

Лекция V

Движение подземных вод в НГБ. Виды движения.

Классификация геогидродинамических систем

- С позиции гидрогеомеханики различают турбулентное и ламинарное движение. Турбулентное движение характерно в основном для карстовых вод. Ему свойственны беспорядочность движения струй, пульсация, активное гидравлическое перемешивание, возникающее при больших скоростях потоков. Такой тип движения присущ подземным потокам в карстовых полостях карбонатных пород в горных массивах, например, таких, как Альпы, Пиренеи, Кордильеры и др.

- Основной вид движения свободных подземных вод – **ламинарная фильтрация**, или вынужденная конвекция, когда движение вод осуществляется за счет наличия градиента давления. Ламинарная фильтрация подчиняется закону Дарси. Закон Дарси в первоначальном виде имеет следующее выражение:

$$Q = k_{\phi} F \frac{\Delta H}{\Delta L}$$

где Q – расход потока;

k_{ϕ} – коэффициент фильтрации;

F – площадь поперечного сечения фильтрующей среды;

ΔH – перепад напоров;

ΔL – длина участка фильтрационного потока

Пьезометрический напор подземных вод:

$$H = \frac{P}{\rho g} + Z$$

где P - гидростатическое давление в данной точке потока;

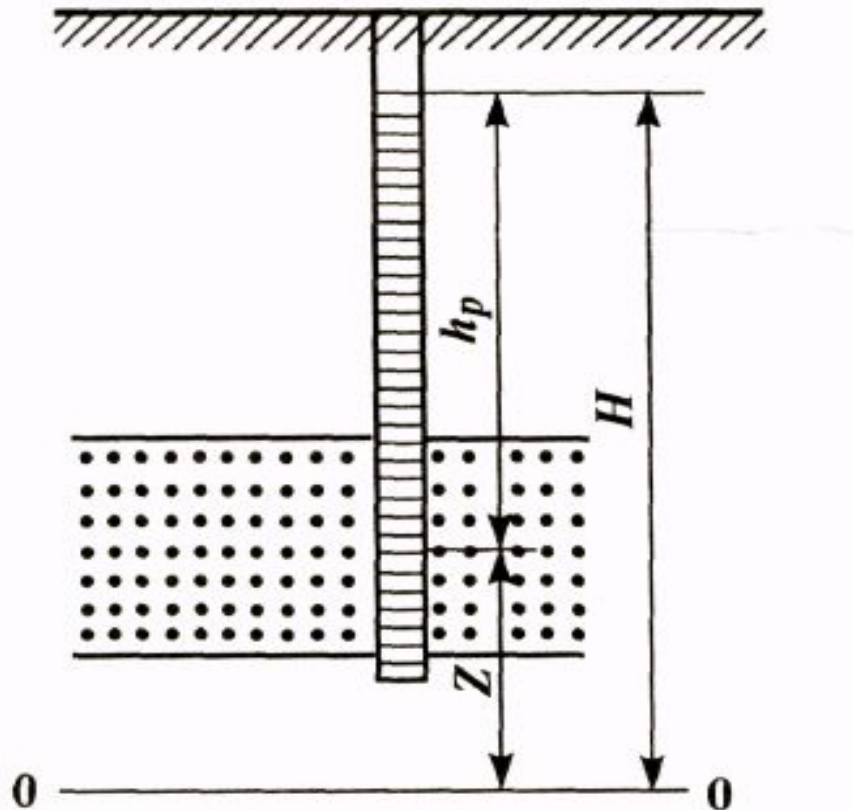
ρ - плотность воды;

Z - высота данной точки потока над выбранной плоскостью сравнения;

g - ускорение свободного падения.

Рис. 10 – Графическое изображение пьезометрического напора

Отношение $p/\rho g$, или h_p , называется пьезометрической высотой. Это высота, на которую должна подняться вода над данной точкой потока под влиянием гидростатического давления P в данной точке



Гидравлический уклон (напорный градиент) - величина падения напора на единицу длины по направлению фильтрации:

$$i = \Delta H / \Delta L$$

Подставляя это обозначение, формулу Дарси можно записать таким образом:

$$Q = k_{\phi} F i$$

Скорость фильтрации можно получить, разделив величину расхода потока на площадь поперечного сечения фильтрующей среды:

$$V = k_{\phi} i$$

Коэффициент фильтрации прямо пропорционален проницаемости фильтрующей среды и обратно пропорционален вязкости фильтрующейся жидкости:

$$k_{\phi} = k_{пр} \frac{\rho}{\mu}$$

Метод А.И. Силина-Бекчурина

$$\rho_{np} = \left(h_1 \rho_1 + \frac{\rho_1 + \rho_h}{2} \cdot Z_1 \right) g$$

где

h_1 - статический уровень в скважине;

ρ_1 - плотность воды в скважине;

ρ_h - плотность воды на выбранной плоскости сравнения;

Z_1 - высота забоя скважины над плоскостью сравнения;

g - ускорение свободно падающего тела.

Эта формула выведена для условия прямолинейного изменения плотности воды с глубиной.

На рис. 11 показана схема расчета приведенных давлений.

- В первой скважине

$$\rho_{np1} = (h_1 \rho_1 + \frac{\rho_1 + \rho_h}{2} \cdot Z_1) g$$

во второй скважине (и других)

$$\rho_{np2} = (h_2 \rho_2 + \frac{\rho_2 + \rho_h}{2} \cdot Z_2)$$

в скважине n, через которую проведена плоскость сравнения

$$\rho_{пр n} = h_{np} \rho_n g$$

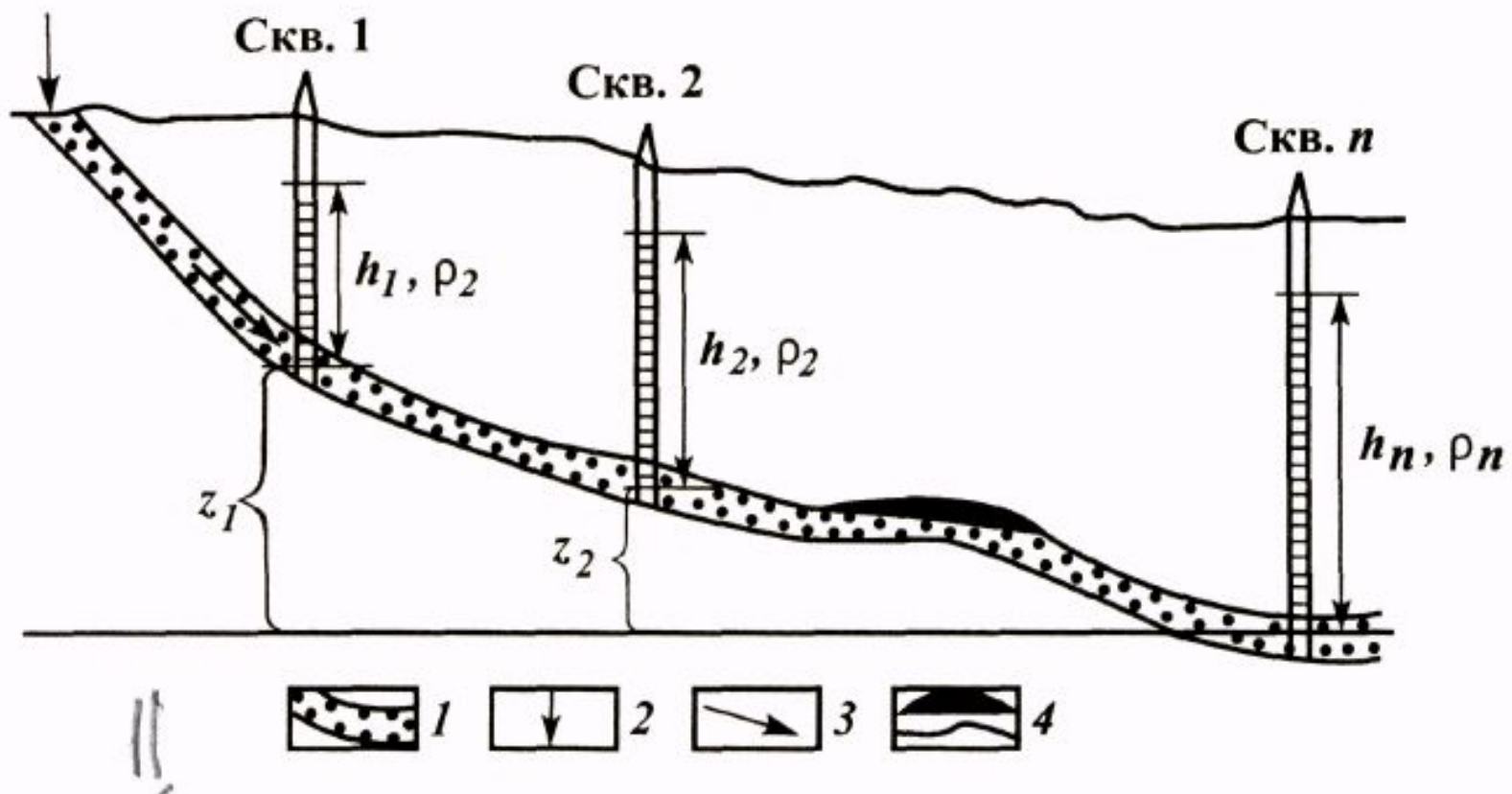
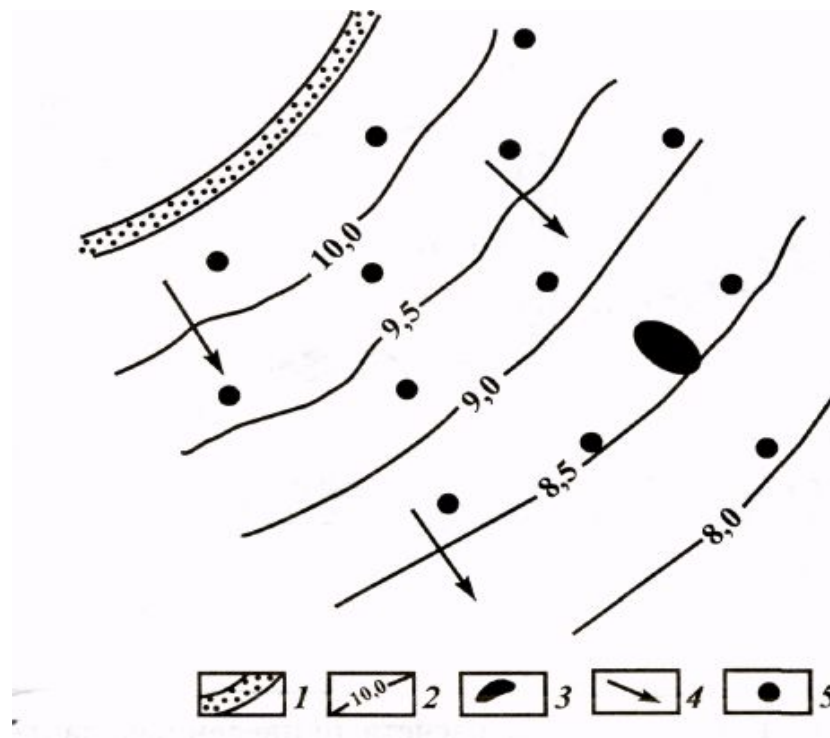


Рис. 11 – Схема расчета приведенных давлений

1 – водоносный пласт; 2 – инфильтрация; 3 – направление движения вод; 4 – залежь нефти

Рис. 12 – Карта приведенных гидроизобар



1 – выход нефтегазоводоносного пласта на земную поверхность; 2 – гидроизобары, МПа; 3 – залежь нефти; 4 – линия тока воды; 5 – скважины, по данным которых рассчитаны приведенные давления

- Средняя действительная скорость движения вод по порам и трещинам в породах будет равна частному от деления скорости фильтрации на коэффициент эффективной пористости m , который равен отношению объема сообщающихся пор V_p ко всему объему породы. Таким образом, действительная скорость движения жидкости будет равна

$$u = v/m$$

Расход потока можно рассчитать по формуле:

$$Q = F \frac{k_{np} \rho i}{\mu}$$

или, умножив площадь поперечного сечения фильтрующихся пород на скорость фильтрации, по формуле: $Q = vF$

Диффузия растворенных в подземных водах веществ (ионов, солей, газов) происходит в соответствии с законом Фика:

$$Q=DF(\Delta C/\Delta l)$$

где Q - расход диффузионного потока;

D - коэффициент диффузии - величина, зависящая от свойств диффузионной среды и от свойств диффундирующего вещества;

F - площадь поперечного сечения потока;

ΔC - перепад концентраций диффундирующего вещества;

Δl - длина участка диффузионного потока.

- Рис. 13 – Схема классификации геогидродинамических систем



Контрольные вопросы:

1. Какие виды движения преобладают в земной коре?
2. Зачем определяются приведенные давления в водоносных пластах?
3. Какие условия ограничивают действие закона Дарси?
4. В каких условиях диффузия может считаться основной формой массопереноса?
5. Что следует понимать под геогидродинамической системой?