

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Лекции - 17 ч.

Лабораторные занятия - 17 ч.

ЗАЧЕТ

Курс лекций

Сидорова Галина Петровна

д.т.н., профессор кафедры « Прикладной геологии и технологии геологической разведки».

Горный факультет.

Забайкальский государственный университет

Виды воды в горных породах

Свободная вода:

- ▶ свободная гравитационная вода
- ▶ капиллярная вода ($r_{\text{пор}} = 30-500 \cdot 10^{-9}\text{м}$),

Физически связанная вода ($r_{\text{пор}} = 1,5-30 \cdot 10^{-9}\text{м}$) :

- рыхлосвязанная
- стыковая
- адсорбированная (удерживается породой $P=1000\text{МПа}$)

Сорбционно-замкнутая

Химически связанная:

Кристаллизационная. (цеолиты, опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, монтмориллонит $\text{Ca,Na... Mg,Al,Fe}_2 [(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}] (\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$),

Движение воды в грунте

- Фильтрация – ламинарный закон движения (закон Дарси)
- Миграция – движение паров, пленочной воды



Тема. Динамика подземных вод

1. Виды движения воды в горных породах. Основные законы движения подземных вод

Виды воды в горных породах



Общие понятия о движении подземных вод

Подземные воды в большинстве случаев находятся в движении. Раздел гидрогеологии, изучающий закономерности движения подземных вод, называется ***динамикой подземных вод***.

Законы движения подземных вод используются при гидрогеологических расчетах водозаборов, дренажей, определении притоков воды к строительным котлованам и т. д.

Подземные воды могут передвигаться в горных породах как путем инфильтрации, так и фильтрации.

При *инфильтрации* передвижение воды происходит при частичном заполнении пор воздухом или водяными парами, что обычно наблюдается в зоне аэрации.

При *фильтрации* движение воды происходит при полном заполнении пор или трещин водой. Масса этой движущейся воды создает ***фильтрационный поток***.

Движение грунтовых вод подчиняется силе тяжести и осуществляется в виде потоков по сообщающимся порам или трещинам. Грунтовые потоки движутся от повышенных участков к пониженным участкам, где происходит их разгрузка в виде **нисходящих источников** (родников) или скрытым субаквальным рассредоточенным способом (например, под водами русел рек).



Направление и скорость движения подземных вод

- Для решения многих задач, в том числе, проектирования и строительства инженерных сооружений необходимо точно знать направление и скорость движения подземных вод.
- Направление движения подземных вод легче всего определяется по картам гидроизогипс (либо гидроизопьез).



Скорость движения грунтовых вод незначительна и зависит от структуры горных пород. Различают мелкозернистые породы (глины, суглинки), зернистые (пески), трещиноватые (известняки). Через пески и по трещинам гравитационная вода беспрепятственно стекает со скоростью 0,5–2 м в сутки, в суглинках и лёссах – 0,1–0,3 мм в сутки.

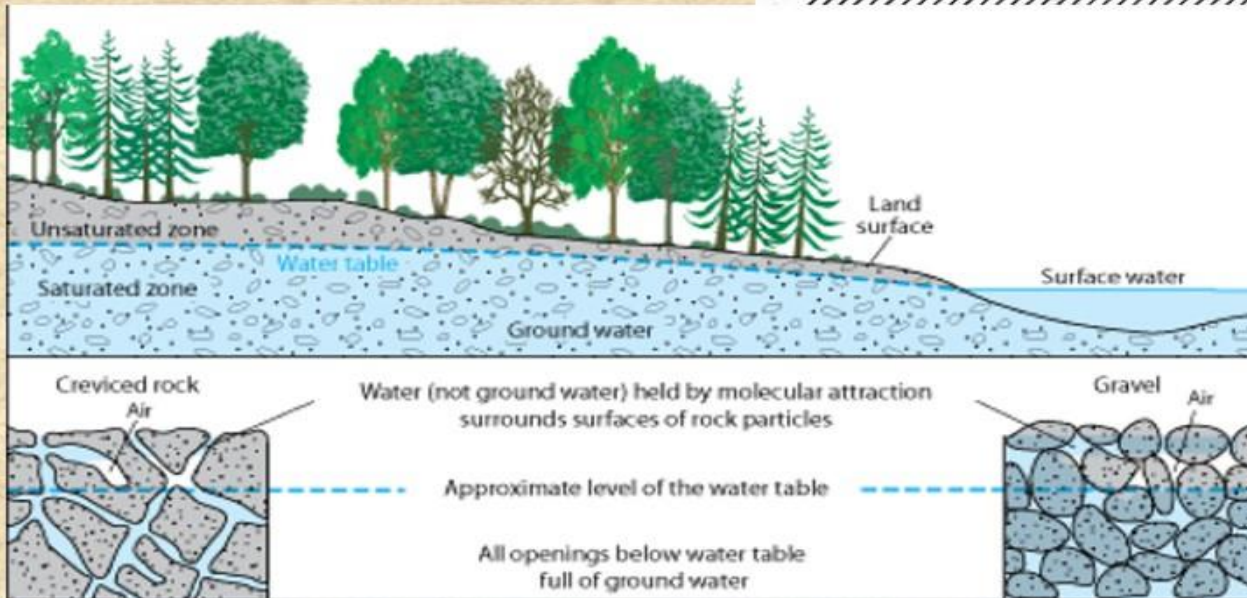
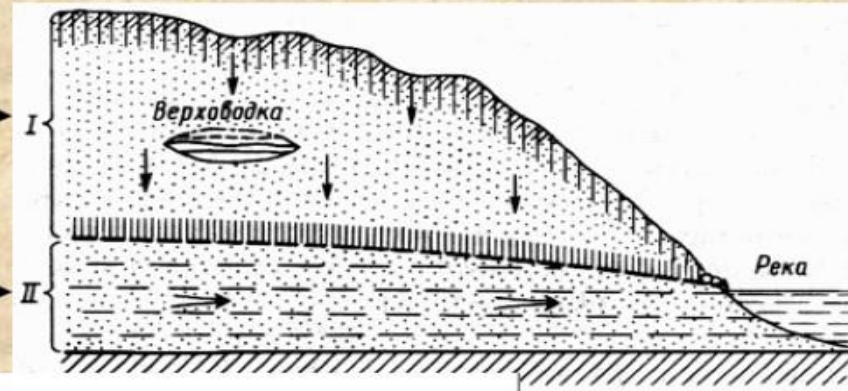
Динамика подземных вод изучает количественные закономерности движения подземных вод, разрабатывает теоретические основы и методы гидрогеологических расчетов, направленных на обоснование условий формирования подземных вод под влиянием естественных и искусственных факторов.

ДИНАМИКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Фильтрация и инфильтрация

Инфильтрация →

Фильтрация →



Развитие динамики подземных вод как отрасли гидрогеологии в России связаны с работами Г.Н. Каменского. Им впервые составлен учебник «**Основы динамики подземных вод**». Во всех работах Г.Н. Каменского отмечается связь теоретических исследований с геолого-гидрогеологическими условиями. Как указывалось в разделе «Общая гидрогеология», вода в подземной гидросфере представлена различными видами, и ее передвижение в разрезе земной коры происходит под действием силы тяжести, поверхностного натяжения, молекулярных сил и т.д.

К основным видам движения в земной коре относятся фильтрация, влагоперенос, миграция и массоперенос, который является наиболее общим видом движения и предполагает, что в горных породах одновременно с механическим перемещением воды идут различные физико-химические процессы, изменяющие массу растворенного вещества.

Влагоперенос происходит в основном в зоне аэрации при одновременном перемещении гравитационной, капиллярной, связанной и парообразной воды.

Фильтрация подземных вод происходит в основном в зоне насыщения.

Основной движущей силой является гидростатический напор (**H**), а в водоносных горизонтах с напорными водами – упругие силы воды и пласта, связанные с пластовым давлением (**P**).

Величина полного гидростатического давления **P** в точке, расположенной в жидкости на глубине **h**, выражается зависимостью

$$P = P_0 + \gamma h,$$

где,

P₀ – атмосферное давление на свободной поверхности жидкости;

γh - избыточное гидростатическое давление столба жидкости высотой **h** (**γ** - объемный вес жидкости).

Реальная жидкость характеризуется наличием сил внутреннего трения (вязкости). Часть ее энергетического потенциала (напора) затрачивается на преодоление сил сопротивления, что вызывает падение напора по пути движения жидкости. Таким образом, гравитационная вода движется через свободные поры и трещины под действием разности гидростатических напоров.

В зависимости от геолого-структурных условий изменяются скорости движения воды и, следовательно, расходы.

Для количественной оценки расхода необходимо знать основные параметры потоков подземных вод и закономерности их изменения.

Основной закон фильтрации установлен **А. Дарси**. Он объясняет изменение расхода потока подземных вод в связи с потерями энергии:

Закон Дарси

$$Q = k * F * I$$

Q – расход фильтрационного потока, м³/сут

F – площадь поперечного сечения потока, м²

I – градиент напора

$$I = (H_1 - H_2) / L$$

L – длина пути фильтрации (по линии тока), м

k – коэффициент фильтрации, м/сут

При турбулентном движении подземных вод, которое периодически встречается в массивах закарстованных пород и зонах разломов, наблюдается отклонение от линейного закона. Это отклонение отметил русский ученый **Краснопольский**. Он установил, что скорость потока пропорциональна корню квадратному из напорного градиента:

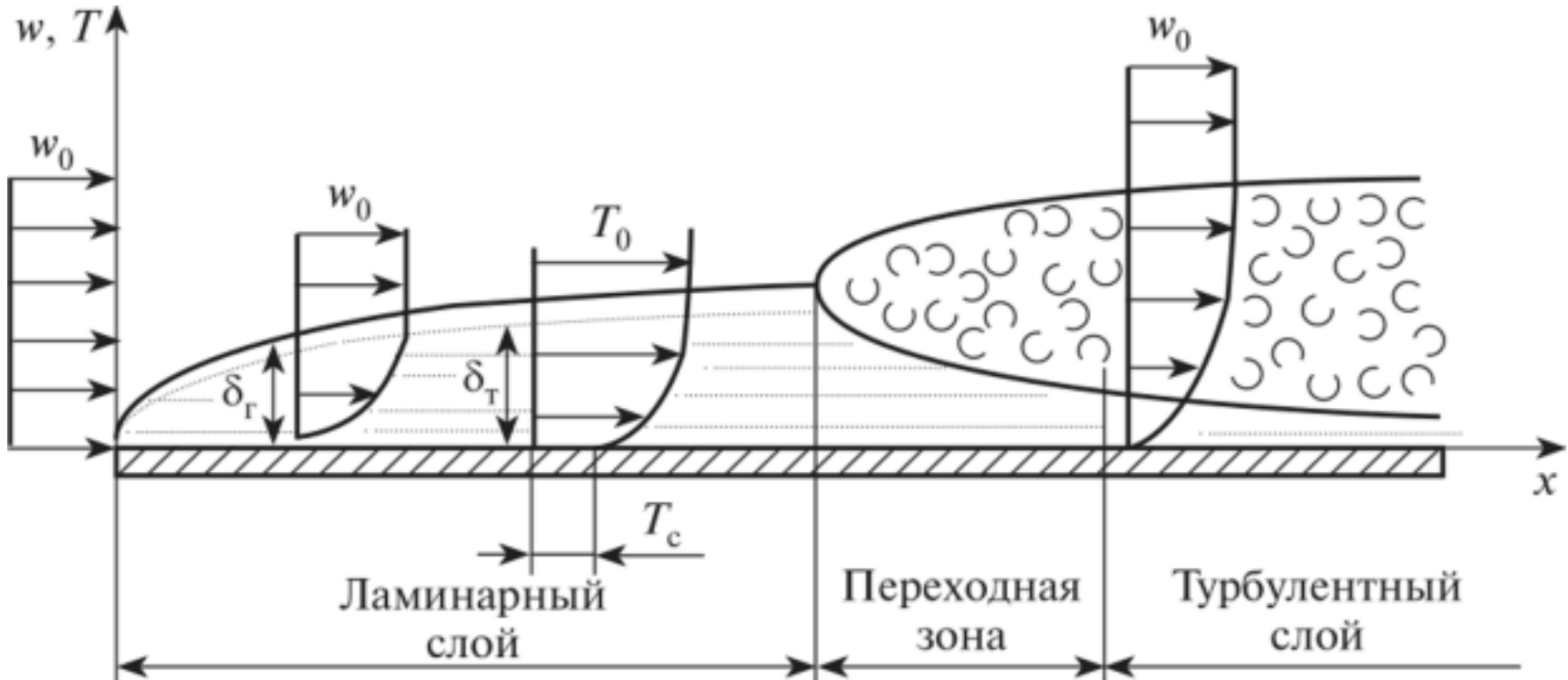
$$V = K\phi\sqrt{i}$$

При определенных условиях в глинистых породах возможно движение рыхлосвязанной воды, которое характеризуется вязко-пластичным режимом.

Этот вид движения определяется формулой $V = K(i - i_0)$,

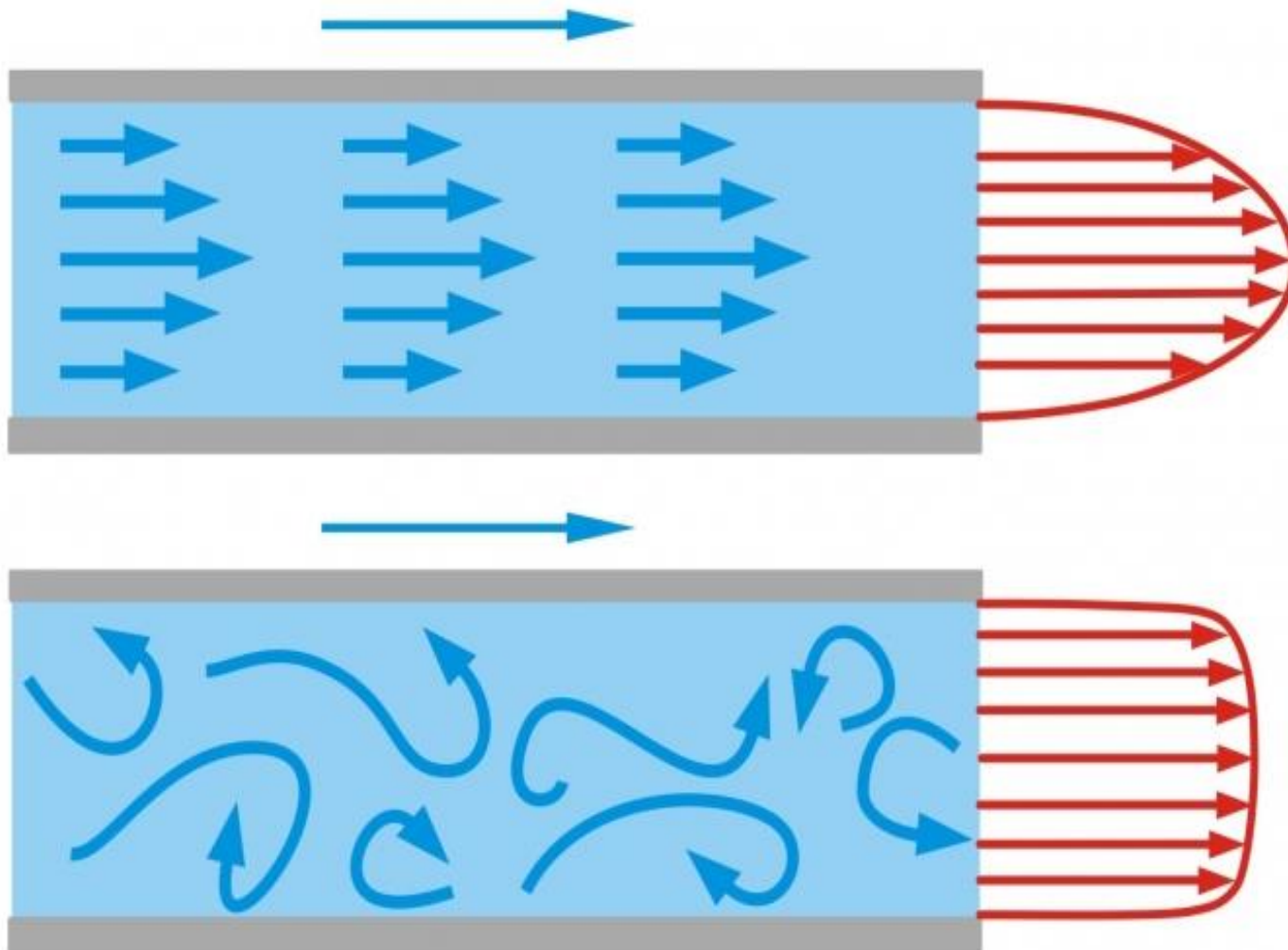
где i_0 – начальный напорный градиент.

Фильтрация жидкости через глинистые слабо проницаемые породы начинается тогда, когда напорный градиент i превышает начальную величину i_0 .



- Различают движение воды ламинарное и турбулентное, установившееся и неуставившееся.
- Ламинарное, или параллельно-струйчатое, движение происходит без пульсации скоростей; оно подчиняется линейному закону фильтрации. Турбулентное (вихревое) движение характеризуется пульсацией скоростей, вследствие чего перемешиваются различные слои потока. Турбулентное движение подчиняется нелинейному закону фильтрации.
- Установившееся движение подземных вод характеризуется постоянством во времени в любом сечении всех характеристик потока: мощности, напорного градиента, скорости фильтрации, расхода. При изменении во времени этих характеристик движение называется неуставившимся.

Диаграммы профиля скорости для ламинарного и турбулентного потоков



Движение подземных вод к поверхностям разгрузки

Зеркало грунтовых вод плавно повторяет изгибы земной поверхности. На возвышенных участках – грунтовые воды располагаются гипсометрически выше, на пониженных – ниже.

Фильтрация грунтовых вод происходит по направлению от возвышенных участков к пониженным – областям разгрузки.

Области разгрузки подземных вод: долины рек, озера, болота, моря и океаны.



Схема построения карт гидроизогипс и определения направления движения грунтового потока

