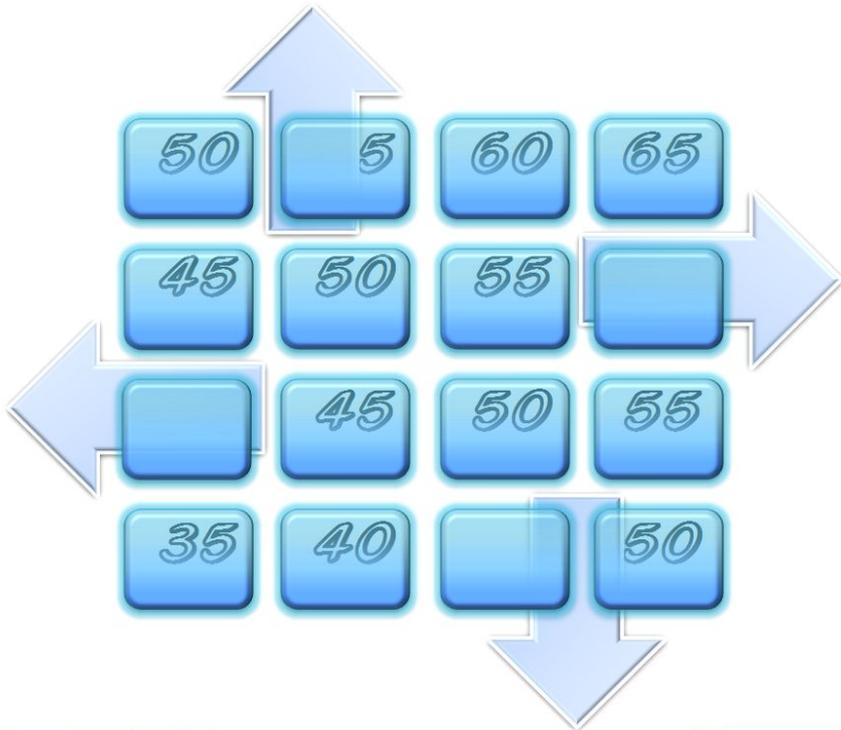


Гидродинамика флюидных систем и моделирование гидродинамических процессов



Лекция № 9
Расчёт скважин в условиях взаимодействия с внешними границами водоносных горизонтов

Кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии ИПР ТПУ
доцент Кузеванов К.И.

**Расчёт скважин в условиях неограниченного
водоносного горизонта
(продолжение)**

Допустимое понижение уровня при эксплуатации подземных вод
(подсчёт запасов подземных вод)

Расчёт одиночного водозабора в условиях безнапорного водоносного горизонта
(учёт величины средней мощности безнапорного водоносного горизонта при откачке).

Возможность расчёта величины понижения уровня в безнапорном водоносном горизонте по уравнениям для напорной фильтрации при относительно малой величине понижения
(не более 20-25% первоначальной мощности безнапорного водоносного горизонта)

Метод «большого колодца» с подстановкой суммарного расхода и приведенного радиуса «большого колодца» в уравнение водопритока к одиночной скважине

Автоматизированный расчёт систем взаимодействующих скважин

Граничные условия водоносных горизонтов

Граница первого рода

Граница второго рода

Граница третьего рода

Граница четвертого рода

Основные дифференциальные уравнения фильтрации

Уравнение нестационарной
фильтрации

$$T_x \frac{d^2 H_x}{dx^2} + T_y \frac{d^2 H_y}{dy^2} + T_z \frac{d^2 H_z}{dz^2} + W = \eta^* \frac{dH}{dt}$$

$$T_x \frac{d^2 H_x}{dx^2} + T_y \frac{d^2 H_y}{dy^2} + T_z \frac{d^2 H_z}{dz^2} + W = \frac{1}{a} \frac{dH}{dt}$$

где $\eta^* = \frac{\gamma}{1 + \varepsilon}$ коэффициент упругоёмкости породы

η^* коэффициент упругоёмкости

γ породы
объемный вес

ε коэффициент пористости горной

породы
 β коэффициент сжимаемости

воды
 α_v коэффициент сжимаемости горной

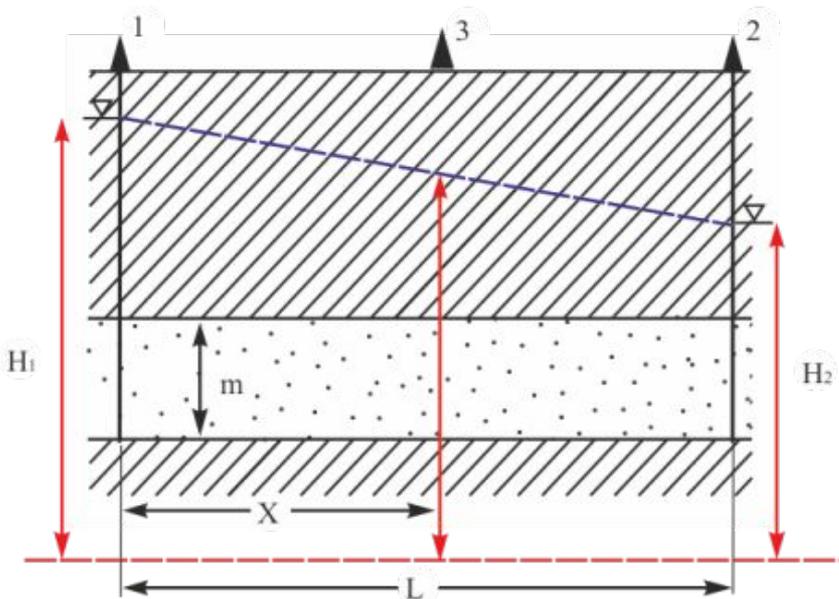
породы
 α коэффициент
пьезопроводности

Основные дифференциальные уравнения фильтрации

Уравнение стационарной фильтрации одномерного
потока

$$T_x \frac{d^2 H_x}{dx^2} = 0; \quad \text{где } T_x = \text{коэффициент водопроницаемости, м}^2/\text{сут}$$

$$\frac{d^2 H_x}{dx^2} = 0; \quad \frac{dH}{dx} = \text{const}; \quad dH = C_1 dx; \quad \int dH = C_1 \int dx;$$

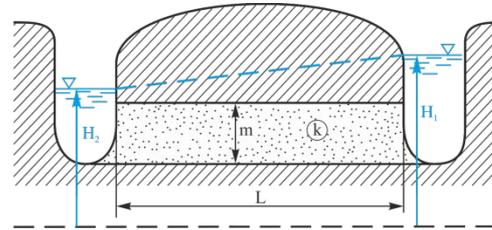


$$H_x = C_1 x + C_2;$$

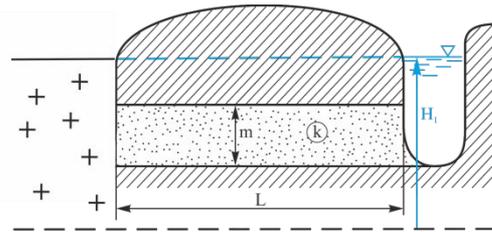
$$H_x = H_1 - \frac{X}{L} (H_1 - H_2);$$

Граничные условия водоносных горизонтов

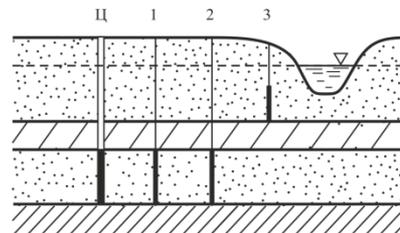
Граница первого рода



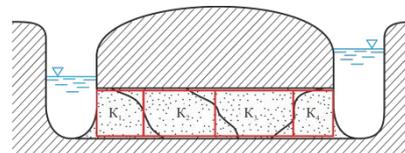
Граница второго рода



Граница третьего рода



Граница четвёртого рода



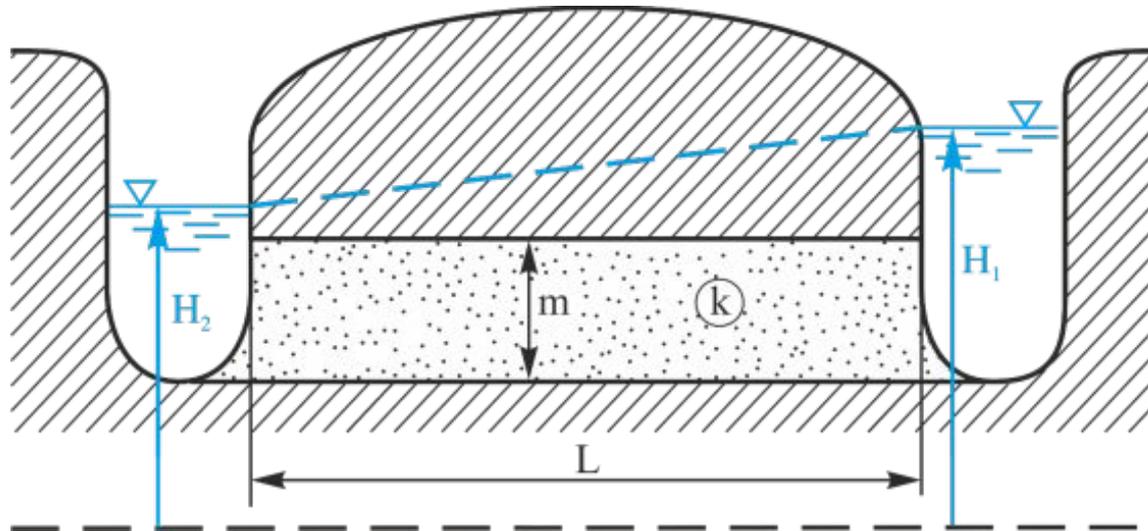
Граничные условия водоносных горизонтов

Граница первого рода

Питающая граница.

$$H = f(t) \text{ или } H = const$$

Река с постоянным или изменяющимся во времени уровнем поверхностных вод, гидравлически связанных с водоносным горизонтом.



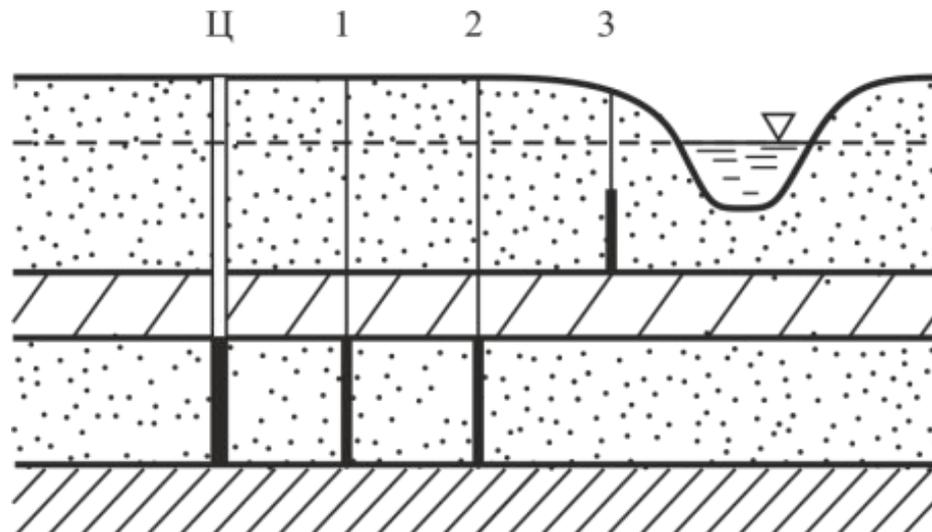
Граничные условия водоносных горизонтов

Граница третьего рода

Полупроницаемая граница.

$$Q_{\text{пер}} = f(\Delta H)$$

Расход перетекания пропорционален разности напоров в пластах, разделённых этой границей.



Граничные условия водоносных горизонтов

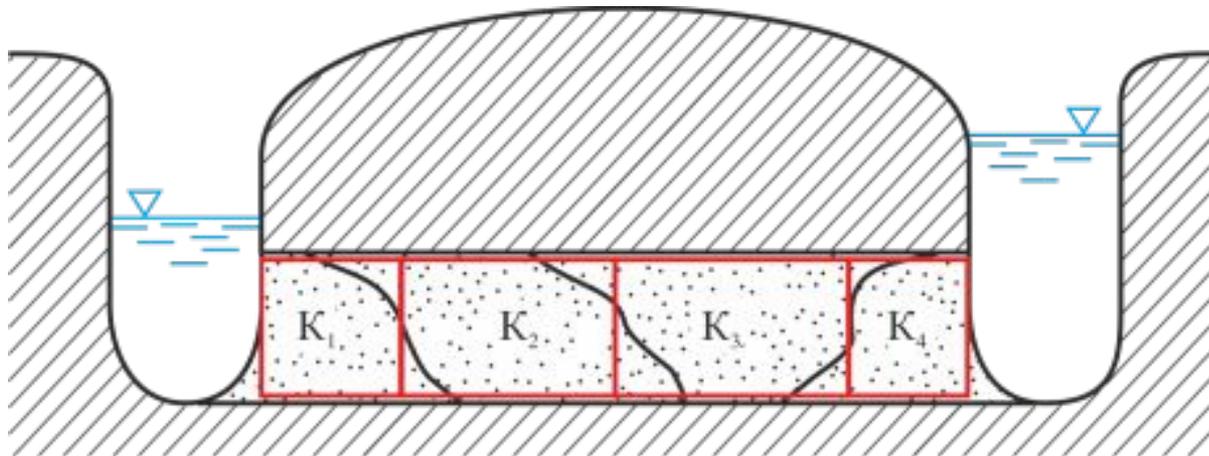
Граница четвёртого рода

Граница пород с различной проницаемостью.

$$q_1 = q_2;$$

$$H_1 = H_2;$$

Равенство напоров и расходов на границе контакта водовмещающих пород с различной проницаемостью.



Граничные условия водоносных горизонтов

Граница первого рода

определяют относительно простые гидрогеологические условия и могут быть учтены в аналитических расчётах

Граница второго рода

Граница третьего рода

определяют относительно сложные гидрогеологические условия и могут быть учтены при численном моделировании

Граница четвёртого рода

Классификация степени сложности гидрогеологических условий

Простые – условия залегания подземных вод простые, фильтрационные параметры и химический состав подземных вод **не изменяются** в пространстве и во времени

Сложные– условия залегания подземных вод сложные, фильтрационные параметры и химический состав подземных вод **изменяются** в пространстве и во времени

Очень сложные– условия залегания подземных вод сложные, фильтрационные параметры и химический состав подземных вод **очень сильно изменяются** в пространстве и во времени

Исключительно сложные – условия залегания подземных вод , фильтрационные параметры и химический состав подземных вод **уникальны** для данного водозаборного участка (месторождения минеральных вод)

Граничные условия водоносных горизонтов

В простых гидрогеологических условиях используют аналитические методы расчёта водозаборов

В сложных, но хорошо изученных условиях для расчёта водозаборов используют методы моделирования

Метод зеркальных отображений

Для расчёта водозаборов в условиях взаимодействия с граничными условиями используется метод «зеркальных отображений»

Метод зеркальных отображений

В основе использования метода «зеркальных отображений» лежит формализация взаимодействия скважин водозабора с граничными условиями

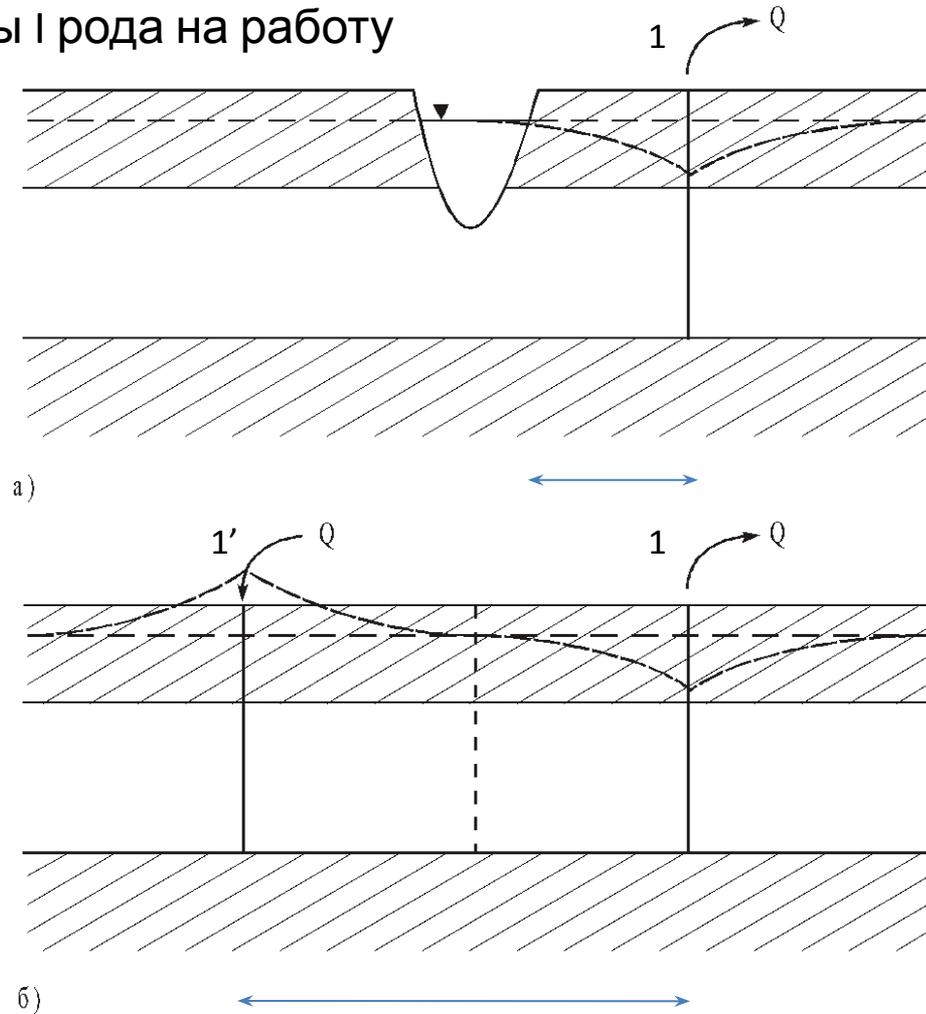
Прогноз работы водозабора выполняют на расчётной схеме, в которой влияние границы (границ) заменяют влиянием зеркальных отображений реальных скважин. В результате такой замены расчётная схема становится в гидродинамическом отношении эквивалентной природной обстановке и позволяет проводить расчёты только в рамках учета взаимодействия скважин для условий неограниченного водоносного горизонта

Метод зеркальных отображений

Для использования метода «зеркальных отображений» при схематизации гидрогеологических условий необходимо сделать две замены:

1. заменить реальный водоносный горизонт, содержащий границу, на точно такой же неограниченный
2. заменить влияние границы влиянием зеркального отображения реальной скважины

Схема учёта влияния границы I рода на работу скважины



- а- реальный полуограниченный водоносный горизонт;
- б- фиктивный неограниченный водоносный горизонт

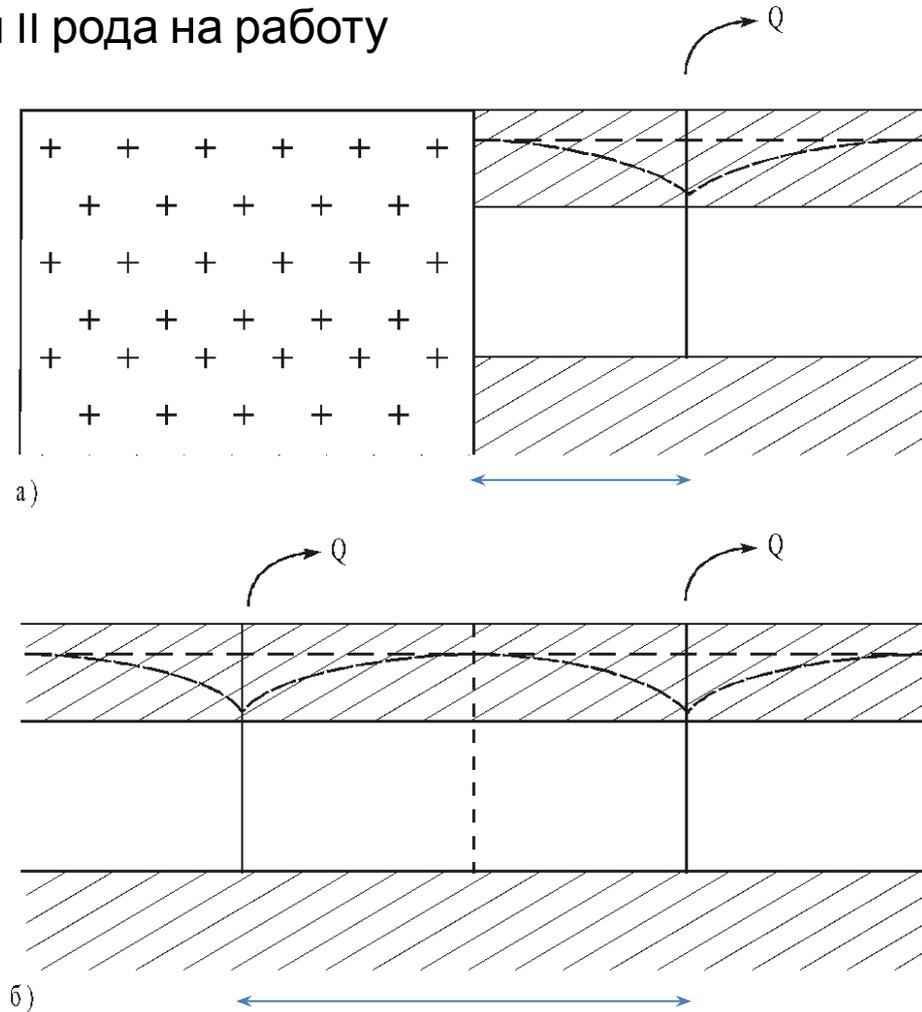
Схема учёта влияния границы I рода на работу скважины

$$S_1 = S_1^0 - \Delta S_{1-1'};$$

$$S_1^0 = \frac{Q_1}{4\pi km} \ln \frac{2,25at_1}{r_{скв.1}^2};$$

$$\Delta S_{1-1'} = \frac{Q_2}{4\pi km} \ln \frac{2,25at_{1'}}{r_{1-1'}^2};$$

Схема учёта влияния границы II рода на работу скважины



а- реальный полуограниченный водоносный горизонт;
б- фиктивный неограниченный водоносный горизонт

Схема учёта влияния границы II рода на работу скважины

$$S_1 = S_1^0 + \Delta S_{1-1'};$$

$$S_1^0 = \frac{Q_1}{4\pi km} \ln \frac{2,25at_1}{r_{скв.1}^2};$$

$$\Delta S_{1-1'} = \frac{Q_2}{4\pi km} \ln \frac{2,25at_{1'}}{r_{1-1'}^2};$$

Граничные условия определяют степень сложности гидрогеологических условий водозаборного участка (месторождения подземных вод).

Выделяют четыре типа (рода) граничных условий.

Учёт влияния граничных условий I и II рода на работу водозаборов можно учесть при выполнении аналитических расчётов по методу «зеркальных отображений»

Метод «зеркальных отображений» можно применять и для групповых водозаборов, но при этом следует учитывать увеличение объёмов вычислительных операций с одностепенными уравнениями.

Численное моделирование гидрогеологических условий целесообразно применять для сложных, но хорошо изученных условий.