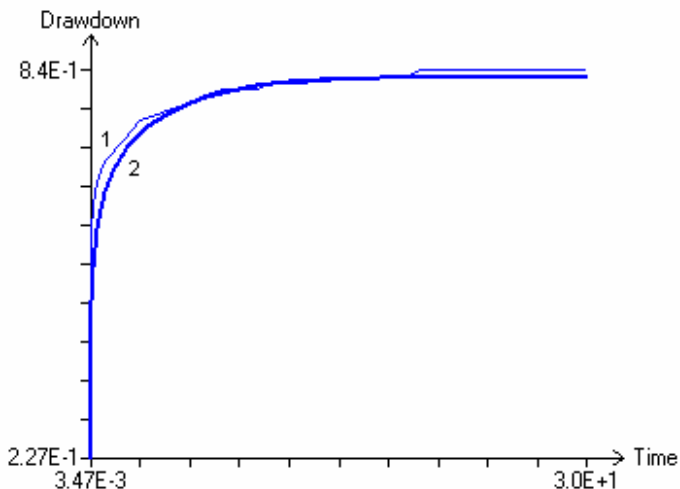


Рис. 6. Теоретична (2) та емпірична (1) крива побудована за результатами моделювання у програмному засобі Processing Modflow.

За результатами моделювання слід визначити:

Коефіцієнт водопровідності.

Коефіцієнт пружної ємності породи - β^* .

Коефіцієнт пружної ємності пласта, враховуючи, що $\mu^* = \beta^* \cdot m$.

Коефіцієнт п'єзопровідності.

Всі отримані результати, вхідні дані, графік слід розмістити у відповідному файлі даних Microsoft Excel згідно з загальними вимогами.

Практична робота № 10

Тема: Визначення коефіцієнту фільтрації за допомогою емпіричних залежностей розрахунку в умовах стаціонарної фільтрації.

Мета: Ознайомлення з емпіричними методами визначення коефіцієнту фільтрації (на прикладі формули В.Д.Бабушкіна).

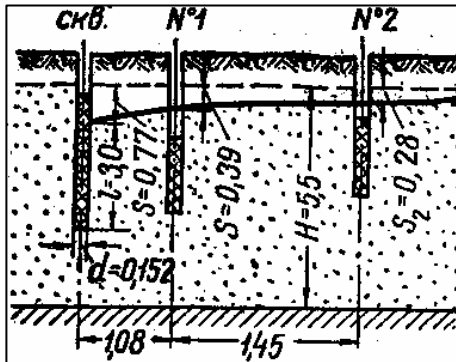
1. Визначити коефіцієнт фільтрації водоносної товщі за формулою В.Д.Бабушкіна

2. Перевірити розрахунки за залежністю В.М.Насберга.

Умови та результати відкачування:

В ході відкачування з недосконалої свердловини при досягнутому усталеному зниженні напорі - 0,77м був отриманий стабільний дебіт - 0,81 л/сек. Радіус впливу свердловини(R) - 100м.

Визначити коефіцієнт фільтрації апробованої піщаної товщі. Інші позначення показані на схемі:



Формула В.Д. Бабушкіна

$$K = 0,366 \cdot \frac{Q}{S} (1/(B + D))$$

$$B = \frac{h1}{\frac{1}{2} \cdot \alpha1 \cdot (2 \cdot \lg(\frac{4h1}{r}) - A1) - \lg(\frac{4h1}{R})}$$

$$\alpha1 = 0,5 \cdot \frac{l}{h1}$$

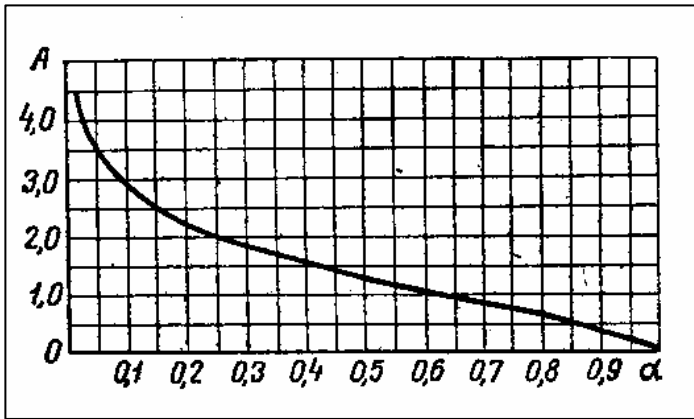
$$D = \frac{h2}{\frac{1}{2} \cdot \alpha2 \cdot (2 \cdot \lg(\frac{4h2}{r}) - A2) - \lg(\frac{4h2}{R})}$$

$$\alpha2 = 0,5 \cdot \frac{l}{h2}$$

h1 - відстань від середини фільтра до статичного рівня

h2 - відстань від середини фільтра до водотривкого шару

Величини A1 та A2 знаходяться по графіку:



Формула В.М.Насберга:

$$K = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot l \cdot (S_1 - S_2)} \cdot \operatorname{arsh}\left(\frac{l}{X_1}\right) - \operatorname{arsh}\left(\frac{l}{X_2}\right) -$$

продовження формули В.М.Насберга

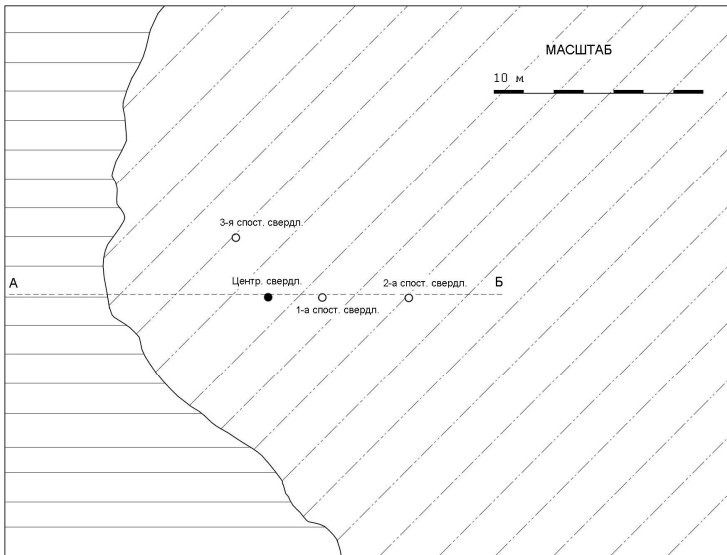
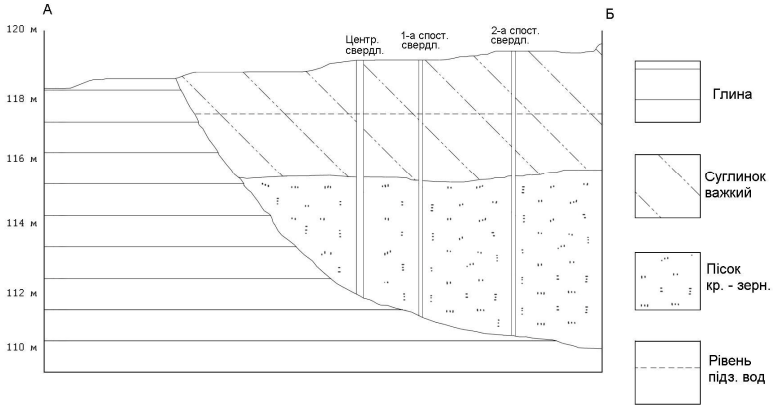
$$\frac{1}{H} \cdot \left(\operatorname{arsh}\left(\frac{H}{X_1}\right) - \operatorname{arsh}\left(\frac{H}{X_2}\right) \right) + \frac{l}{H} \cdot \ln\left(\frac{x_1}{x_2}\right)$$

В наведених формулах дебіт виражений в м³/добу.

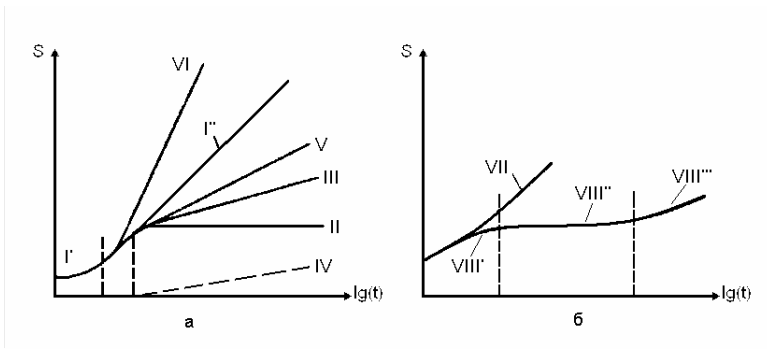
Додатки

1.Схеми до практичної роботи №5

Розріз по лінії А - Б



2. Типові графіки простеження при відкачуванні в різних умовах



а) Напірний пласт: Γ – необмежений напірний ізольований однорідний пласт при експоненціальній залежності (по Тейсу), Γ'' – те ж, при логарифмічній залежності, II – верстуватий пласт з постійним напором у живлячій верстві та однорідний шарі та однорідний обмежений пласт з постійним напором на межі, III – верстуватий пласт із змінним напором у живлячій верстві, IV – графік зниження напору у живлячій верстві, V – верстуватий пласт при стисненні роздільного шару, VI – однорідний пласт з непроникною межею,

б) Безнапірний пласт: VII – однорідний безнапірний пласт при логарифмічній залежності, VIII' – безнапірний пласт при пружно-гравітаційному режимі, VIII'' – несправжній стаціонарний режим VIII''' – гравітаційний режим (2;214).

3. Довідкові матеріали

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів пружної ємності (μ^*) при потужності пласта $m = 20\text{м}$.

(за Ф.М. Бочеве́ром)

Гірська порода	Висока щільність	Середня щільність
Глинистий ґрунт	$(6-7) \cdot 10^{-3}$	$(8-15) \cdot 10^{-3}$
Пісок пилуватий, суглинок	$(14-17) \cdot 10^{-3}$	$20 \cdot 10^{-3}$
Пісок дрібний	$(6-8) \cdot 10^{-3}$	$(8-10) \cdot 10^{-3}$
Пісок серньозернистий. та гравелистий	$(4-5) \cdot 10^{-3}$	$(7-8) \cdot 10^{-3}$
Галечно-гравійні відклади	$(3-4) \cdot 10^{-3}$	—
Вапняк ($n=0,1$)	$(1,25-1,4) \cdot 10^{-5}$	—
Вапняк ($n=0,05$)	$(0,8-6,85) \cdot 10^{-5}$	—
Вивержені породи ($n=0,01$)	$(0,2-0,35) \cdot 10^{-5}$	—

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів водопровідності (T),
 рівнепровідності (a_p), при потужності пласта $m = h_{\text{сер}} = 20\text{м}$
 (за Ф.М.Бочеве́ром)*

Гірська порода	Безнапірний пласт	
	T , м ² /добу	a_p , м ² /добу
Суглинок	0.2 – 10	4 – 200
Пісок пилюватий, супісок	2 – 20	20 - 200
Пісок дрібний	20 – 100	$(0,2 - 1) \cdot 10^3$
Пісок середньозерн. та гравелистий	100 – 600	$(0,5 - 3) \cdot 10^3$
Піщано-гравійні відклади	200 – 4000	$(1 - 2) \cdot 10^4$
Вапняк ($n=0,1$)	400 – 1000	$(0,4 - 1) \cdot 10^4$
Вапняк ($n=0,05$)	200 – 400	$(0,4 - 1) \cdot 10^4$
Вивержені породи ($n=0,01$)	20 – 100	$(0,2 - 1) \cdot 10^4$

* n – пористість.

Таблиця 3

Значення коефіцієнтів водопровідності (T),
 п'єзопровідності (a_n) при потужності пласта $m = h_{\text{сеп}} = 20\text{м}$
 (за Ф.М.Бочеве́ром)*

Гірська порода	Напірний пласт	
	$T, \text{м}^2/\text{добу}$	$a_n, \text{м}^2/\text{добу}$
Суглинок	0.1 – 10	20 – 80
Пісок пилюватий, супісок	2 – 20	100 - 1000
Пісок дрібний	20 – 100	$(0,25 - 1,25) \cdot 10^4$
Пісок середньозерн. та гравелистий	100 – 600	$(0,15 - 1) \cdot 10^5$
Піщано-гравійні відклади	2000–4000	$(0,5 - 1) \cdot 10^6$
Вапняк ($n=0,1$)	400 – 1000	$(3 - 8) \cdot 10^7$
Вапняк ($n=0,05$)	200 – 400	$(2,5 - 5) \cdot 10^7$
Вивержені породи ($n=0,01$)	20 – 100	$(0,8 - 4) \cdot 10^7$

* n – пористість.

Таблиця 4

Значення коефіцієнту гравітаційної водовіддачі

Гірська порода	μ
Суглинок	0,01 – 0,1
Пісок пилюватий, супісок	0,05 – 0,15
Пісок дрібний	0,1 – 0,2
Пісок середньозернистий та дрібнозернистий	0,2 – 0,3
Вапняк	0,005 – 0,1
Сланець, пісковик, вивержені породи	0,001 – 0,02

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1.Боревский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. – М.: Недра, 1979. – 326 с.
- 2.Жернов И.Е. Динамика подземных вод. – Киев, Вища Школа, 1982. – 323с.
- 3.Кошляков О.Є., Мокієнко В.І. Практикум з динаміки підземних вод. – ВПЦ «Київський університет, 2005. – 75с.
- 4.Корнеєнко С.В. Методика гідрогеологічних досліджень – ВПЦ «Київський університет, 2001. – 68с.
- 5.Синдаловский Л.Н. Справочник аналитических решений для интерпретации опытно-фильтрационных опробований. – Издательство Санкт-Петербургского университета. 2006. – 770с.
- 6.Скабалланович И.А. Гидрогеологические расчеты. – Москва, Углетехиздат, 1954.–388с.
- 7.Скабалланович И.А. Гидрогеологические расчеты. – Москва, Государственное научно-техническое издательство литературы по горному делу. 1960.–407с.
- 8.Техника проведения и методика обработки опытно-фильтрационных работ / Под ред. В.М.Шестакова и Д.Н.Башкатова. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1969.
- Шестаков В.М., Мироненко В.А. Теория и методы интерпретации опытно-фильтрационных работ. – М.: Недра, 1978.