

ОБРОБКА Й ІНТЕРПРЕТАЦІЯ
РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДНИХ РОБІТ
З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ
ДІЮЧИХ ГРАНИЦЬ
(частина 1)

Природа меж водоносного пласта

Природа меж визначається реальною гідрогеологічною обстановкою:

1. Наявністю тектонічних чи літологічних контактів з непроникними, або слабо проникними породами;
2. Наявністю гідравлічного зв'язку з поверхневими водотоками чи водоймами.
3. Наявністю “меж неоднорідності” в масивах водоносних пластів.
4. Наявністю локалізованих ділянок розвантаження.

Характер прояву аномальності

Контакти з непроникними, або слабо проникними породами являються чинниками негативних аномалій, що на графіках часового простеження виражаються збільшенням темпу зниження чи відновлення рівня.

Гідравлічний зв'язок з поверхневими водотоками та водоймами виражається в позитивних аномаліях, при яких зменшується темп зниження чи підвищення рівня в часі.

Аналогічним за характером аномальності є дія меж неоднорідності – між водоносними породами з різною водопровідністю та водовіддачею. В залежності від співвідношення цих показників на межі дослідної ділянки та контактуючої зони виникають як позитивні, так і негативні аномалії.

Особливості обробки дослідної інформації в обмежених пластах

Необхідно розшифрувати аномалії на графіках простеження. Для розшифровки аномалій істотне значення має положення, збурюючих та спостережних свердловин відносно меж пласта:

– при положенні спостережної свердловини на межі або в безпосередній близькості від неї дослідна закономірність зниження або підвищення рівня несе інформацію про вплив межі та фільтраційні властивості пласта;

– якщо дослідна і спостережна свердловини розташовані досить далеко від межі, то закономірність зміни рівня несе інформацію тільки про фільтраційні та ємнісні властивості пласта.

Між цими крайніми варіантами може існувати цілий ряд проміжних, коли в одній і тій же дослідній закономірності ділянки відповідають цим крайнім варіантам з перехідними відрізками кривої, протяжність яких по часу буде залежати від конкретного положення збурюючої та спостережної свердловини відносно меж пласта.

Основне завдання обробки дослідної інформації

Визначення емпіричної закономірності зміни рівня або розрахункових параметрів по залежностям, що враховують вплив різних непроникних і слабо проникних границь, або границь постійного напору, а також локалізованих ділянок розвантаження підземних вод

Особливості на межах локалізованих ділянок розвантаження

В останньому випадку умови на границі можуть у процесі дослідів змінюватися

Гранична умова I роду ($H = f(t)$, $H = \text{const}$) поступово переходить у границю II роду ($Q = f(t)$, або $Q = \text{const}$).

Характер діючих при відкачках границь визначається реальною гідрогеологічною й геологічною обстановкою:

- Наявність джерел розвантаження підземних вод;
- Вклинювання водоносних та водотривких шарів;
- різкі літологічні контакти;
- наявність екрануючих чи водопровідних розривних порушень та ін.).

Можливість застосування рівняння Тейса та методу Джейкоба

Обробку дослідних даних в умовах впливу границь найбільше доцільно виконувати на основі рівняння Тейса-Джейкоба, перетвореного для відповідних умов, а там де це рівняння неможливо застосувати необхідно використовувати аналогічні графоаналітичні методи, засновані винятково на аналізі дослідних закономірностей зміни рівня.

Класифікація обмежених водоносних пластів відносно характеру границь

1. Ділянки, обмежені непроникними границями:

- одна або дві взаємно пересічні границі (напівобмежений або кутopodobний пласт);
- полосоподібний пласт;
- замкнутий пласт.

2. Ділянки із границями неоднорідності:

- прямолінійна границя розділу;
- кругова границя розділу.

3. Ділянки поблизу локалізованих осередків розвантаження підземних вод.

4. Ділянки в пластах зі складною конфігурацією різнорідних границь.

ДІЛЯНКИ, ОБМЕЖЕНІ
НЕПРОНИКНИМИ ГРАНИЦЯМИ

Одна, або дві взаємо пересічні границі (загальні умови)

Дана група умов містить у собі напівобмежені пласти, пласти-квадранти, а також пласти із границями більш складної конфігурації, коли в процесі дослідження істотно впливають лише одна або дві найближчі границі. Контактуючі породи практично непроникні. Вплив границь у розрахунках, заснований на принципі суперпозиції, звичайно враховується введенням відповідної кількості відображених свердловин однакової інтенсивності.

Відображені свердловини

Загальне правило для визначення числа відображених свердловин залежно від величини кута діючого сектора шару виражається наступною формулою:

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

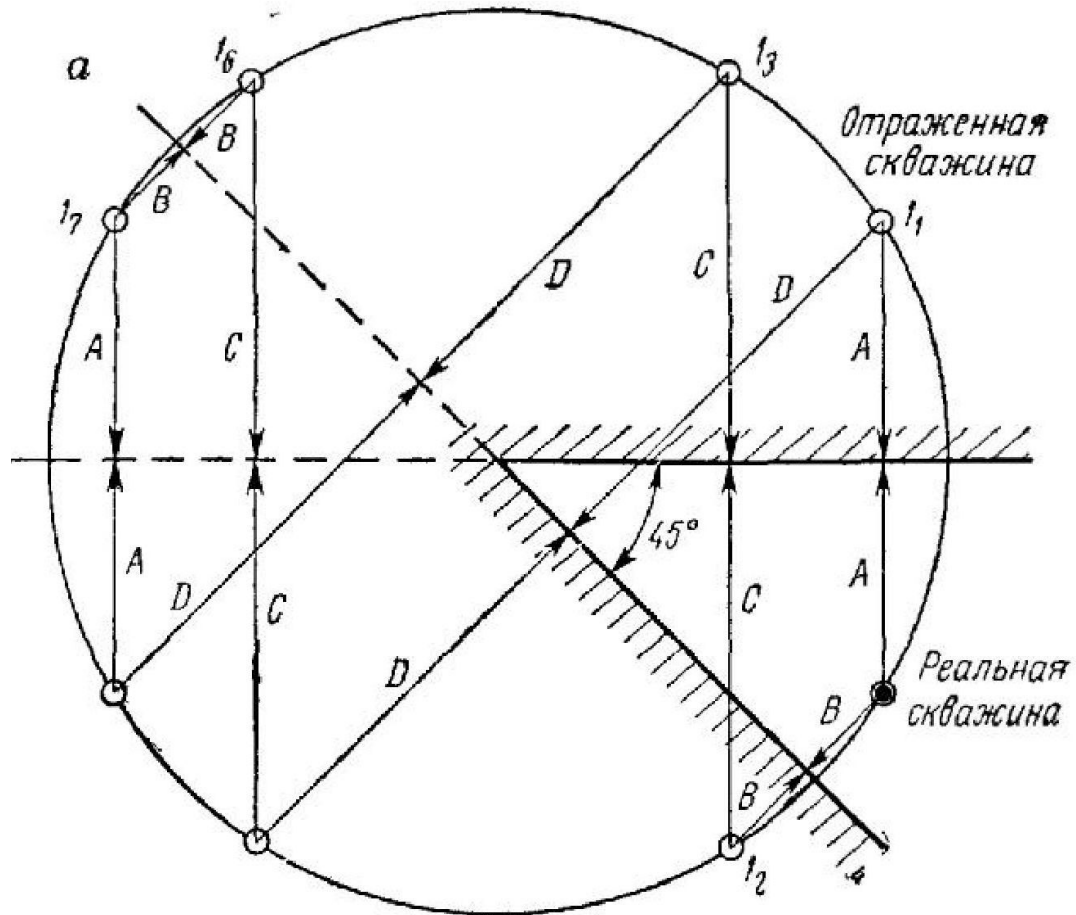
де, θ кут, що визначається дотичними до зовнішньої межі розділу водовмісних та водонепроникних порід.

Відображені свердловини

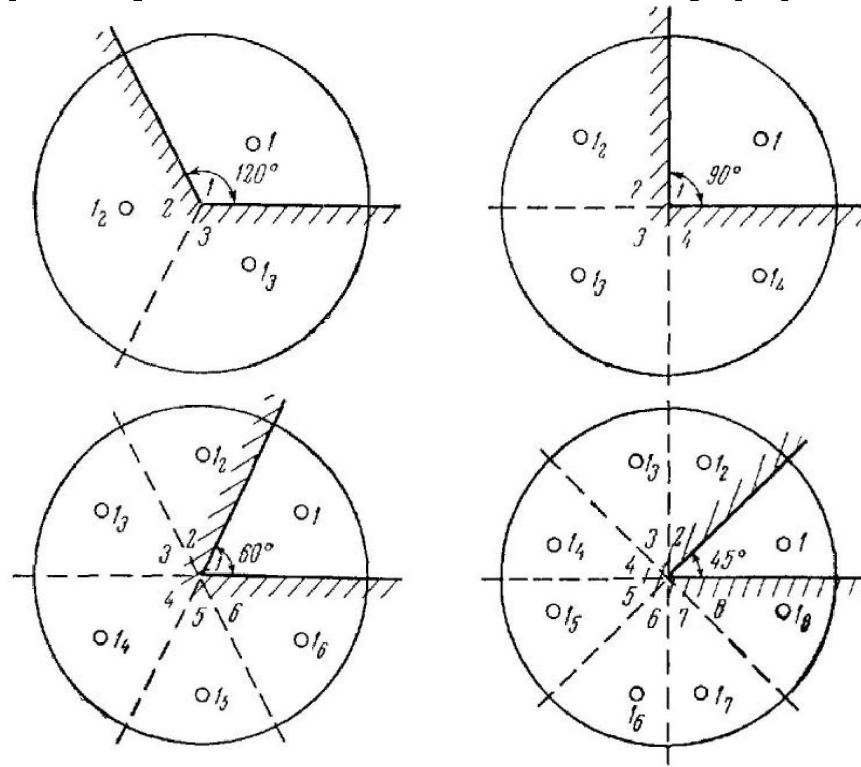
Число відображень n у секторах з кутами θ кратними 360° дорівнює:

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

Схема побудови відображених свердловин для кута $\theta=45^\circ$



Схематизація до побудови відображених свердловин



Розташування відображених свердловин в кутовому пласті (360° кратних кутів).

Визначення параметрів у випадку однієї, або двох взаємо пересічних границь

Вираз для зниження рівня в кутоподібному пласті має вигляд:

$$S = \frac{M \cdot Q}{km} \lg \frac{2,25at}{(r \cdot \rho_1 \cdot \rho_2 \cdot \dots \cdot \rho_n)^i}$$

де $r, \rho_1(\rho_2 \dots \rho_n)$ - відстань від точки, у якій визначається зниження, до дослідної та відображеної свердловин.

$$M = 0,183 (n + 1); \quad i = \frac{2}{n + 1}$$

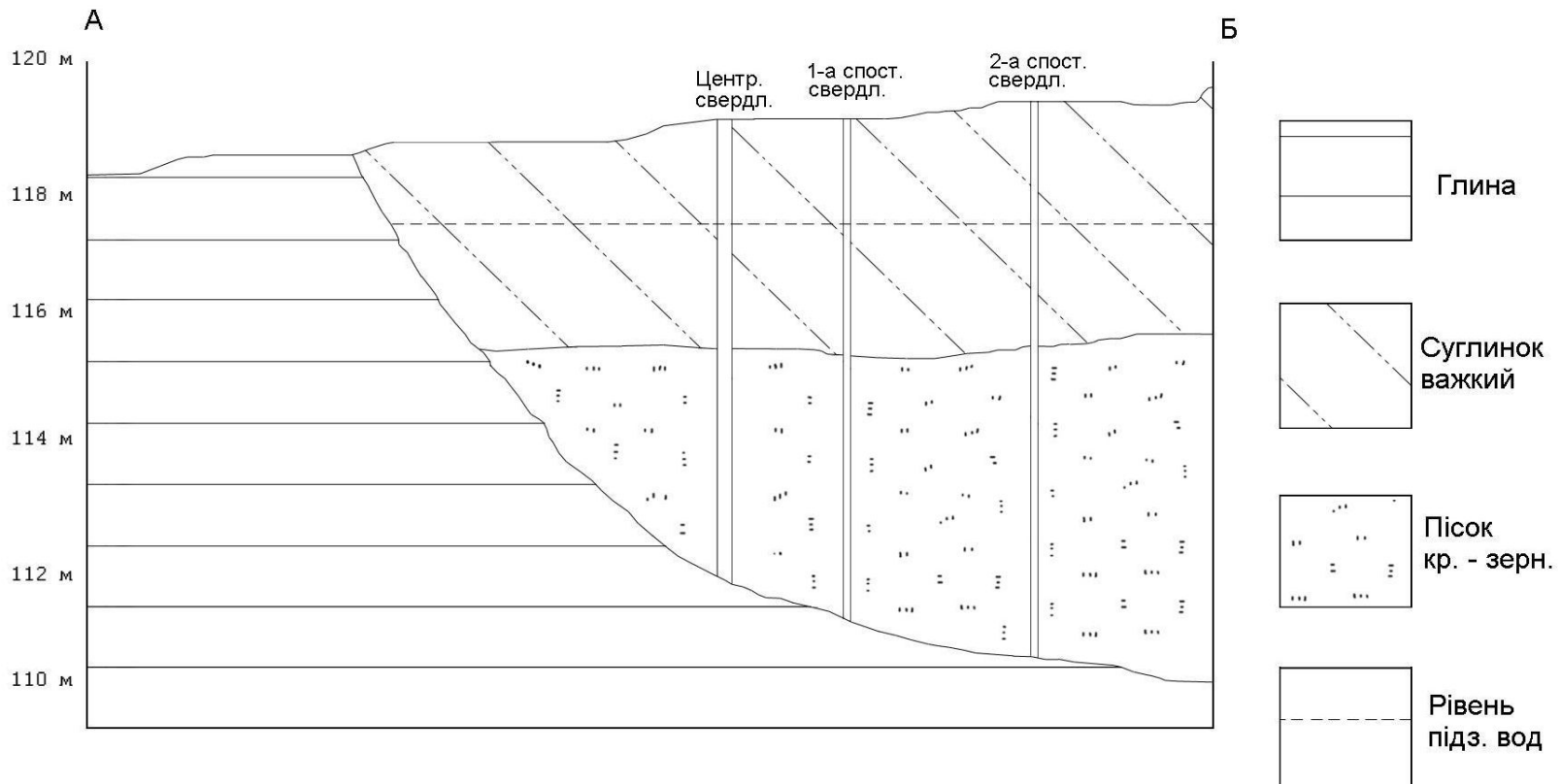
Якщо відоме положення й характер границь досліджуваної ділянки, параметри можуть бути розраховані по наступних залежностях:

$$km = \frac{M \cdot Q}{C}$$

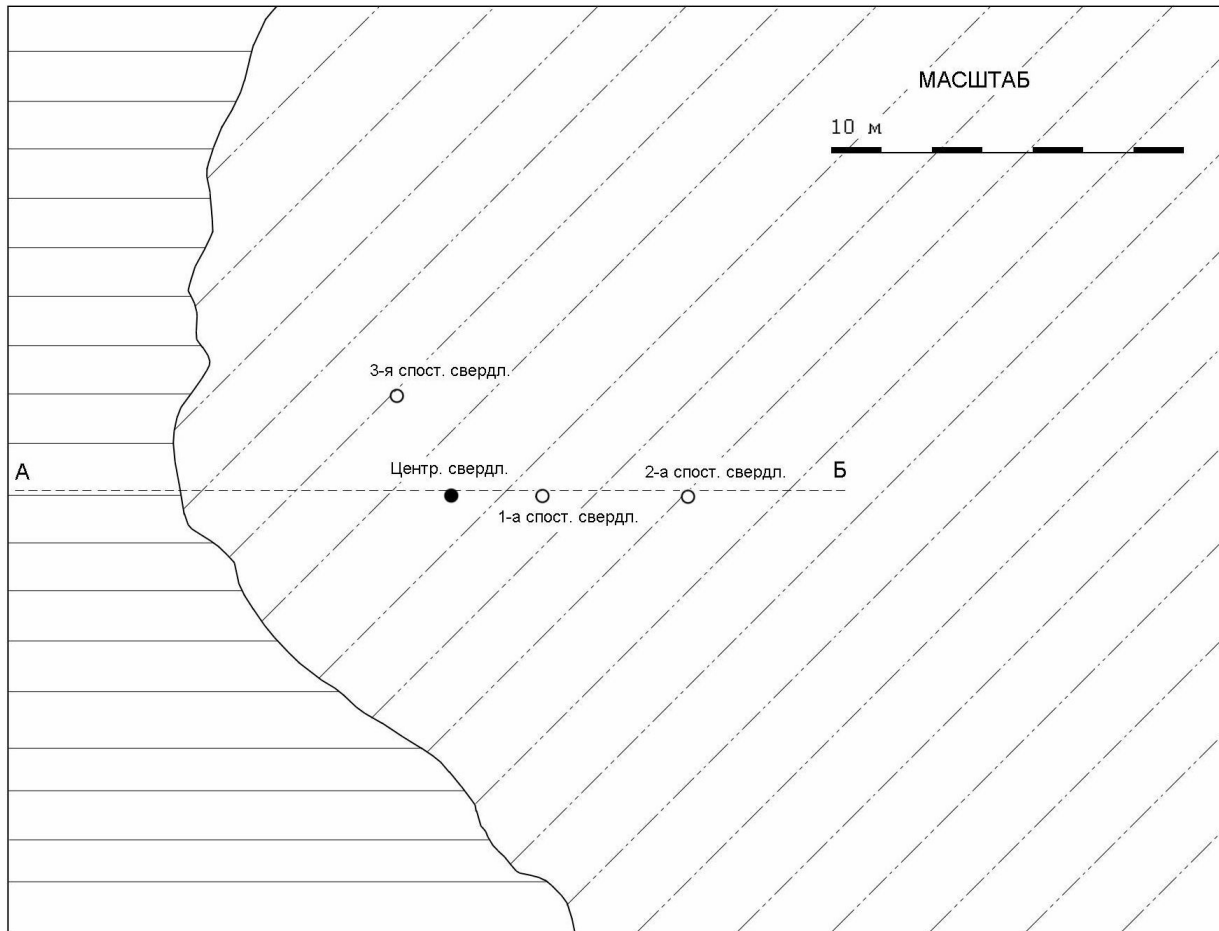
$$\lg a = i \lg (r \cdot \rho_1 \cdot \rho_2 \cdot \dots \cdot \rho_n) - 0,35 + \frac{A}{C} .$$

Дві взаємо пересічні межі (розріз)

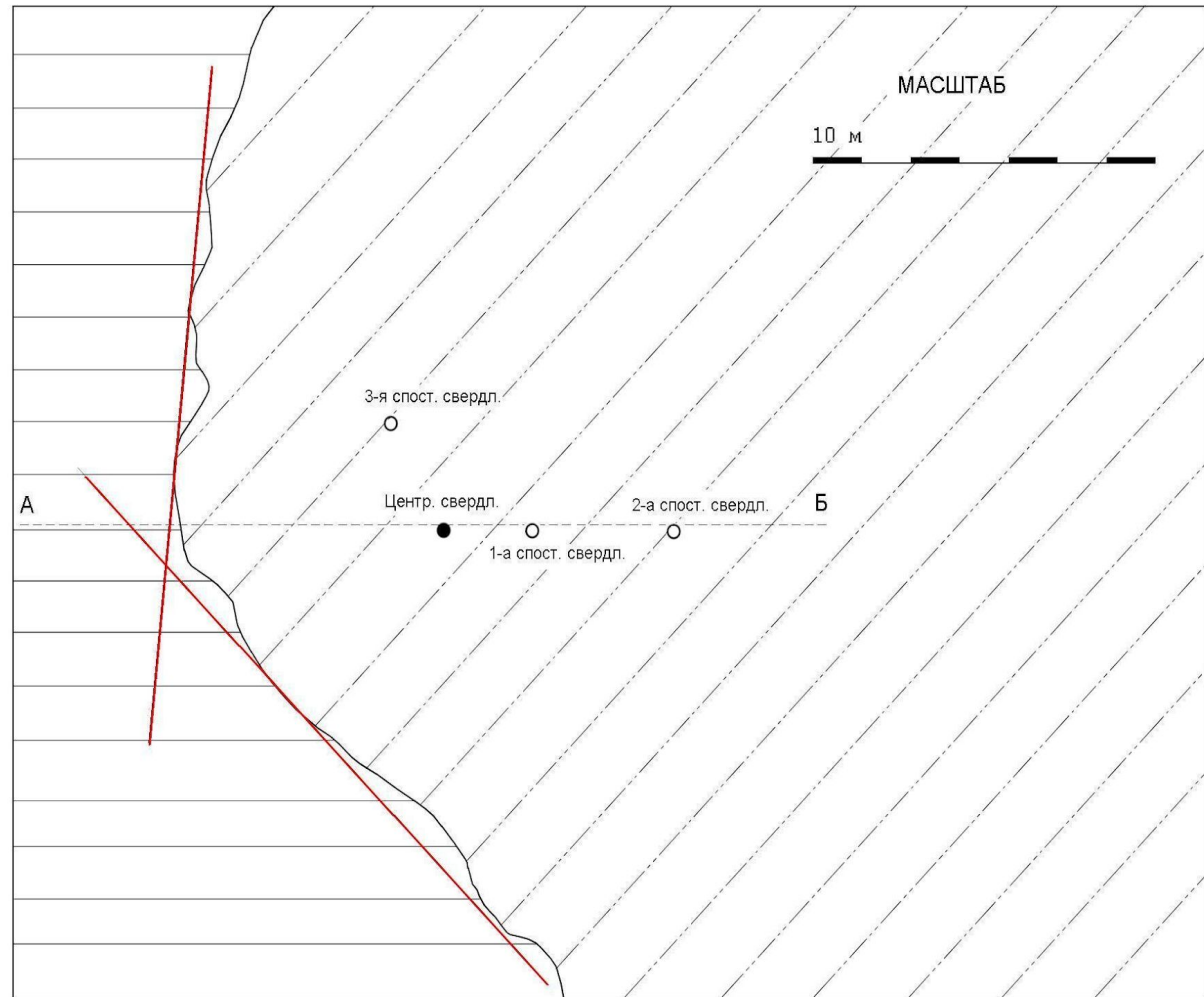
Розріз по лінії А - Б



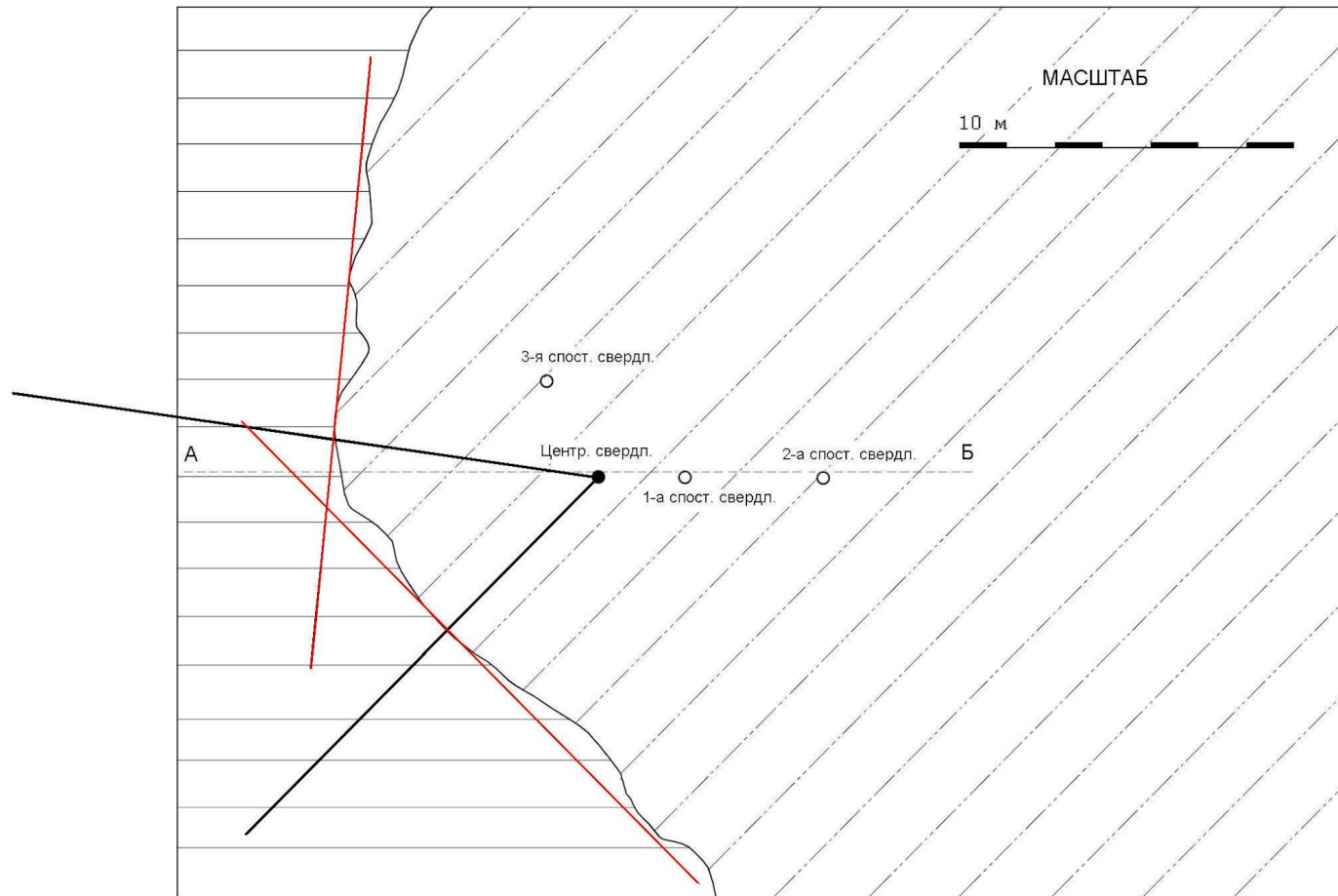
Дві взаємо пересічні межі – план (дослідний кущ біля межі)



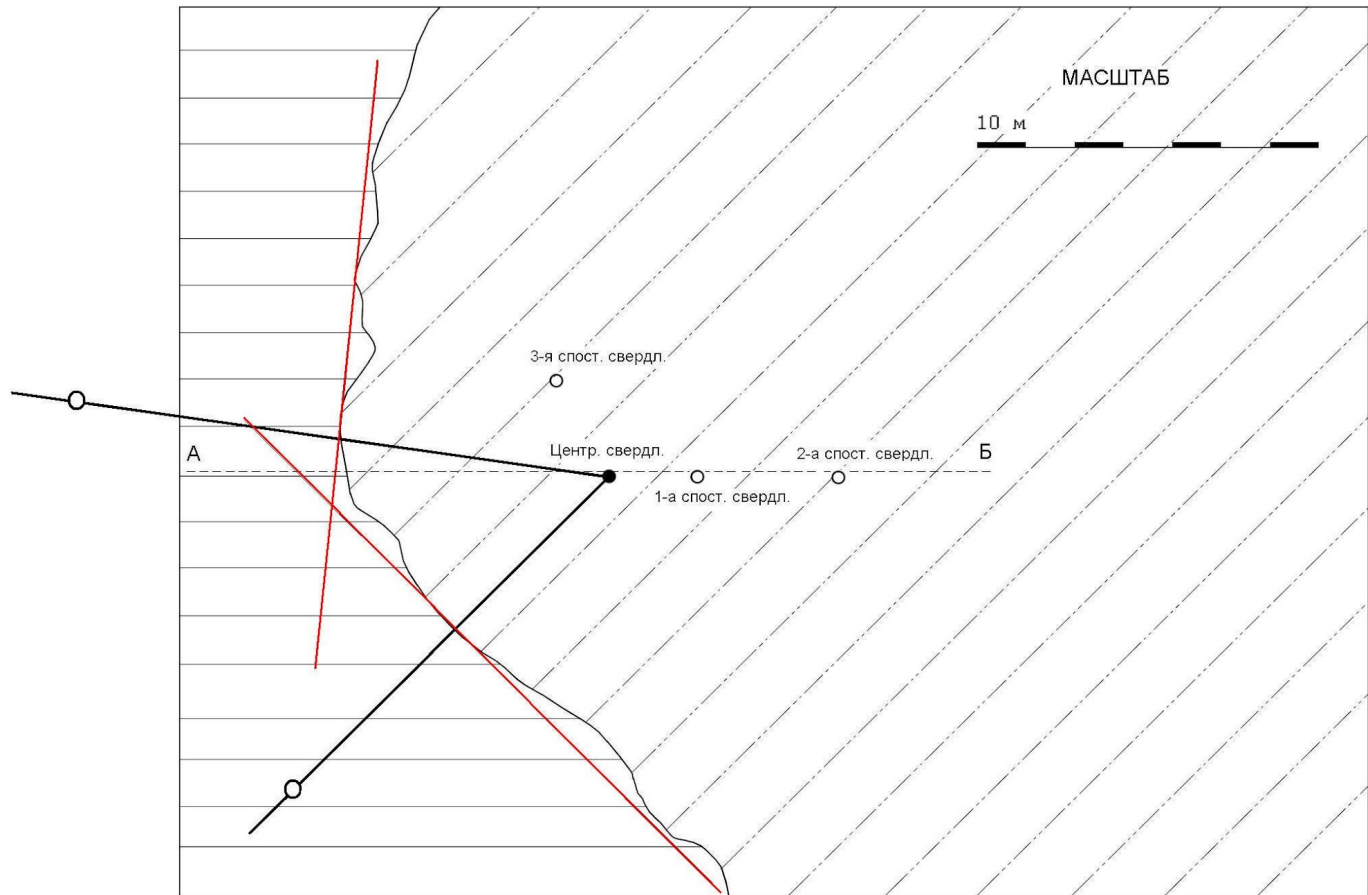
Дві взаємо пересічні межі (побудова дотичних)



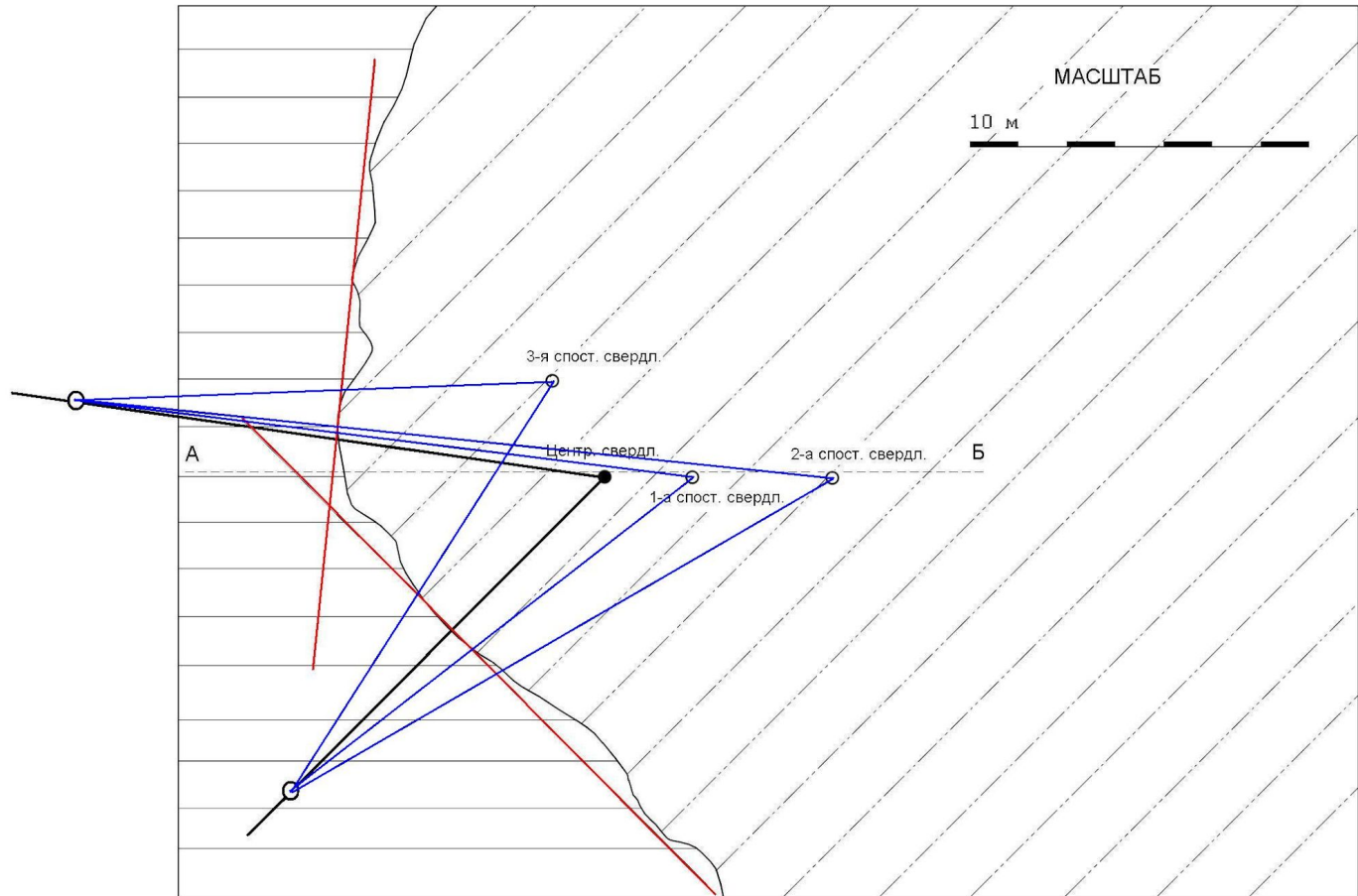
Дві взаємо пересічні межі (перпендикуляри до дотичних)



Дві взаємо пересічні межі (розташування відображених свердловин)



Дві взаємо пересічні межі (ρ – відстань до відображених свердловин)



Висновки

1. Розраховані по наведених залежностях параметри будуть настільки відповідати дійсним параметрам шару, наскільки реальна конфігурація границь відповідає прийнятій розрахунковій схемі.
2. Обробка дослідних даних способом площинного та комбінованого простежування в умовах впливу границь недоцільна, тому що при обчисленні наведеної відстані будуть виникати додаткові погрішності, пов'язані з неточністю визначення відстані до відображених свердловин.

Пласт-смуга (пласт полоса)

Загальні умови

- Умови роботи свердловини в смугоподібному пласті відрізняються від попередніх умов тим, що тут спостерігається нелінійна залежність зниження від часу.
- Тому викладені раніше способи часового, площинного й комбінованого простеження, засновані на напівлогарифмічній анаморфозі кривої зниження рівня, у полосо подібному пласті не застосовуються.
- У загальному виді у полосо подібному і замкнутому пластах залежність зниження рівня від часу є степеневою:

$$S = A + Bt^c.$$

У полозо подібних пластах величина зміни зниження рівня пов'язана із квадратним коренем із часу в такій залежності:

$$S = \frac{Q}{2\pi km} \left\{ \frac{2\pi V \sqrt{at}}{L} F(v) + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \ln \frac{e^{\frac{2\pi x}{L}}}{\left[\operatorname{ch} \frac{\pi x}{L} - \cos \frac{\pi (y + \lambda)}{L} \right] \left[\operatorname{ch} \frac{\pi x}{L} - \cos \frac{\pi (y - \lambda)}{L} \right]} \right\},$$

де $F(v) = \frac{1}{V\pi} e^{-v^2}.$

В свою чергу $\operatorname{erfc}(v) = 1 - \Phi(v)$; $\Phi(v)$ — інтеграл вірогідності.

Критерій спрощення нелінійної залежності

- Відомий у ДПВ критерій орієнтовного початку усталеного режиму фільтрації

$$t \geq 0,5 \frac{L^2}{a}$$

- Така умова може бути досягнута уже через кілька діб після початку відкачування і загальне рівняння набуває такого вигляду:

$$S = C \sqrt{t} + A,$$

- де

$$A = \frac{Q}{4\pi km} \ln \times$$

$$\times \frac{e^{\frac{2\pi x}{L}}}{\left[\operatorname{ch} \frac{\pi x}{L} - \cos \frac{\pi(y+\lambda)}{L} \right] \left[\operatorname{ch} \frac{\pi x}{L} - \cos \frac{\pi(y-\lambda)}{L} \right]},$$

$$C = \frac{Q \sqrt{a}}{kmL} \cdot 0,56.$$

Визначення параметрів

- Визначення коефіцієнту C з приведеного вище виразу недоцільно, так як вираз досить громіздкий та містить знану кількість складових.
- В той же час рівняння у координатах $S - \sqrt{t}$ являє собою рівняння прямої лінії, де C - кутовий коефіцієнт графіка, A - його початкова ордината

$$C = \frac{S_2 - S_1}{\sqrt{t_2} - \sqrt{t_1}}.$$

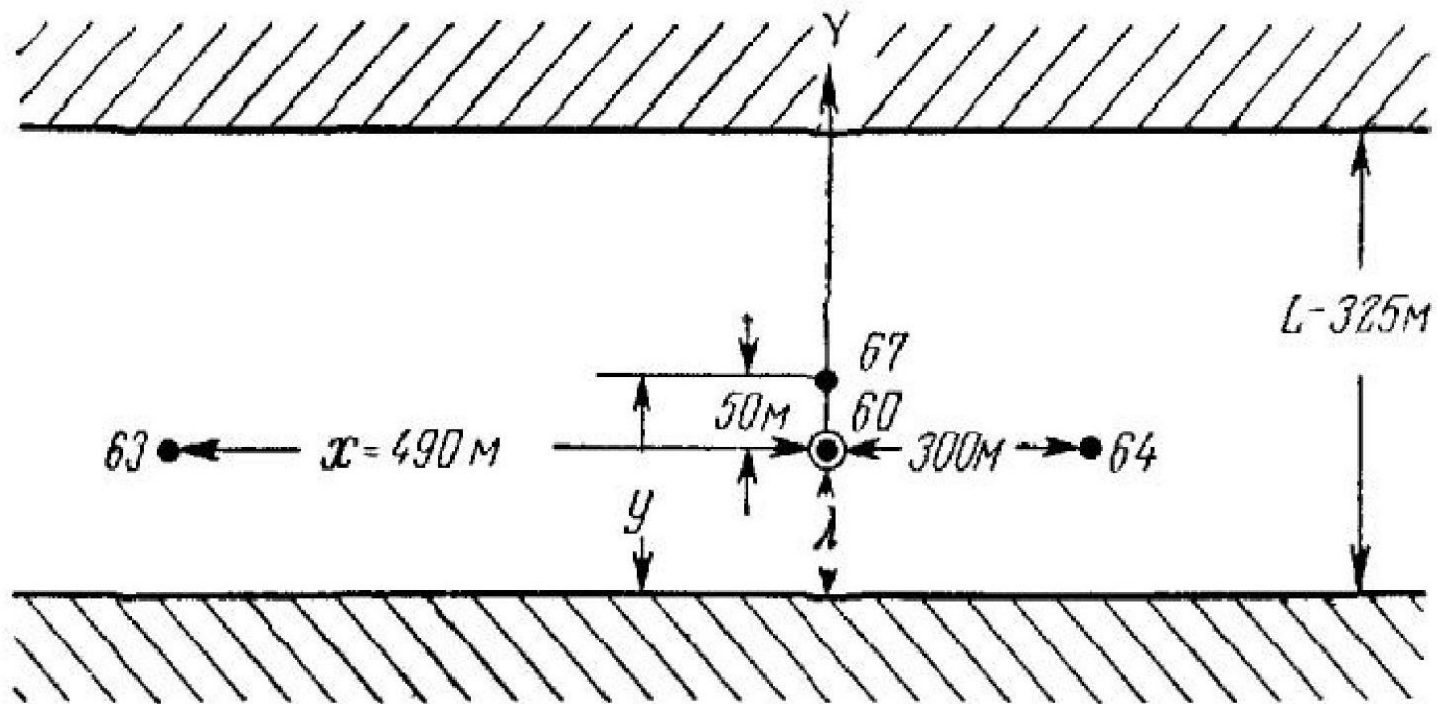
- Величина коефіцієнту водопровідності може бути визначена по напівлогарифмічних графіках часового простеження зниження рівня по ближнім до дослідної спостережним свердловинам на самому початковому періоді відкачки, коли впливом границь полосоподібного пласта ще можна зневажити.
- Визначення коефіцієнта п'єзопровідності графіків $S = f(\sqrt{t})$ полягає в тому, що в умовах впливу границь полосоподібного пласта коефіцієнт п'єзопровідності може бути також визначений по темпі зміни рівня з виразу:

$$\sqrt{a} = 1,78 \frac{km \cdot L \cdot C}{Q}.$$

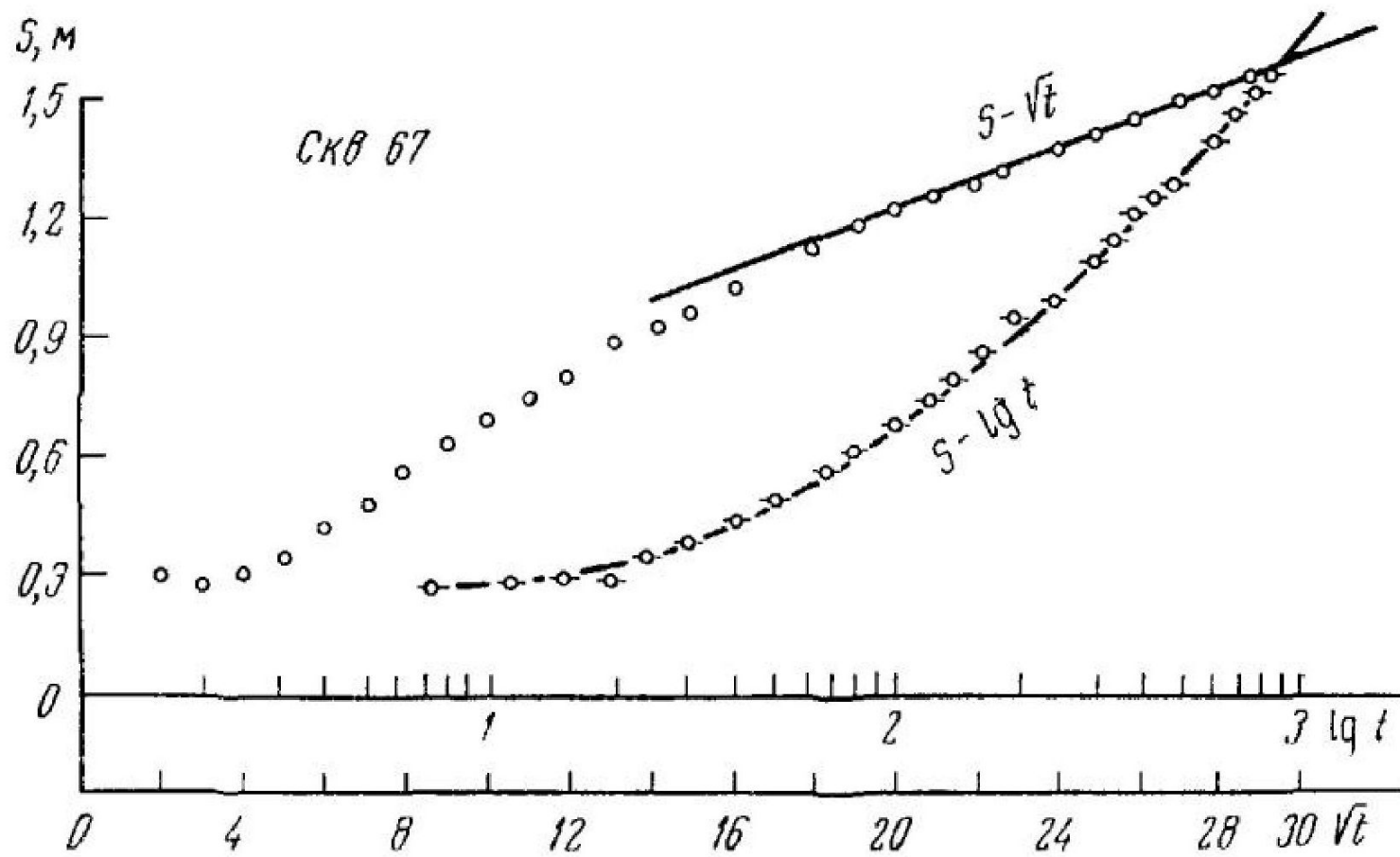
Приклад розрахунку Коксенгирсорська мутьда (Північний Казахстан).

- Дослідно-експлуатаційною відкачкою зі свердловини 60 випробувався безнапірний водоносний горизонт, складений тріщинуватими й закарстованими вапняками турнейського віку.
- Вони залягають практично вертикально у вигляді смуги широтного простягання шириною на ділянці випробування шириною 300-350м.
- Контактуючі породи представлені досить слабо тріщинуватими породами, що представлені відкладами ордовіку та візейського ярусу нижнього карбону.

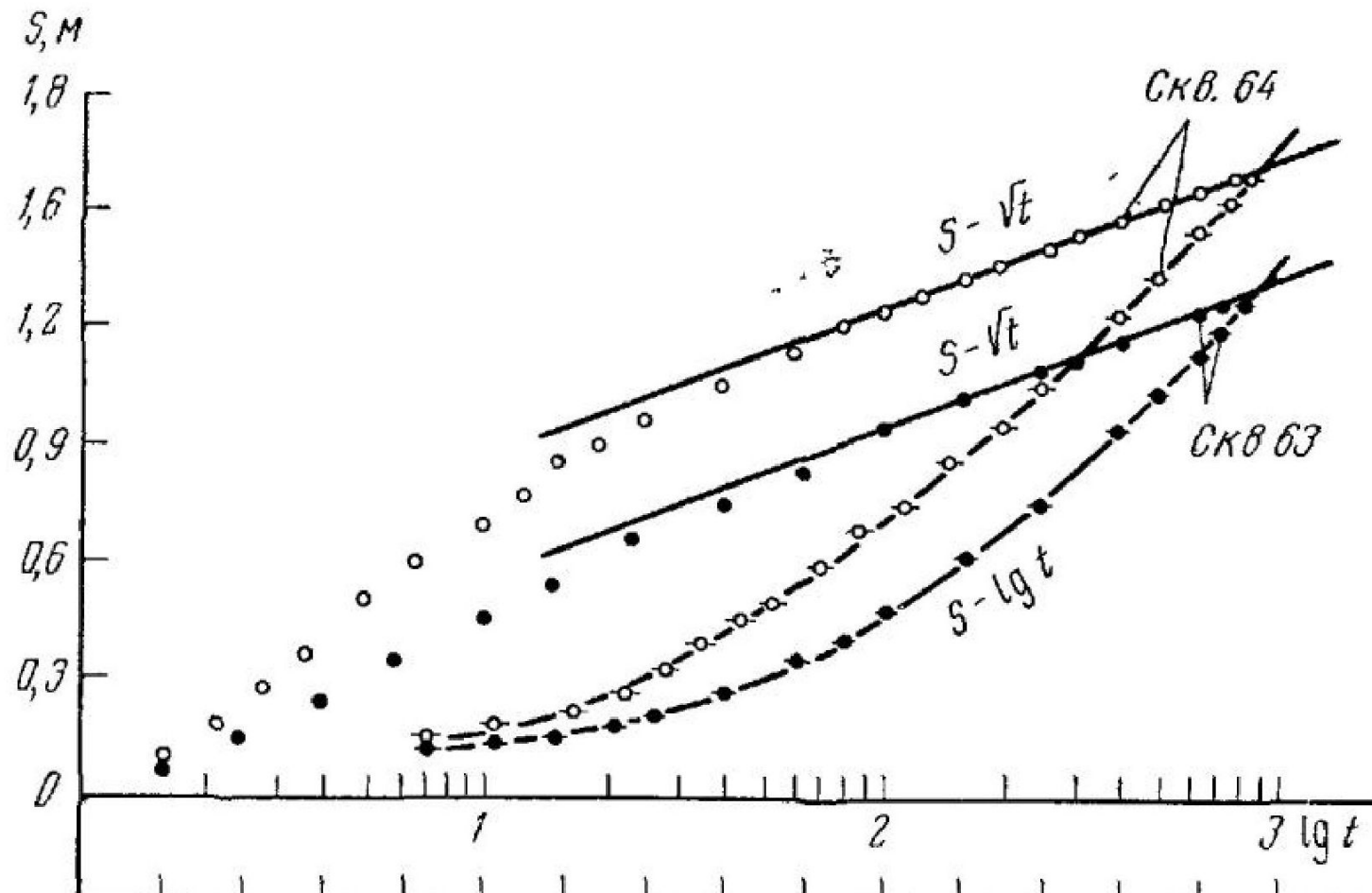
Коксенгирсорська мульда (схема дослідного куща)



Коксенгирсорська мульда (графіки часового простеження)



Коксенгирсорська мульда (графіки часового простеження)



Отримані параметри та їх інтерпретація

- У координатах $S - \lg(t)$ графіки зниження рівня являють собою плавні криві параболічної форми всюди опуклі вниз. Це свідчить про нелінійну залежність зниження від логарифма часу;
- У координатах $S - \sqrt{t}$ графіки стають прямолінійними.
- Критерієм настання квазістаціонарного режиму є паралельність графіків по різних спостережним свердловинам. Тому для застосування даного методу необхідно мати кілька спостережних свердловин, оскільки прямолінійність окремо взятого графіка може бути випадковою.
- У випадку, якщо графіки паралельні, можна говорити про настання квазістаціонарного режиму.
- Значення коефіцієнта водопровідності було визначено по початковому періоду відкачки до початку впливу границь смуги по свердловині 67 і склало $1200 \text{ м}^2/\text{доба}$.
- Вихідні дані для розрахунку коефіцієнта рівнепроникливості: $Q=970 \text{ м}^3/\text{доба}$; $L=325\text{м}$; $km=1200 \text{ м}^2/\text{доба}$; $\sqrt{a} = (1,78 \cdot 1200 \cdot 0,04 \cdot 325) / 970 = 28,8$; $a = 835 \text{ м}^2/\text{год} = 2 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{доба}$; $\mu^* = 0,06$.
- Отримане значення водовіддачі пов'язане з тим, що в цьому випадку зниження рівня не виходило за межі зони сезонних коливань. У цій зоні закарстовані породи характеризуються звичайно підвищеною водовіддачею.

Замкнутий пласт (умови та особливості)

- У замкнутих шарах із круговий або близької до кругової границі залежність зниження рівня від часу є лінійною й визначається виразом:

$$S \approx \frac{Q}{\pi k m} \cdot \frac{at}{R_K^2} + \frac{Q}{2\pi k m} \ln \frac{R_K}{r^*} ;$$

R_K – радіус кругового контуру, $R_K = \sqrt{\frac{F_{\text{пл}}}{\pi}}$
 $F_{\text{пл}}$ – площа пласта,

r^* – наведена відстань від дослідної свердловини або центра водозабору до точки, у якій визначається зниження. Дане рівняння справедливо за умови:

$$t \geq (1 - 1,5) \frac{R_K^2}{a} .$$

Замкнутий пласт (умови та особливості)

- На основі наведеного рівняння найбільше зручно, як і в смуго подібному пласті, визначати коефіцієнти п'єзопровідності (рівнепровідності) або водовіддачі, тому що вони також можуть бути визначені не по абсолютній величині, а по темпу зміни рівня.
- З моменту часу, обумовленого вказаним критерієм, встановлюється лінійна залежність швидкості зниження рівня від часу.

Оцінка приблизну тривалість цього періоду.

Якщо прийняти, що $R_k = 500$ м, $a = 105$ м²/доба, то величина за вказаним критерієм складе: $t \geq (1-1,5) * (500^2/105) \geq \mathbf{250-375}$ діб.

- Таким чином, в умовах реальних замкнутих пластів для визначення параметрів з урахуванням впливу границь можна практично використовувати лише дані експлуатації водозаборів.
- У невеликих замкнутих тектонічних зонах цей період може бути значно меншим.