

ОСНОВНІ ПИТАННЯ МЕТОДИКИ
ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДНИХ РОБІТ
І РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЇХНЬОЇ
ПОСТАНОВКИ

План

1. ОСНОВНІ ПИТАННЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ВІДКАЧУВАНЬ.

2. РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОСТАНОВКИ ДОСЛІДНИХ РОБІТ:

- вибір виду відкачування;
- вибір місця розташування й схеми; дослідного куща;
- схема дослідного куща;
- кількість свердловин у дослідному кущі;
- розміщення збурюючих і спостережних свердловин;
- характер і ступінь збурювання;
- тривалість збурювання.

3. ОСОБЛИВОСТЬ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВІДКАЧУВАНЬ (випусків).

ОСНОВНІ ПИТАННЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ВІДКАЧУВАНЬ

Методика дослідних робіт у загальному випадку визначається трьома основними факторами:

- 1) призначенням дослідних робіт;
- 2) стадією гідрогеологічних досліджень;
- 3) гідрогеологічними умовами родовища підземних вод.

Рекомендації для постановки дослідів з врахуванням досягнень у цій області містяться в роботах Ф. М. Бочевера, М.М Веригіна, М.А Скабаллановича, В, М. Шестакова, Л. С. Язвина, Б. В. Боревського.

**РЕКОМЕНДАЦІЇ
З ПОСТАНОВКИ ДОСЛІДНИХ РОБІТ**

Вибір виду відкачки

Вибір виду відкачки — пробна, дослідна одиночна, кущова або групова, дослідно-експлуатаційна — визначається призначенням відкачки й стадією пошуково-розвідувальних робіт, а також гідрогеологічними умовами родовища підземних вод.

Пробні відкачки проводяться на всіх стадіях гідрогеологічних досліджень. На стадії пошуків їхньою основною метою є одержання порівняльної характеристики фільтраційних властивостей шару на окремих ділянках поширення водоносного горизонту і якості підземних вод, а також для визначення вільної або п'єзометричної поверхні підземних вод. На стадіях попередньої й детальної розвідки пробні відкачки проводяться із всіх розвідувальних і розвідувально-експлуатаційних свердловин для попереднього визначення можливої продуктивності свердловин.

Одиночні дослідні відкачки проводяться тільки на стадії детальної розвідки з розвідувальних і розвідувально-експлуатаційних свердловин, коли необхідно визначити залежність між дебітом свердловини й зниженням рівня в ній. Такі відкачки варто проводити головним чином при застосуванні гідравлічного методу оцінки експлуатаційних запасів, якщо наявне в розпорядженні гідрогеологів-розвідників насосне устаткування не може забезпечити одержання проектного дебіту.

Дослідні кушові відкачки проводяться на стадіях попередньої й детальної розвідок, головним чином для визначення розрахункових гідрогеологічних параметрів і оцінки граничних умов, у тих випадках, коли при відкачці з однієї свердловини не вдається домогтися досить надійних для наступної інтерпретації знижень рівня (у зв'язку з високою водопровідністю водоносних горизонтів), проводиться групова відкачка.

Дослідно-експлуатаційна відкачка з однієї або декількох свердловин проводиться тільки на стадії детальної розвідки в складних гідрогеологічних умовах для визначення дослідним шляхом можливої продуктивності водозабору або встановлення закономірності зміни рівнів при експлуатації.

Вибір місця розташування й схеми дослідного куща

1. Дослідні кущі доцільно розташовувати на ділянках проєктованих водозаборів так, щоб одержати по можливості повну характеристику в першу чергу площі майбутнього водозабору й найближчих до неї ділянок водоносного горизонту.
2. Якщо за умовами закладення проєктованого водозабору можна уникнути впливу границь, при розміщенні збурюючих і спостережних свердловин дослідного куща варто користуватися площинними критеріями. Вплив границі, незалежно від її природи, можна вважати несуттєво малим протягом часу $t > t_k$, якщо далека спостережна свердловина розташовується від збурюючої на відстані $r < 0,5l$ (де l — відстань до границі).
3. Якщо конфігурація границі відома детально, припустиме більше віддалення спостережних свердловин: у паралельному промені $r < 0,6l$, у внутрішньому промені $r < 0,8l$. Таке віддалення дозволяє використовувати крайні спостережні свердловини для визначення параметрів способом простеження по площі. Для контролю необхідно мати в дослідному кущі дві-три спостережні свердловини, розташовані від збурюючих на відстань $r < 0,5l$, (де l — відстань до межі) по яких можливе визначення параметрів простеженням у часі.

Схема дослідного куща

- Складання схеми дослідного куща полягає в обґрунтуванні кількості збурюючих і спостережних свердловин і їхнього взаємного розташування в плані й у розрізі водоносного горизонту.
- Під зразковою схемою дослідного куща, що використовується для визначення параметрів, розуміється така кількість свердловин і таке їхнє взаємне розташування, які при ступені збурювання, забезпечують зниження $S_0 = 3-4$ м у збурюючих свердловинах і при тривалості збурювання 5-10 діб забезпечували б представницьке охоплення створеної депресійної воронки так, щоб різниця зниження в сусідніх й зниження в найбільш віддалених спостережних свердловинах значно перевищували б точність вимірів рівня підземних вод (складаючи не менш 20-30 см). Необхідно, щоб така схема куща дозволяла застосувати способи часового й площинного простеження для обробки дослідних даних.
- Для цього доцільно розташовувати спостережні свердловини рівномірно в логарифмічному масштабі.

Схеми дослідних кущів

Рис. 77. Схеми опытных куств для определения параметров в неограниченном пласте (а) и ограниченном пласте со сложной (б) и простой (в) конфигурацией границы.

Пример расчета в неограниченном пласте: $h=20$, $\lambda=4$, $r_1=14$, $r_2=21$, $r_3=32$, $r_4=47$, $r_5=71$, $r_6=106$ м

$$r_n = r_1 \cdot \alpha^{n-1}$$

Напорный пласт	Безнапорный пласт
$r_1 = (0,7 \div 1) m$	$r_1 = (0,7 \div 1) h$
$m \leq 200$ м	$h \leq 90$ м
$\alpha = 2,5$	$\alpha = 1,5$
$\lambda = 0,5 r_1$	$\lambda = 0,3 r_1$
$Q_1 > Q_2 > Q_3$	

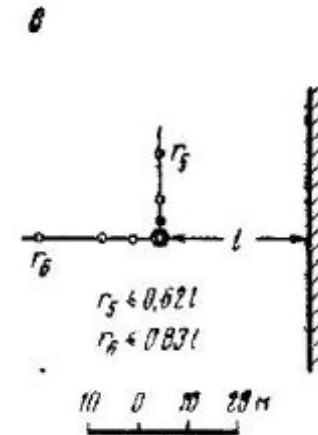
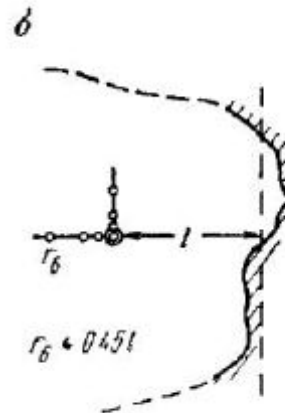
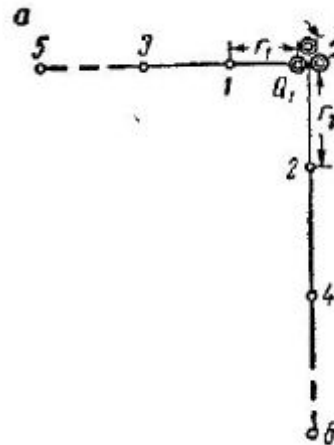


Рис. Схеми дослідних кущів для визначення параметрів у необмеженому шарі (а) і обмеженому шарі зі складної (б) і простої (в) конфігурацією границь.

Кількість свердловин у дослідному куці

Якщо виходити тільки з технічних прийомів обробки дослідних даних, то визначення основних розрахункових параметрів можливо при одній, а з необхідністю контролю — із двома спостережними свердловинами.

Але це було б можливо при ідеально однорідному водоносному горизонті. В дійсності такі випадки надзвичайно рідкі, крім того, судити про ступінь складності умов апробованої ділянки можна в основному тільки після завершення дослідних робіт.

З огляду на це, необхідно, щоб мінімальна кількість спостережних свердловин навіть у відносно простих умовах при визначенні основних розрахункових параметрів давала б можливість найпростішого осереднення й контролю обумовлених величин.

Отже, мінімальна кількість спостережних свердловин у дослідному куці повинне бути не менш трьох.

І тільки у досить однорідних шарах (при коефіцієнті варіації $v = 30-40\%$) можна обмежитися двома спостережними свердловинами з використанням надалі для визначення водопровідності формули Дюпюї.

Необхідна кількість свердловин більше мінімальної буде залежати:

- 1) від ступеня складності природних умов у відношенні до інтерпретації дослідних даних;
- 2) від призначення дослідних куштів;
- 3) від глибини залягання випробуваного горизонту.

Відносно складності природних умов при визначенні параметрів виділяються прості й складні для інтерпретації випадки.

До простих можна віднести дослідні ділянки:

- у однорідних напірних шарах умовно необмежених у межах тривалості дослідів й при положенні спостережних свердловин за межами зони при свердловинних перешкодах.
- в умовах обмежених пластів, коли спостережні свердловини розташовані в нейтральній зоні щодо граничних перешкодах.
- в умовах в складно-шаруватих товщ при досконалому розкритті їх збудуючими та спостережними свердловинами.

Складними для інтерпретації вважаються всі ті випадки, при яких представницькі ділянки дослідних закономірностей є асимптотичними та проявляються із запізнюванням, причому сам факт і величина запізнювання не прогнозовані.

Сюди відносяться ділянки:

- у безнапірних водоносних горизонтах,
- в напірних та безнапірних тріщинуватих водоносних горизонтах.
- в умовах шаруватих товщ, при наявності чи відсутності поділяючих слабо проникних прошарків
- при наявності та відсутності поділяючих слабо проникних прошарків, але при відчутному ефекті перетікання, що проявляється за час, порівнянний із тривалістю дослідного збурювання.

Найбільш складними для інтерпретації є результати випробування тріщинно-карстових водоносних горизонтів.

Спосіб спостережні в цьому випадку найчастіше виявляється непридатним, тому єдиним способом контролю при визначенні коефіцієнта водопровідності є перевірка стабільності параметрів, розрахованих по часових та площинних графіках. Для цього буває необхідна деяка вибірка до 10 окремих значень

Кількість спостережних свердловин залежить також від призначення дослідного куща.

Якщо результати кущового дослідження використовуються для прогностичного розрахунку гідродинамічним методом, спостережних свердловин повинно бути більше, для підрахунку гідравлічним методом – менше.

Максимальним повинна бути кількість спостережних свердловин у кущах, призначених для вивчення умов ділянки майбутнього водозабору і меншим у дослідних кущах, призначених для інших цілей, наприклад, для вивчення граничних умов.

Має значення також і стадія дослідження: при виконанні дослідних робіт на детальній стадії призначається максимальне для даних умов кількість спостережних свердловин у порівнянні зі стадією попередньої розвідки.

Кількість спостережних свердловин залежить від глибини залягання водоносного горизонту. При більших глибинах (150—300 м) ця кількість не повинна перевищувати мінімально необхідну для даних умов, у той час як при малих глибинах припустима кількість більше мінімально необхідної.

Розміщення збурюючих і спостережних свердловин

У розміщенні свердловин дослідного куща як для визначення параметрів, так і для вивчення граничних умов треба притримуватись традиційної променевої системи.

Кількість променів і вибір їхнього напрямку залежить від складності умов апробованої ділянки, призначення дослідного куща, кількості спостережних свердловин, схеми проектованого водозабору.

Залежно від цього можуть бути одно- дво- і трьохпроменеві дослідні кущі. Двопроменеві кущі варто задавати при випробуванні анізотропних водоносних горизонтів з напрямком променів по передбачуваних осях анізотропії.

При цьому напрямок променів визначається зацікавленістю в інформації про границі. Якщо така інформація необхідна або бажана, один промінь орієнтується паралельно, другий перпендикулярно до границі (промінь зустрічний).

Якщо вплив границі небажаний, задається промінь паралельний до границі (промінь внутрішній).

При малій кількості спостережних свердловин задається один промінь. Кількість і орієнтування променів повинні бути вв'язані з розрахунковою схемою водозабору.

Збурюючі свердловини, повинні бути розташовані у вершині одного або декількох променів.

Оскільки залежність зниження від відстані є логарифмічною, то відстань спостережних свердловин від збурюючих повинна забезпечувати рівність відстаней між ними в логарифмічному масштабі.

Перераховані вимоги можуть бути дотримані, якщо розміщувати спостережні свердловини за правилом геометричної прогресії.

Тоді відстань від збурюючої до відповідної спостережної свердловини (r_n), незалежно від кількості променів і їх орієнтування можна визначити по наступній напівемпіричній формулі:

$$r_n = r_1 \cdot \alpha^{n-1}$$

де r_1 – відстань до найближчої спостережної свердловини; α – емпіричний коефіцієнт, прийнятий для безнапірних горизонтів рівним 1,5 і для напірних 2,5; n — порядковий номер спостережної свердловини. Нумерація виконується в зростаючому порядку в напрямку від збурюючої свердловини, а при декількох променях у дослідному куці виконується так, що свердловини з непарними номерами розміщені в одному, а з парними — в іншому промені.

Виходячи із заданих умов, відстані до найбільш віддалених спостережних свердловин у безнапірних не повинні перевищувати 150 м, а у напірних водоносних горизонтах – 1500м

Характер і ступінь збурювання

Характер збурювання

Характер збурювання визначає спосіб обробки й інтерпретації дослідних даних. Питання р необхідній кількості ступенів дебіту для встановлення цієї залежності докладно розглянутий у дослідженнях Л.С. Язвіна. Зокрема, у водоносних горизонтах, приурочених до зернистих відкладів, число ступенів дебіту не повинне перевищувати двох. У безнапірних горизонтах, приурочених до тріщинуватих порід, відкачування варто провести із трьома ступенями дебіту.

У тих випадках, коли необхідний ступінь збурювання не досягається одиночним, роблять групове збурювання декількома свердловинами. Для забезпечення умови сталості дебіту групова відкачка повинна бути компактною та синхронною.

При груповому збурюванні необхідно забезпечувати компактність у розташуванні збурюючих свердловин, і синхронність у їх роботі. У всіх випадках необхідно уникати нерегулярних коливань дебіту, оскільки погрішності» пов'язані із цим явищем, практично непереборні.

Ступінь збурювання

Ступінь збурювання поряд з його тривалістю визначає розміри фіксованої частини депресійної воронки й величину напірного градієнта в її межах.

Під необхідним ступенем збурювання розуміється, зокрема, такий дебіт відкачки (випуску), що забезпечує в збурюючих свердловинах зниження $S = 3$ м при випробуванні безнапірних і $S = 4$ м е випробуванні напірних водоносних горизонтів. Таке зниження при тривалості збурювання 5-10 діб й рекомендованій схемі куща забезпечує різницю знижень у сусідніх спостережних свердловинах і зниження в найбільш віддаленій з них не менш 20 см.

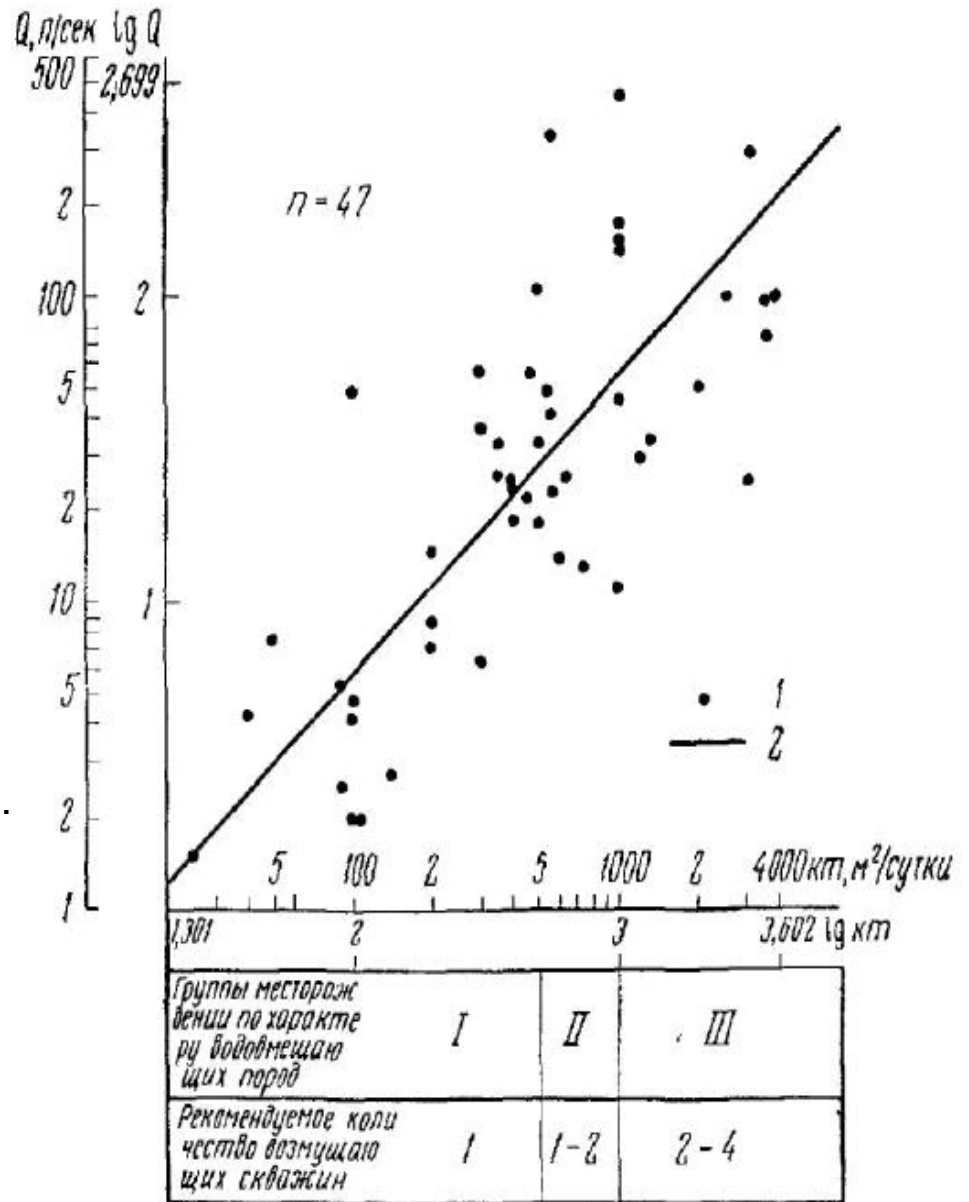
Виходячи зі зниження, що рекомендується, у збурюючих свердловинах і зазначеній зразковій тривалості збурювання, можна оцінити необхідний дебіт відкачок у найпоширенішому діапазоні значень коефіцієнта водопровідності.

- Результати визначень показані на рис у вигляді графіка залежності $\lg(Q) - f(\lg(Km))$. (див. рис.↓).
- ..

Рис. Графік практичного та рекомендованого ступеню збурення в залежності від коефіцієнта водопровідності.

I – піски та слабкі піщаники дочетвертинних відкладів,
 II – піски алювіально-пролювіальних відкладів четвертинного віку, тріщинувато- порові горизонти з дрібним розсіяним карстом;
 III - галечники та гравійно-галечникові відклади,
 тріщинно-карстові водоносні горизонти.

1 – точки практичних значень дебіту,
 2 – розрахунковий графік рекомендованих значень дебіту для забезпечення $S_0=3\text{м}$ в безнапірних пластах та $S_0=4\text{м}$ у напірних водоносних пластах



Тривалість збурювання

Тривалість відкачок визначається їхнім призначенням і гідрогеологічними умовами, але, як правило, не повинна перевищувати 1—2 доби.

При необхідності відновлення фільтраційних властивостей горизонту (розглинизації) ця тривалість може бути збільшена.

Таку ж тривалість можна прийняти при проведенні дослідних одиночних відкачок.

Значно більшою тривалістю характеризуються дослідні кущові відкачки (10-15 діб), а особливо дослідно-експлуатаційні відкачки, що пов'язано із завданнями, які розв'язуваними цими видами дослідних робіт.

Тривалість збурювання при несталому режимі фільтрації визначає розміри депресійної воронки, а тим самим і масштабність випробування. Отже, чим триваліше збурювання, тим більший обсяг інформації містять результати дослідів.

У межах відрізка часу, порівнянного із практичною тривалістю збурювання, більш пізні ділянки дослідних закономірностей більше доступні для інтерпретації, ніж початкові.

- З огляду на вартість дослідів, тривалість дослідного збурювання не повинна бути надмірною, але раціональною й обґрунтованою для вирішення поставлених завдань. Питання полягає в обґрунтуванні раціональної тривалості збурювання.
- **Під раціональною розуміється така тривалість дослідного збурювання, що при рекомендованій схемі, дослідного куща, характері й ступені збурювання гарантує одержання регулярної, порівняно легко інтерпретованої дослідної закономірності зміни рівня.**

Тривалість збурювання при випробуванні зернистих напірних водоносних горизонтів для визначення основних параметрів

Кінцевою метою дослідного збурювання в зернистому напірному горизонті є досягнення квазістаціонарного режиму в найбільш віддаленій свердловині дослідного куща. Контрольний час настання квазістаціонарного режиму визначається з можливості заміни експонентної функції зниження логарифмічну при значенні аргументу $r^2/4at < 0,1$. Погрішність такої апроксимації складе 5,7%.

Обмеження тривалості збурювання величиною контрольного часу для далекої спостережної свердловини допускає можливість спостережні при декількох моментах часу. Наприклад, якщо момент раннього простежування прийняти рівним $0,5t$ тобто $r^2/4at < 0,2$ по далекої спостережній свердловині, то погрішність апроксимації не перевищує 15% в одній, далекої точці, що практично не відіб'ється на формі площинного графіка.

Виходячи з умови одержання фіксованого зниження в найбільш віддаленій спостережній свердловині, відстань до її обмежується $r < 1500$ м. Звідси тривалість збурювання при найбільше що найбільш часто зустрічається у діапазоні значень п'єзопровідності складе 6 – 11 діб.

Тривалість збурювання при випробуванні зернистих безнапірних водоносних горизонтів для визначення основних параметрів

- Кінцевою метою дослідного збурювання в безнапірному зернистому, як і в напірному водоносному горизонті, є досягнення квазістаціонарного режиму в найбільш віддаленій спостережній свердловині дослідного куща.
- Тривалість збурювання, рівна контрольному часу для найбільш віддаленої спостережної свердловини при випробуванні безнапірних водоносних горизонтів, є необхідною, але недостатньою, оскільки квазістаціонарна ділянка дослідної закономірності може проявлятися з відчутним запізнюванням внаслідок імовірного прояву ефекту Болтона.
- Але запізнювання квазістаціонарної ділянки є величиною аналітично не прогнозованою. Однак відомо, що величина запізнювання прямо пропорційна далекості спостережної свердловини від збурюючої, а отже, вона обернено пропорційна й величині контрольного часу.
- Величина запізнювання в найбільш віддаленій свердловині дослідного куща значно менше контрольного часу, й у розглянутих прикладах не перевищує двох діб, тобто є досяжною тривалості збурювання.
- Безпосередньою ознакою необхідної й достатньої тривалості дослідного збурювання буде вихід комбінованих графіків декількох свердловин на загальну асимптоту,

Тривалість збурювання при випробуванні тріщинуватих напірних і безнапірних водоносних горизонтів для визначення основних параметрів

У тріщинуватих фільтраційних при практичній середовищах запізнювання квазістаціонарних ділянок дослідних закономірностей пов'язане з ефектом подвійної пористості.

Як і при ефекті Болтона, величина запізнювання квазістаціонарної ділянки при ефекті подвійної пористості аналітично не прогнозована, але в більшості випадків досяжна практичною тривалістю дослідного збурювання.

Безпосереднім показником необхідної й достатньої тривалості дослідного збурювання буде вихід комбінованих графіків різновіддалених спостережних свердловин на загальну асимптоту.

В таких випадках необхідна й достатня тривалість дослідного збурювання визначається контрольним часом для найбільш віддаленої спостережної свердловини дослідного куша. Як і для зернистих водоносних горизонтів, приблизна тривалість збурювання буде порядку 10 діб.

При помітному запізнюванні представницьких ділянок тривалість дослідного збурювання повинна бути збільшена на величину цього запізнювання. З врахуванням деякого запасу приблизна тривалість дослідного збурювання при випробуванні тріщинуватих водоносних горизонтів складе 13-5 діб

Тривалість дослідних відкачок для оцінки ступеня взаємозв'язку поверхневих і підземних вод

Найбільш надійні дані для оцінки ступеня взаємозв'язки підземних і поверхневих вод і для визначення гідравлічного опору руслових відкладень можуть бути отримані тільки при стаціонарному режимі руху підземних вод,

Час стабілізації руху визначається відстанню від центральної свердловини до ріки, коефіцієнтом рівнепровідності апробованого горизонту, його водопровідністю й коефіцієнтом опору замуленого екрануючого шару.

Для скорочення тривалості відкачки на цій стадії бажано проводити на невеликих відстанях від річки (до 20—30 м), тому, що при такому положенні збурюючої свердловини можна чекати стабілізацію режиму протягом 10 – 15 діб.

Тривалість дослідних відкачок для оцінки взаємодії водоносних горизонтів у двошаровій і багат шаровій товщах

Тривалість дослідних відкачок у двошаровій товщі визначається часом, при якому можуть бути зафіксовані значні зниження рівня у верхньому живлячому шарі. Найбільше часто у двошаровій водоносній товщі верхній водоносний горизонт представлений пісками, що мають порівняно високу водовіддачу (0,1 – 0,15) і являються цілком проникними (коефіцієнти фільтрації 0,1 – 1м/доба). У цих умовах тривалість дослідних відкачок порядку 10 – 15 діб є цілком достатньою для якісної оцінки ступеня взаємозв'язку між водоносними горизонтами.

При рекомендованій тривалості по викладеній методиці можна визначити всі необхідні параметри як при наявності кінцевих ділянок часових закономірностей зміни рівня, так і при їхній відсутності.

У несприятливих випадках, при проникності верхнього водоносного горизонту 10^{-2} - 10^{-3} м/доба, тривалість відкачок повинна бути збільшена до 20-30 діб.

Особливості проведення дослідно-експлуатаційних відкачок (випусків)

- Дослідно-експлуатаційні відкачки проводяться в складних гідрогеологічних умовах, коли граничні умови родовища й характер неоднорідності не можуть бути чітко встановлені звичним комплексом розвідувальних робіт і представлені потім у вигляді тієї або іншої фільтраційної схеми, що може бути розрахована аналітично, на ЕОМ або реалізована на моделі.
- Витрата дослідно-експлуатаційної відкачки по можливості підбирається близькою до витрати проектного водозабору, що звичайно досяжно на невеликих родовищах підземних вод з високими фільтраційними властивостями водовмісних порід.
- Дослідно-експлуатаційні відкачки часто проводяться на ділянках з обмеженими природними ресурсами.
- Тоді їх доцільно проводити при двох ступенях збурювання, що різняться приблизно в 2—2,5 рази та бажано підтримувати постійна витрата в процесі кожного щабля.

- Збурюючи розвідувальні та розвідувально-експлуатаційні свердловини мають бути розташовані в точках майбутніх експлуатаційних свердловин.
- Відстані між збурюючими свердловинами, повинні вибиратися з урахуванням можливості досягнення їх взаємодії.
- Схема розташування спостережних свердловин вибирається в кожному конкретному випадку з урахуванням кількості й місця розташування збурюючих свердловин та гідрогеологічної обстановки в межах апробованої ділянки.
- У загальному випадку доцільно мати спостережну свердловину біля кожної збурюючої та між ними.
- Промені із двох-чотирьох спостережних свердловин повинні бути спрямовані убік виявлених і передбачуваних границь ділянки.

- Тривалість дослідно-експлуатаційного збурювання визначається на основі таких вимог:
 1. У всіх збурюючих і спостережних свердловинах повинен бути досягнутий квазістаціонарний режим зміни рівня. Виключення можуть становити лише віддалені спостережні свердловини;
 2. Квазістаціонарний режим повинен бути досягнутий із врахуванням взаємодії всіх збурюючих свердловин. Це умова виконується при паралельності графіків зміни рівня в часі по всіх свердловинах у центральній зоні дослідного куща, побудованим у координатах $S - \lg(t)$, або інших координатах, що забезпечують прямолінійний характер графіків.
 3. В процесі відкачки в закономірності зміни рівня повинні знайти відбиття всі найближчі до дослідного куща виявлені й передбачувані границі.
- У практиці проведення розвідувальних гідрогеологічних вишукувань тривалість таких відкачок звичайно один-три місяці, рідко п'ять-сім місяців і більше, У полосоподібних і кругових пластах тривалість дослідно-експлуатаційних відкачок, як правило, не повинна перевищувати трьох-чотирьох місяців.