

ОСОБЛИВОСТІ  
ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ТА ОБРОБКИ  
ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ  
ЗМІНИ РІВНІВ І ДЕБІТІВ ПРИ  
ТРИВАЛИХ ЗБУРЮВАННЯХ  
(частина 2)

# Приклад 3

Спільне використання даних експлуатації та дослідно-фільтраційних випробувань для введення виправлень в результати останніх

# Природні умови ділянки

- Ділянка досліджень розташована в районі Интинського вугільного родовища (Комі АРСР) на стику антиклінальної й синклінальної складок.
- Основний водоносний комплекс приурочений до теригенної товщі перешарованих тріщинуватих піщаників, алевролітів і аргілітів. Найбільш тріщинуваті піщаники, найменш аргіліти, що при моноклінальному досить крутому заляганні окремих шарів визначає значну планову мінливість фільтраційних властивостей водовмісних порід. Смугоподібне розташування окремих зон неоднорідності привело , до істотно вираженої анізотропії фільтраційних властивостей.
- З поверхні пермський водоносний комплекс перекритий слабо потужними (5-10 м) четвертинними відкладами. Умови інфільтрації атмосферних опадів сприятливі.
- Рівні підземних вод у природних умовах залягають поблизу денної поверхні (1-3 м) і мають амплітуду сезонних коливань до 1,5 м.
- Модулі підземного стоку в природних умовах, за даними гідрометричних спостережень на дрібних ріках, рівні 1,5-3,0 л/сек\*км<sup>2</sup>.

# Водообмін та умови поповнення запасів

- Поповнення ресурсів підземних вод ділянки забезпечується інфільтрацією атмосферних опадів безпосередньо на площі поширення водоносних комплексів та не допускає виснаження експлуатованого водоносного комплексу.
- Розвантаження прісних підземних вод зони активного водообміна відбувається в частинах малих і великих рік регіону.
- Продуктивність водозаборів 2,5-3,0 тис. м<sup>3</sup>/доба. Радіуси впливу водозаборів по простяганню шарів порід становлять: взимку 2,5 км; влітку 1,5 км; вкrest простягання 0,6-0,8 км.

# Визначені параметри

- Геофільтраційні параметри  $km$  і  $a$  визначені методом часового простеження за результатами чотирьох дослідно-експлуатаційних відкачок і експлуатації двох діючих водозаборів (мал. ↓).
- Середні значення параметрів по кожному з дослідно-експлуатаційних кущів виявилися практично однаковими (табл. ↓).
- Встановлено, що до кінця періоду зимового спаду рівнів при водозаборі взаємодіючими свердловинами різко зростає інтенсивність формування зрізок рівнів. Однак значення  $a$  по дослідно-експлуатаційних відкачках на порядок вище, ніж за даними експлуатації, що пояснюється тривалістю дослідно-експлуатаційних відкачок.

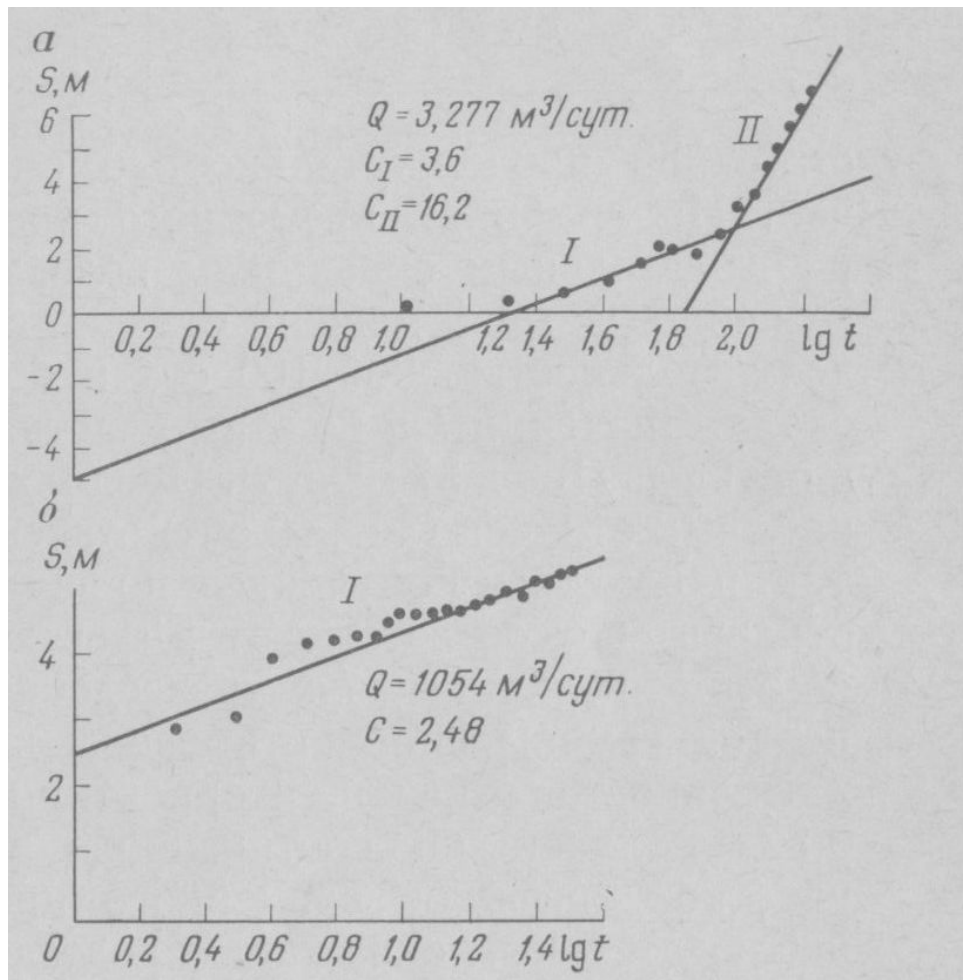


Рис. Графіки часового простеження зниження рівня в районі водозабору Південний (а) і при дослідно-експлуатаційній відкачці з дослідного куща 1452

# Визначені геофільтраційні параметри

№ дослідно- експлуатаційного куща	Прийняті розрахункові	
	<i>kt</i> , м <sup>2</sup> /доба	<i>a</i> , м <sup>2</sup> /діб
У-1452Е	118	<b>5,1-10*</b> <b>5,0-10* 2,5-</b>
В-1460Е	80	<b>2,5-</b>
В-1483Е	92	<b>2,5-</b>
В-1485Е	97	<b>2,5-</b>

# Виправлення результатів оцінки ДФВ

- На графіках часового простеження, побудованих по спостережних свердловинах водозабору за період зимової межени відзначається дві ділянки: пологий, тривалістю 90-100 діб і більше крутий до кінця періоду спаду. Значення  $km$  по цих ділянках графіка різняться майже в п'ять разів (166 і 37 м<sup>2</sup>/доба). Тривалість дослідно-експлуатаційних відкачок (30-40діб) відповідає пологій ділянці графіка,
- У зв'язку з цим величини  $km$  розвідувально-експлуатаційних свердловин першої групи скоректовані з розрахунку збільшення тривалості відкачок. Застосований коефіцієнт, рівний 0,39, отриманий по співвідношенню кутових коефіцієнтів двох ділянок графіків часового простеження, побудованих по спостережних свердловинах водозабору.
- Тоді  $km$  по кущу 1452 приймається 46 м<sup>2</sup>/доба.
- Величини  $a$ , отримані за результатами дослідно-експлуатаційних відкачок, зменшені на порядок за даними діючих водозаборів.
- Таким чином, використання даних експлуатації дозволило внести корективи в розрахунки параметрів за результатами дослідно-експлуатаційних відкачок, що дозволило врахувати як істотну неоднорідність фільтраційних властивостей по площі, так і залучення додаткових джерел живлення.



ВИКОРИСТАННЯ В РОЗРАХУНКАХ  
УЗАГАЛЬНЕНОГО КОЕФІЦІЄНТА П'  
ЄЗОПРОВІДНОСТІ

- Використання в розрахунках **узагальненого коефіцієнта п'єзопровідності**, отриманого за даними експлуатації, який відображує роль додаткових джерел живлення (перетікання, відтік з перекриваючих глинистих відкладів, і т.п.), які не проявляються в процесі дослідних робіт. Звичайно за даними експлуатації отримані значення ***a*** на один - два порядки нижче.

- **Експлуатований водоносний горизонт присвячений до тріщинуватих сарматських вапняків, перекритим глинистою товщею з підлеглими прошарками пісків, вапняків і мергелів, сумарною потужністю до 150-200 м.**
- **Експлуатація водозаборів відбувається при несталому режимі фільтрації. У результаті експлуатації утворились досить глибокі депресійні воронки.**
- **Ділянками найбільш сприятливого живлення є зони розкриття річковими долинами смуги рифових вапняків, де перекриваючі глини повністю розмиті, або їх потужність різко зменшується.**
- **За даними кущових відкачок при розвідувальних роботах були визначені наступні параметри шару:  $km = 300$  м<sup>2</sup>/доба,  $a = 2,5 \cdot 10^6$  м<sup>2</sup>/доба.**
- **Однак результати оцінки знижень рівня при цих параметрах відповідно до фактичного водовідбору, показали, що розрахункові зниження у два-п'ять разів перевищують фактичні.**
- **Отримана аналітичним шляхом рішення зворотної задачі для системи взаємодіючих свердловин величина п'єзопровідності виявилася рівною  $4,8 \cdot 10^4$  м<sup>2</sup>/доба, тобто на два порядки нижче.**
- **Водопровідність у розрахунках приймалася відповідно до результатів кущових відкачок.**
- **Отримане значення п'єзопровідності враховує додаткове живлення сарматського комплексу із перекриваючої глинистої товщі за рахунок як перетікання ґрунтових і поверхневих вод, так і віджимання води із самої перекриваючої товщі.**

ОБРОБКА Й ІНТЕРПРЕТАЦІЯ  
ДАНИХ РОЗВІДУВАЛЬНОЇ ТА  
ПОЧАТКОВОЇ СТАДІЙ  
ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО  
ВОДОВІДЛИВУ

# Основні задачі

- Простеження закономірностей зміни рівня підземних вод при проходці гірських виробок із водовідливом використовується з метою:
  - отримання геофільтраційних параметрів; і
  - визначення граничних умов на ділянках родовищ, де проводиться водовідлив;
- – прогнозування водопритоку до гірських виробок і розвитку воронки депресії.

- В процесі виконання заходів по водовідливу та водовідведенню на визначення геофільтраційних параметрів істотний вплив мають наступні чинники:
  - складний та нерегульований характері збурювання;
  - значні розміри і складна конфігурація водо приймальної системи гірських виробок;
  - зміна розмірів водоприймальної системи в часі.

Застосування традиційних методів визначення геофільтраційних параметрів вимагає додаткових методик врахування вказаних чинників впливу на гідродинамічну ситуацію в районах розвитку експлуатаційного водовідливу

# Характер збурювання при водовідливі

- Про складний характер збурювання при водовідливі можна судити по графіках зміни водопритоку в часі.
- При всіх розходженнях форм таких графіків можна встановити їх загальні особливості.
- Характерною закономірністю є зростання водопритоку в початковий момент проходки гірських виробок.
- По виду наступної зміни водопритоку в часі все різноманіття форм можна привести до трьох типів:

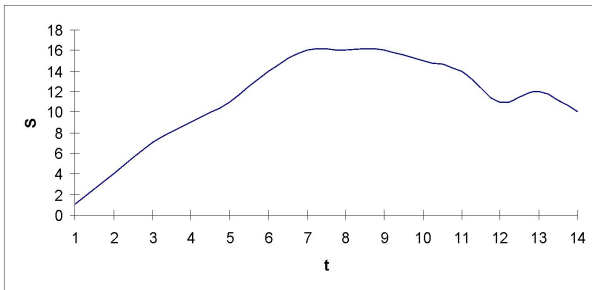
# Характер збурювання при ВОДОВІДЛИВІ

По виду наступної зміни водопритоку в часі все різноманіття форм можна привести до трьох типів:

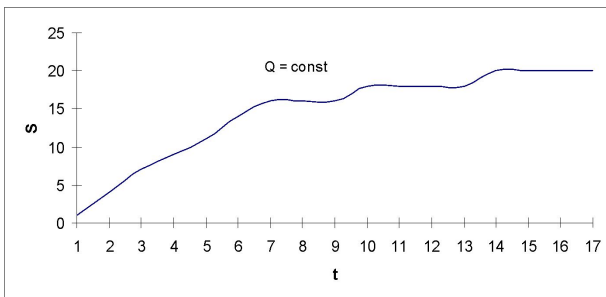
- початкова ділянка зростання поступово переходить в ділянку відносно плавного або різкого зменшення;
- – після початкової ділянки зростання відзначається східчаста зміна при відносній сталості витрати на окремих щаблях або поступовому її зниженні;
- слідом за зростанням водопритоку в початковий період наступає відносна його стабілізація протягом усього періоду збурення.



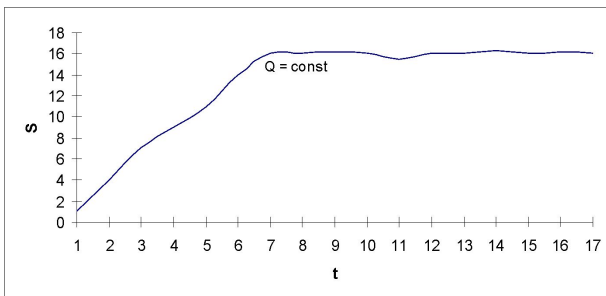
# Типи режиму водопритоку при початковому водовідливі



- початкова ділянка зростання поступово переходить в ділянку відносно плавного або різкого зменшення;



- після початкової ділянки зростання відзначається східчаста зміна при відносній сталості витрати на окремих щаблях або поступовому її зниженні;



- слідом за зростанням водопритоку в початковий період настає відносна його стабілізація протягом усього періоду збурення.

# Аналіз умов формування водопритоків

1) Початкова ділянка зростання водо притіка збігається з періодом інтенсивного зростання зниження при розвитку гірських робіт. Таким чином, для початкового періоду збурювання справедлива умова  $S \neq \text{const}$  та  $S_i < S_{\text{max}}$ .

2) Наступне зменшення водопритоку в першому типі співпадає з досягненням динамічним рівнем горизонту гірських виробок. З цього часу реалізується умова  $S = S_{\text{max}} = \text{const}$ . При цьому, як відомо, відбувається зменшення дебіту в умовах несталі фільтрації. Такі випадки мають місце при спрацюванні ємнісних запасів підземних вод. Характер граничних умов ділянки (непроникні границі, границі неоднорідності й т.д.) визначає темп зменшення водопритоку.

# Аналіз умов формування водопритоків

- 3) Ступінчаста форма графіка при другому типі режиму свідчить про формування водопритоку за умови  $S \approx S_{\max}$  під впливом періодичного живлення за рахунок поверхневих (як правило, малих) водотоків.
- 4) Відносна сталість водопритоку в третьому типі режиму свідчить про те, що його формування за умови  $S \approx S_{\max}$  відбувається під впливом постійного жерела живлення водоносного горизонту.
- 5) Залежно від характеру фільтруючого середовища форма графіків водопритока при всіх таких режимах буває або відносно плавні. (пористі, відносно однорідні тріщинні), або пилкоподібною (неоднорідні тріщинні середовища)..

# Висновок

- Таким чином, характер збурювання при водовідливі визначається умовою сталості або змінності зниження  $S \neq \text{const}$  та  $S_i < S_{\text{max}}$ , граничними умовами водоносного горизонту, ступенем неоднорідності фільтруючого середовища.
- Отже, на відміну від дослідних і дослідно-експлуатаційних відкачок (випусків), характер і ступінь збурювання при водовідливі не можуть задаватися й тому нерегульовані.
- Обробка дослідної інформації в цих випадках виконується як при складному збурюванні. Вона полягає у схематизації графіка виділення на ньому регулярних закономірностей дебіту, тобто ділянок відносної сталості дебіту, стрибкоподібної або лінійної його зміни. Наявність таких ділянок дозволяє скористатися типовими способами обробки результатів водовідливу.

# Розміри та конфігурація системи гірських виробок

- Найбільш тривалі збурювання створюються водовідливом при проходці горизонтальних гірських виробок. Надходження підземних вод у них відбувається через численні водопрови - струмені, капелі, що виникають безпосередньо по периметру окремих виробок, а також само вилив зі свердловин підземного буріння.
- Для визначення параметрів можуть бути використані методи обробки даних відкачок і експлуатації водозаборів, з врахуванням часових і площинних критеріїв. Важливою умовою є наявність спостережних свердловин, розташовані на відстанях  $r > 1,5R_0$  при площинній і кільцевій системах і  $r > 0,75l$  при лінійній системі.
- Розміри й конфігурація системи гірських виробок впливають тільки на визначення коефіцієнта п'єзопровідності (рівнепровідності), причому для близьких свердловин при  $r > 1,5R_0$  ( $0,75l$ ) у розрахунковій формулі залежно від конфігурації системи змінюються числові коефіцієнти при збереженні структури формул

# Зміна розмірів водоприймальної системи

- При проходці розвідницьких гірських виробок і на початковій стадії експлуатації водо притік формується в умовах постійного збільшення об'єму пройдених виробок, а отже й розмірів водоприймальної системи. Іншими словами, величини  $R_0$  та  $I$  у розрахункових формулах є змінними. Однак використовувані формули справедливі за умови сталості цих величин. Отже, можливість їх застосування для обробки вимагає відповідного обґрунтування для оцінки можливості вивчення геофільтраційних параметрів.
- Методичним підходом у такому випадку є вибір сприятливих періодів у режимі даного типу збурювання, а саме:
  - а) інтенсивної проходки;
  - б) сухої консервації;
  - в) затоплення горизонтальних виробок;
  - г) відновлення рівня.

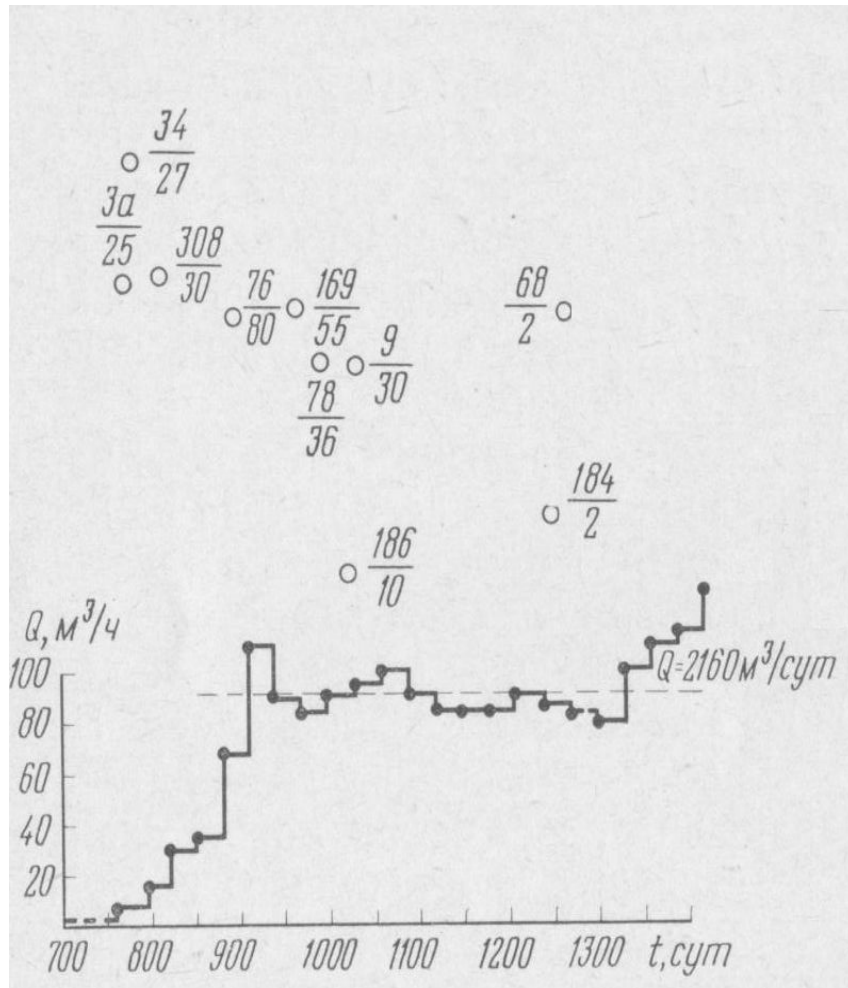
# ПЕРІОД ІНТЕНСИВНОЇ ПРОХОДКИ

(приклад)

- У період інтенсивної проходки формуються основні контури водоприймальної системи:
  - зміна довжини виробок відбувається, як правило, по лінійній залежності  $l=f(t)$ .
  - зміна довжини виробок у часі не обов'язково супроводжується збільшенням числа водопроявів.
  - можливі випадки, коли сумарний водо притік забезпечується за рахунок обмеженої кількості, або одного зосередженого водо прояву.

У цьому випадку обробку результатів спостережень за розвитком депресійної воронки можна робити способами часового й площинного простеження, заснованими на формулах для площинних і лінійних систем.

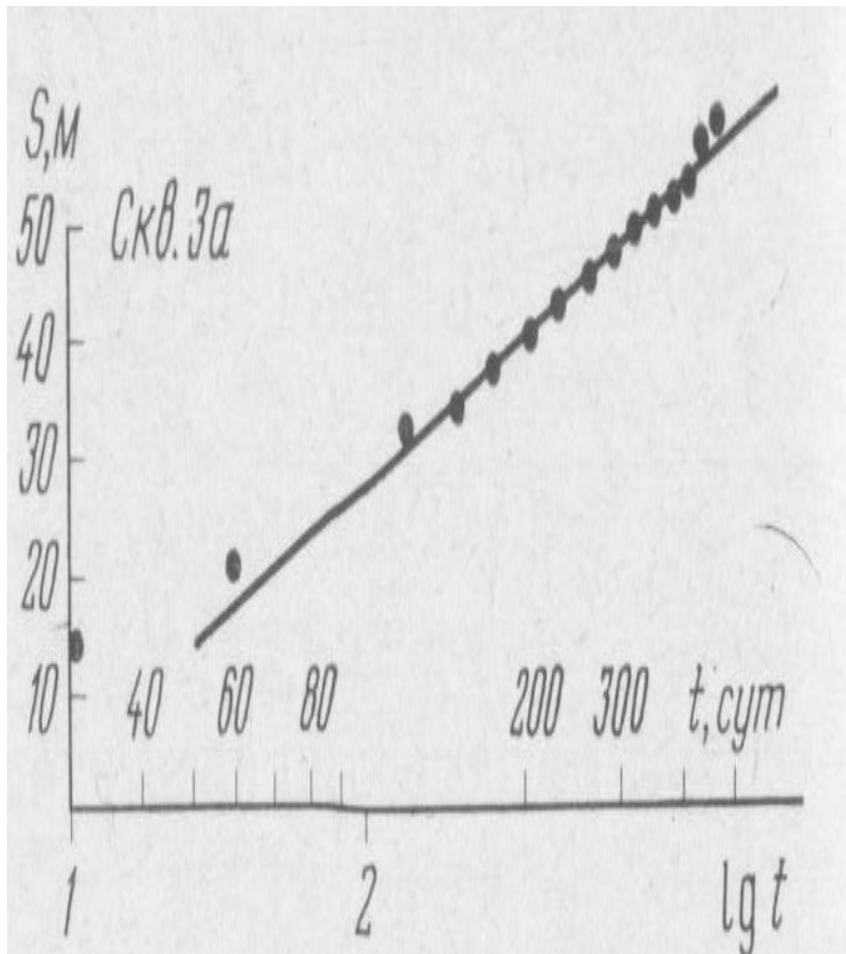
# Графік шахтного водовідливу



- Сумарний водопритік розвідницької шахти формувався за рахунок само виливу з декількох свердловин підземного буріння, число яких залишалось постійним за весь період проходки шахтного горизонту. У цьому випадку, ігноруючи факт зміни довжини виробок у часі, виконуємо обробку як для випадку водоприймальної системи з постійним контуром. Графік сумарного водопритоку для цього періоду показаний на мал. ←. Графік можна схематизувати одним початковим щаблем постійного водопритоку  $Q \approx 90 \text{ м}^3/\text{год}$

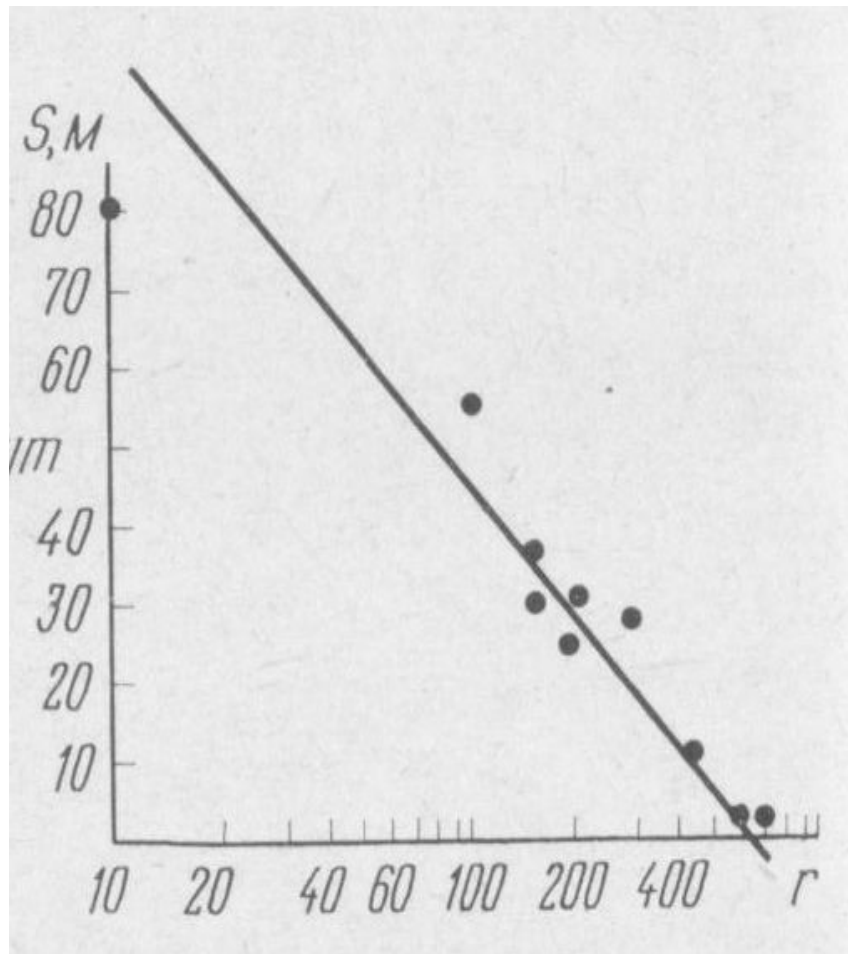


# Приклад графіка простеження в часі



Обробка результатів спостережень у наявних спостережних свердловинах способом часового простеження зниження рівня. Графік часового простеження простий, прямолінійний. По кутовим коефіцієнтам і початковим ординатам цього графіка визначені наступні параметри:  $km = 11 \text{ м}^2/\text{доба}$ ,  $a = 2,1 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{доба}$ .

# Приклад графіка площинного простеження



Графік площинного простеження побудований на момент часу  $t = 220$  діб, практично прямолінійний. По кутовому коефіцієнту  $i$  і початковій ординаті цього графіка визначені коефіцієнти водопровідності  $kt = 13,4 \text{ м}^2/\text{доба}$  та  $\rho'$   $\epsilon$ зопровідності  $1,2 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{доба}$ .

$a =$

# Висновок

Отримані результати дозволяють зробити наступний висновок.

- 1) Прямолінійність часових і паралельність площинних графіків свідчить про наявність квазістаціонарного режиму.
- 2) Збіжність коефіцієнтів водопровідності й  $\rho$  єзопровідності, отриманих способами часового й площинного простеження, доводить застосовність до даних умов логарифмічної моделі необмеженого водоносного горизонту.
- 3) Отже, ігнорування змінності контуру виробок виявилось виправданим.

# ПЕРІОД «СУХОЇ» КОНСЕРВАЦІЇ

- По завершенні комплексу розвідницьких робіт практично у всіх випадках настає період «сухої» консервації, у продовження якого (кілька місяців) проходка виробок припиняється, але діє водовідлив, тому що в цей час ще виробляються ліквідаційні роботи.
- У період «сухої» консервації й затоплення горизонтальних гірських виробок відбувається регулярна зміна водопритоку за умови  **$S = \text{const}$**  і  **$l = \text{const}$** .
- Цим періодом також можна скористатися для визначення параметрів способом часового простеження приведенного зниження ( $S/Q$ ) за даними спостереження за рівнем спостережних свердловин і способом часового простеження водопритоку за допомогою графіків.
- Об'єктом дослідження був круто падаючий ( $70-80^\circ$ ) шар вапняків потужністю 250-300 м. Водоносний пласт незалежно від літологічних розходжень водовмісних порід представляється як єдиний тріщинний безнапірний водоносний комплекс. Обробка результатів відновлення рівня зроблена по складному часу  $S^*$  -  $\lg(t/(T+t))$ . В якості тривалості складного збурювання прийнята його розрахункова величина.

# ПЕРІОД «СУХОЇ» КОНСЕРВАЦІЇ

(приклад)

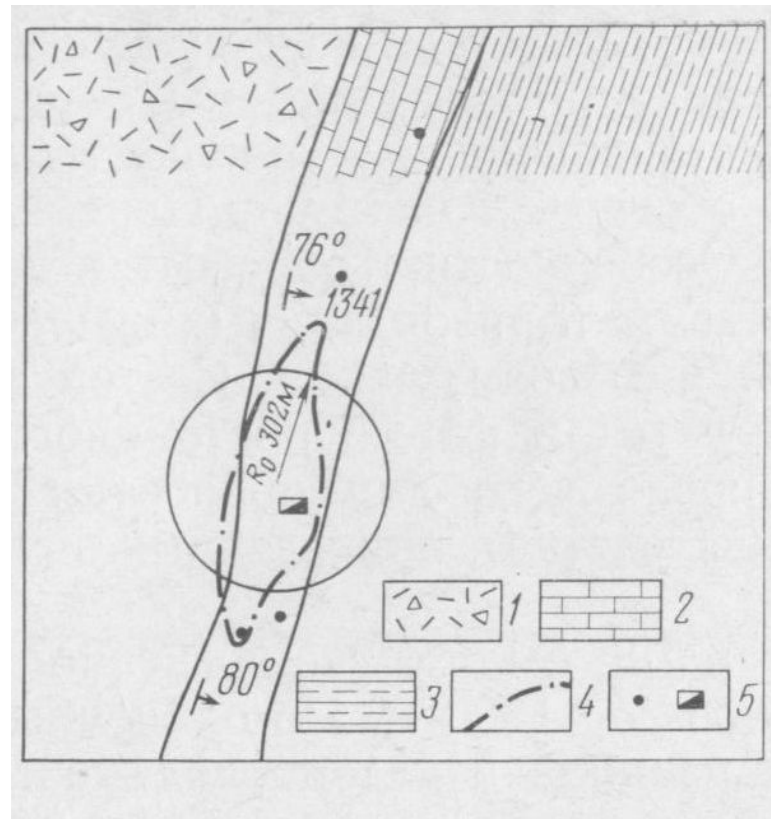
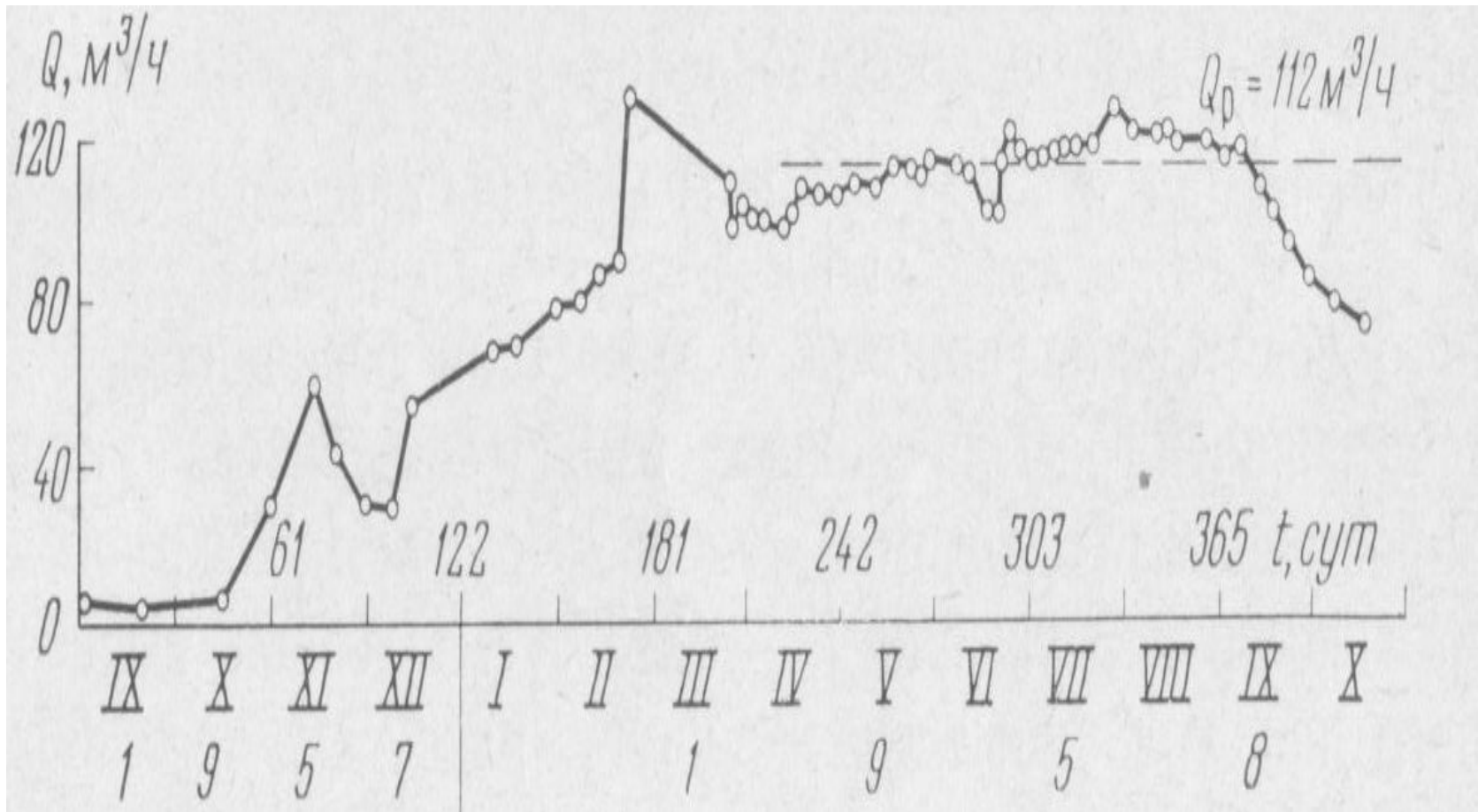


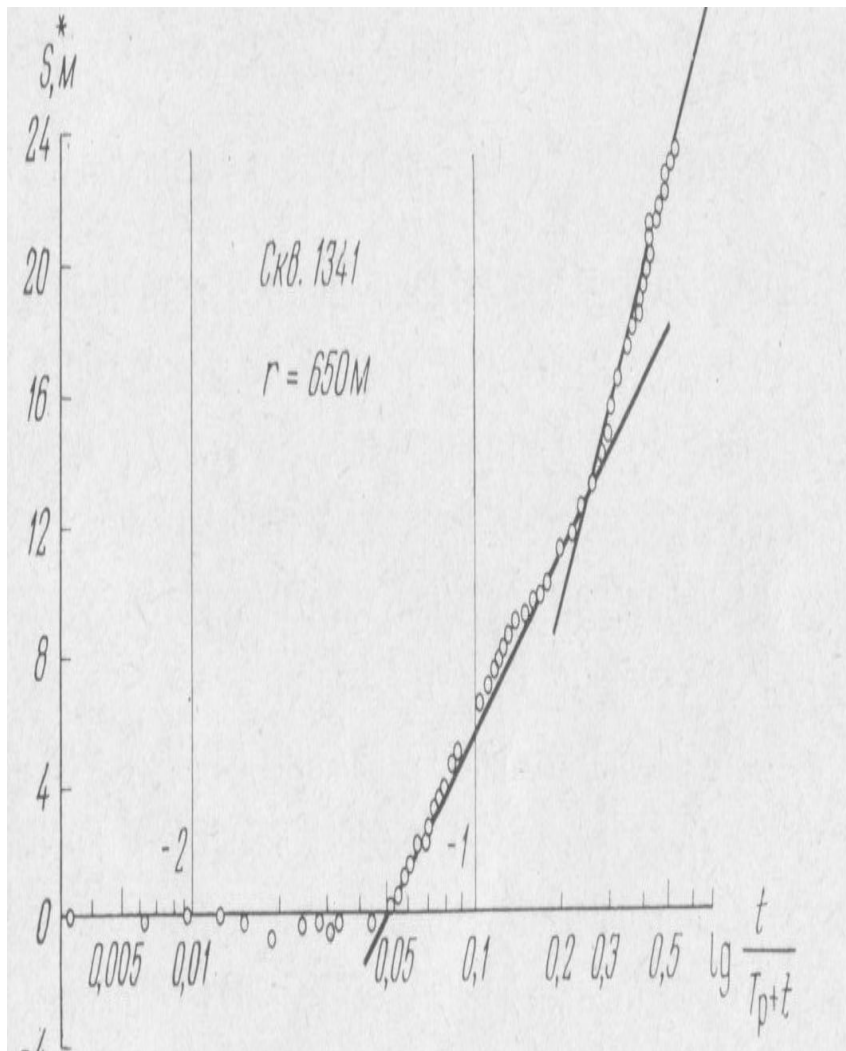
Схема ділянки: 1 – туфи, 2 – вапняки, 3 – сланці, 4 – контур гірських робіт, 5 – свердловини й шахта;

# Графік водопритоку



- Схематизується за схемою стрибкоподібного збурювання

# Приклад рафіка часового простеження

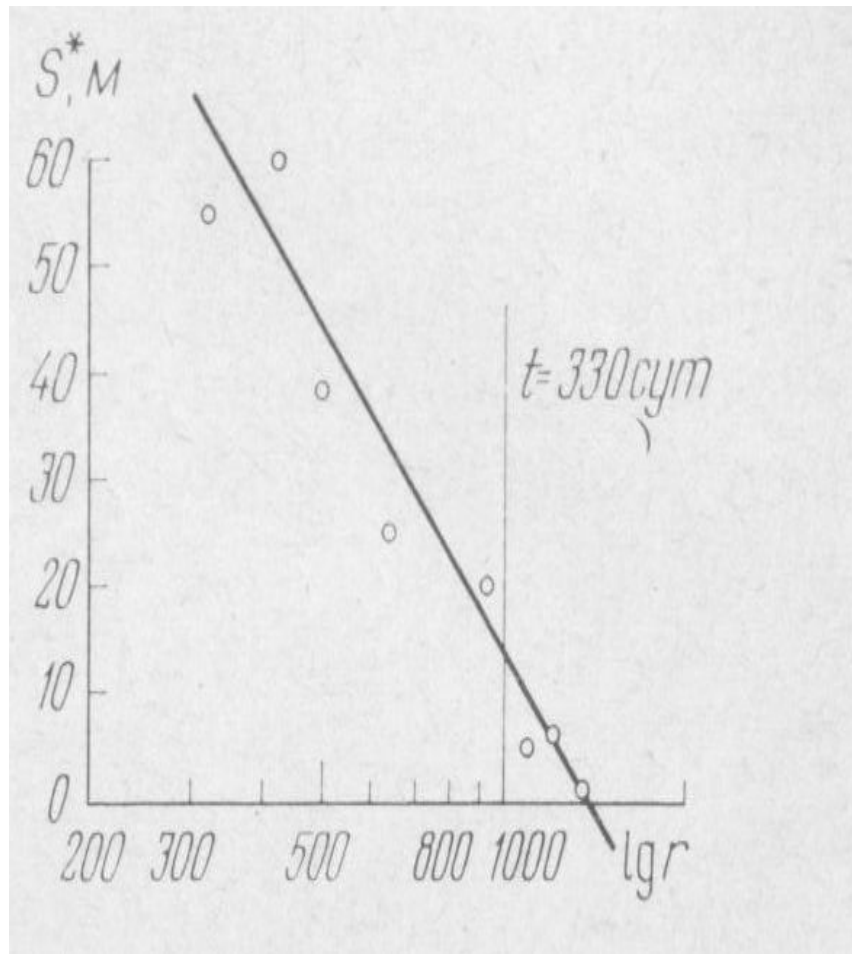


- Графіки часового простеження складаються із двох прямолінійних ділянок, відношення кутових коефіцієнтів яких  $C2/C1=1,1$ .
- Таке відношення свідчить про невеликі розходження у водопровідності схематизованого шару й порід, що вміщують, так що схематизація тріщинного водоносного горизонту як однорідного шару виправдана
- По кутових коефіцієнтах і початкових ординатах часових графіків відновлення визначені параметри, середні значення яких склали:  $kt = 13,1$  м<sup>2</sup>/доба і  $a = 1,2 \cdot 10^3$  м<sup>2</sup>/доба. Водовіддача тріщинних водовмісних порід ( $\mu=0,011$ ). Як видно, отримане досить реальне значення водовіддачі.





# Приклад графіка площинного простеження



- Коефіцієнт водопровідності визначений також способом площинного простеження максимального зниження на момент часу перед початком відновлення рівня. При деякому розкиді точок графік площинного простеження для напрямку, що збігається із простяганням вапняків, прямолінійний, а коефіцієнт водопровідності, розрахований по кутовому коефіцієнті цього графіка,  $kt = 9,6 \text{ м}^2/\text{доба}$ . Порівнюючи це значення з результатом часового простеження, переконаємося, що збіжність отриманих величин водопровідності прийнятна.

# Висновок

- 1) В даному прикладі можна переконатися, що звичайними способами часового й площинного простеження за даними розвідницького водовідливу визначені досить достовірні дійсні параметри тріщинного водоносного комплексу,
- 2) Оцінені граничні умови й ступінь фільтраційної неоднорідності,
- 3) Складний характер збурювання й складна в плані конфігурація водоприймальної системи не є перешкодою для цього.
- 4) Факт змінності розмірів системи при збурюванні усунутий тим, що в обробку прийнятий період відновлення рівня після заповнення об'єму горизонтальних гірських виробок.