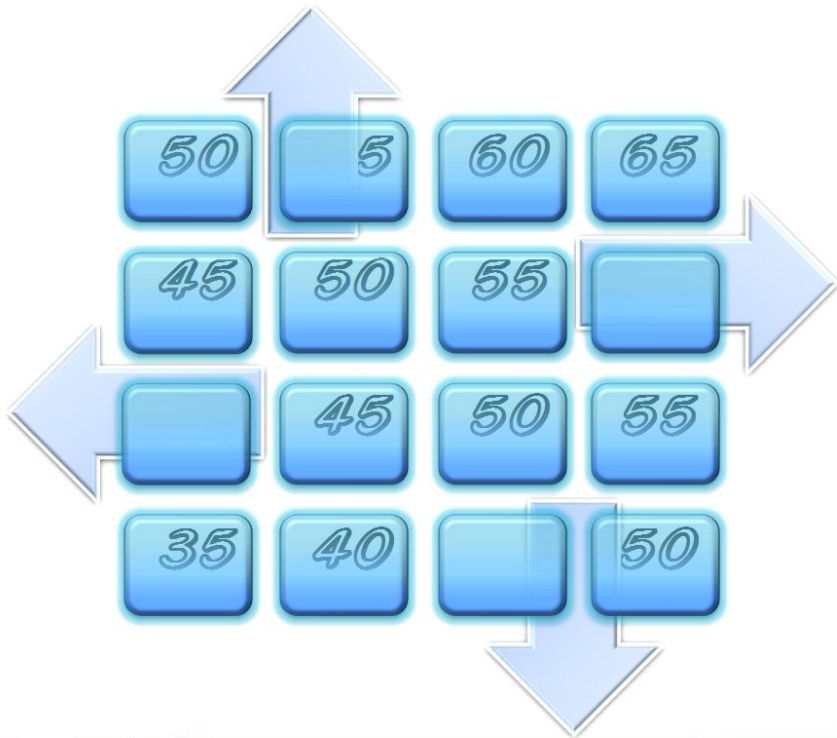


Гидродинамика флюидных систем и моделирование гидродинамических процессов



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

Элементы общей гидрогеологии

Понятие «напор» в гидродинамических расчётах
Гидродинамические элементы естественного фильтрационного потока

Естественные фильтрационные потоки

Количественная оценка движения подземных вод в естественных условиях напорного водоносного горизонта
Количественная оценка движения подземных вод в естественных условиях безнапорного водоносного горизонта

Искусственные фильтрационные потоки

Гидродинамические элементы искусственного фильтрационного потока
Режимы водопритока к скважинам
Граничные условия фильтрационных потоков
Учёт влияния граничных условий на работу скважин по методу «зеркальных отображений»
Типовые расчётные схемы водозаборов
Определение фильтрационных параметров водоносных горизонтов по данным откачек
Определение фильтрационных параметров водоносных горизонтов по данным восстановления уровня после откачки

Моделирование гидродинамических процессов

Методы решения основных дифференциальных уравнений фильтрации
Численное моделирование одномерных и двумерных фильтрационных потоков
Исследование одномерного фильтрационного потока на численной модели
Создание двумерной численной модели области фильтрации
Управление режимами вывода результатов численного моделирования
Управление внутренними граничными условиями численной модели области фильтрации
Управление внешними граничными условиями численной модели области фильтрации
Исследование работы системы взаимодействующих скважин на численной модели

В гидрогеологическом отношении все горные породы принято делить на три основные группы:

1. Водопроницаемые

галечники, гравий, песок, рыхлые песчаники и все сильно трещиноватые породы.

2. Полупроницаемые

глинистые пески, лёсс, известняки, песчаники и слабо трещиноватые метаморфические и магматические породы.

3. Практически не проницаемые (водоупорные, водоупоры)

глины, суглинки и все массивные кристаллические и осадочные породы, если они не трещиноватые.

Водоносным горизонтом

называется водопроницаемый пласт, насыщенный водой, находящейся в постоянном движении благодаря гидравлической связи и перепаду давления, существующих во всем пласте, и ограниченный водонепроницаемыми породами снизу и сверху или только снизу.

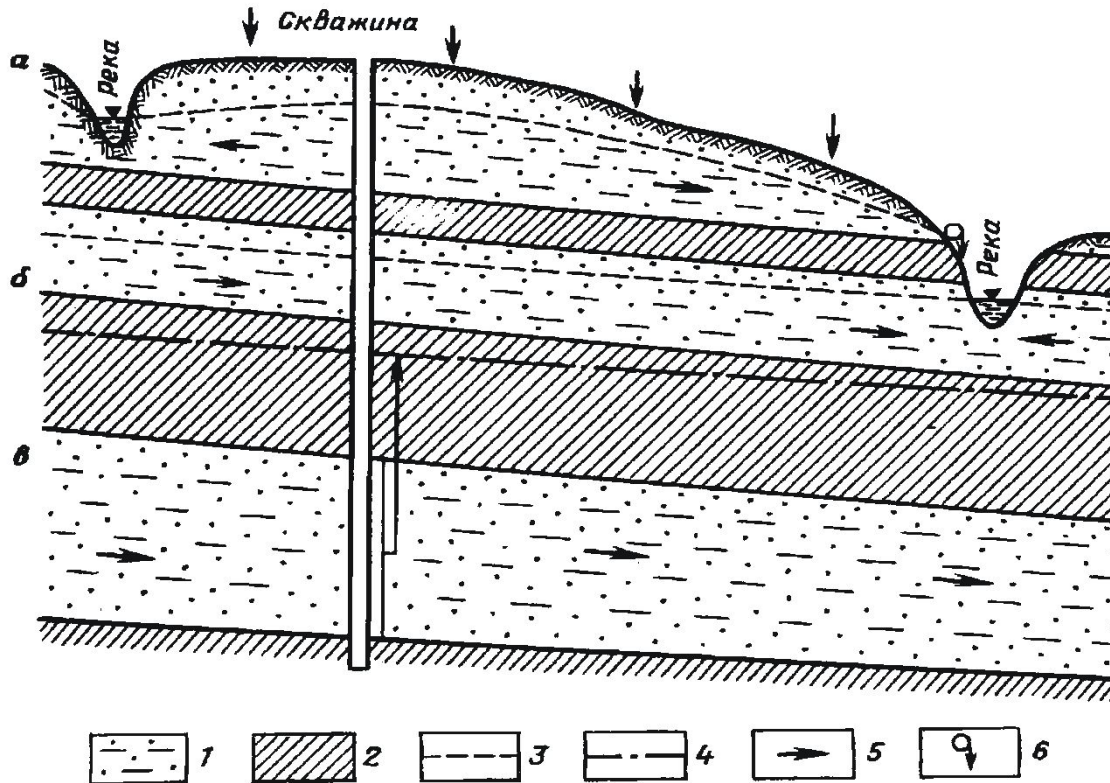
Подошва – это пласт, подстилающий водоносный горизонт.

Кровля – это пласт, перекрывающий водоносный горизонт.

Зеркало подземных вод – это поверхность, образованная подземными водами.

Пьезометрическая поверхность – это поверхность, на уровне которой гидростатическое давление становится равно атмосферному (уровень воды в скважине после вскрытия водоносного горизонта).

Типовые схемы залегания водоносных



- 1 — водоносные горизонты: а — грунтовые воды. б — межпластовые ненапорные. в — артезианские;
2 — водоупорные породы; 3 — уровень ненапорных вод; 4 — пьезометрический уровень напорных вод;
5 — направление движения подземных вод; 6 — родник грунтовых вод

Безнапорный водоносный горизонт

не имеет перекрывающих непроницаемых горных пород, вследствие чего питание атмосферными осадками происходит по всей площади их распространения и подземные воды испытывают только атмосферное давление.

Напорный водоносный горизонт

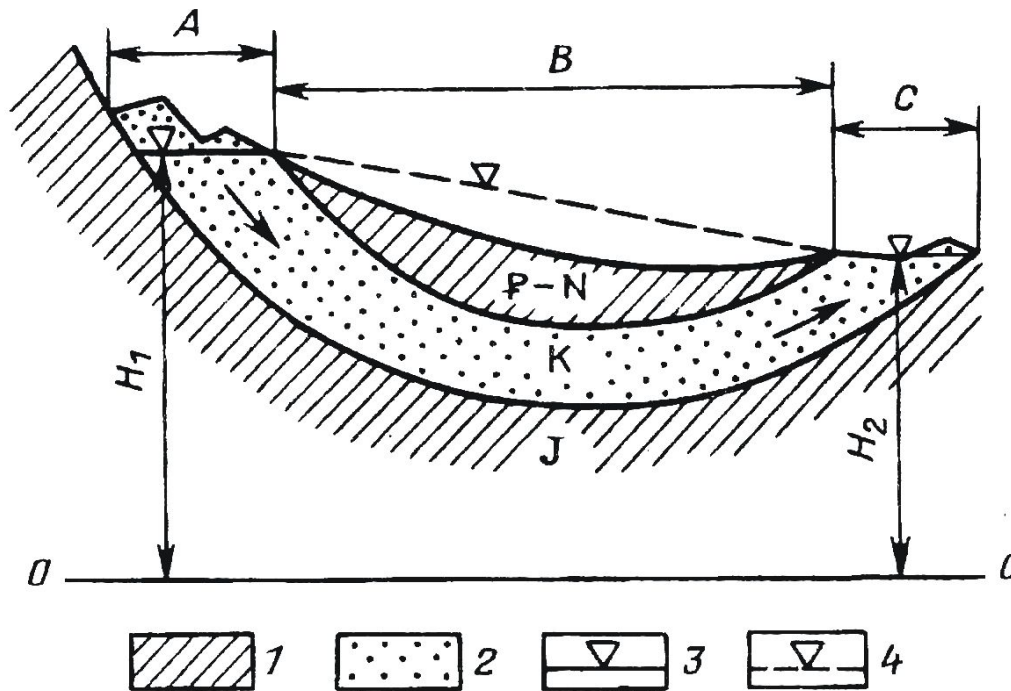
перекрыт трудно проницаемыми горными породами и поэтому характеризуется давлениями, превышающими атмосферное.

Питание таких горизонтов атмосферными осадками может осуществляться только на отдельных участках, где отсутствуют перекрывающие слабо проницаемые породы.

На картах зеркало подземных вод изображается с помощью **гидроизогипс**, а пьезометрическая поверхность — **гидроизопьез**.

Следовательно, первые представляют собой линии равных отметок реально существующей поверхности, водоносного горизонта, а вторые — линии равных напоров или отметок пьезометрической поверхности

Основные элементы водоносного горизонта



1 — глины; 2 — пески; 3 — свободный уровень подземных вод;

4 - пьезометрическая поверхность;

области: А -питания, В — распространения (напора), С - разгрузки;

H_1 и H_2 -напоры подземных вод в областях питания и разгрузки

- 1. Область питания** — это зона, в пределах которой атмосферные осадки могут проникать в гидравлическую систему.

Преобладающими направлениями движения подземных вод в этой части водоносного горизонта является нисходящее вертикальное (инфильтрация).

2. Область распространения (напора) подземных вод — это промежуточная зона между областями питания и разгрузки, которая является основной по площади развития. В пределах этой области преобладающим направлением движения подземных вод является горизонтальное. Для безнапорных водоносных горизонтов эти две первые области, как правило, совпадают

3. Область разгрузки — это зона, в пределах которой подземные воды выходят на поверхность земли или переливаются в другой водоносный горизонт (скрытая разгрузка).

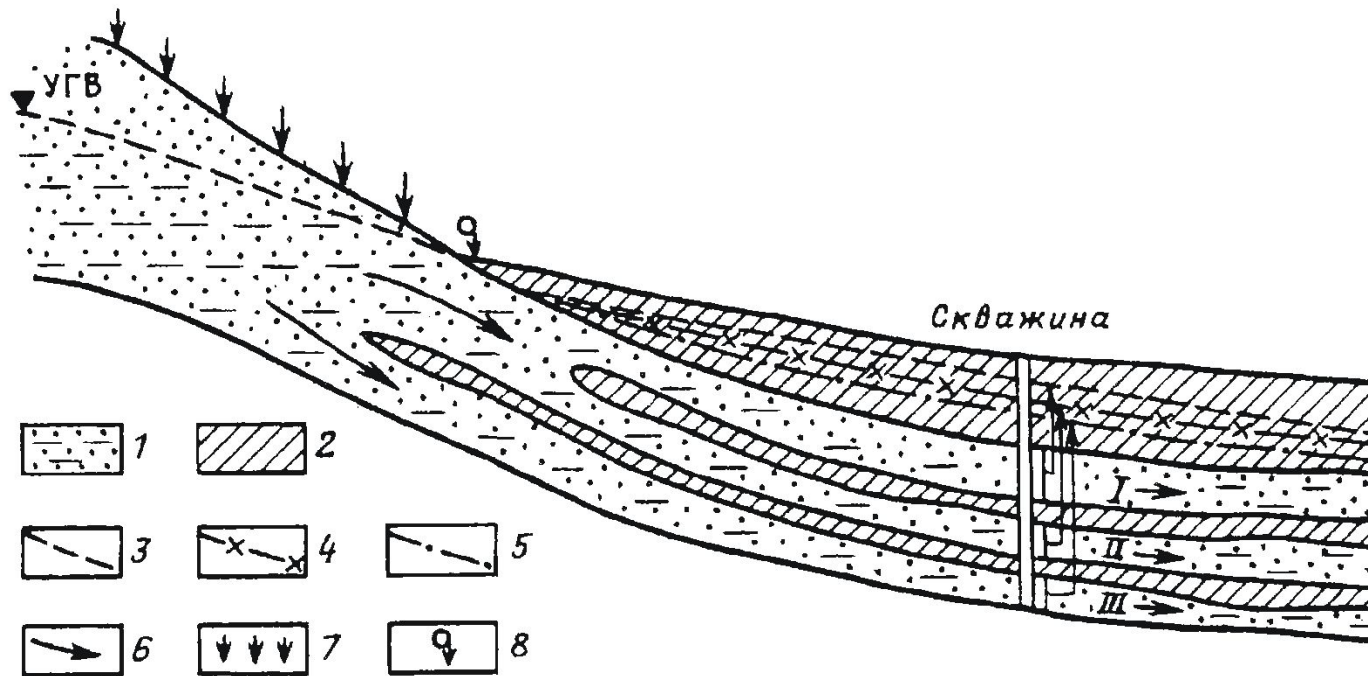
Направления движения подземных вод могут быть вертикальными восходящими или нисходящими.

В местах выхода подземных вод на поверхность образуются **источники** или **родники**, представляющие собой по существу своеобразные природные сооружения, из которых непрерывно ведется откачка воды и около которых всегда наблюдается депрессия в водоносном горизонте.

Водоносный комплекс представляет собой группу гидравлически связанных между собой водоносных горизонтов, одинаковых или разных по литологическому составу, разделенных слабо водопроницаемыми породами относительно небольшой мощности и имеющих близкие условия питания и разгрузки.

В отличие от водоносных горизонтов в водоносном комплексе напоры подземных вод могут, хотя и незначительно, изменяться в вертикальном разрезе, что определяется степенью проницаемости пород отдельных горизонтов.

Типовая схема строения водоносного комплекса



- 1 - водопроницаемые породы; 2 — водоупорные породы; 3-5 — пьезометрические уровни соответственно I, II и III горизонтов;
6 — направление движения подземных вод; 7 — область питания водоносного комплекса;
8 — родник нисходящий (зона разгрузки)

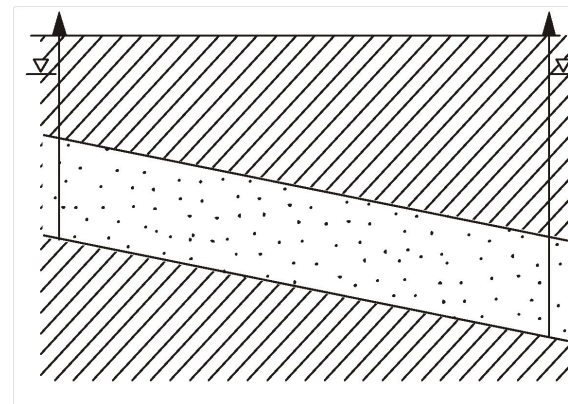
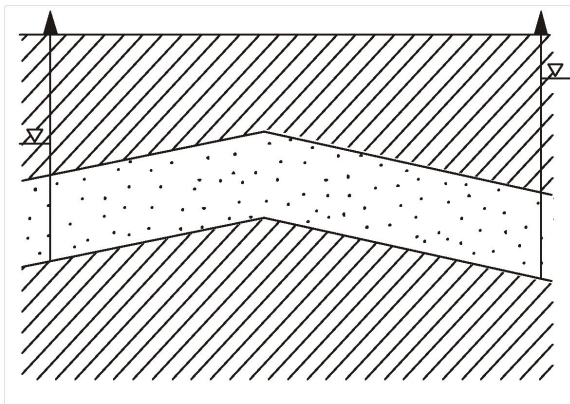
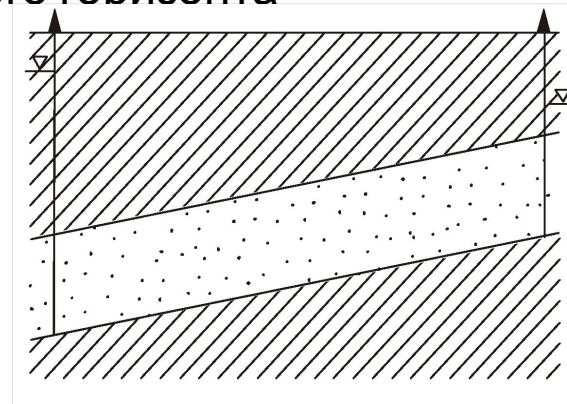
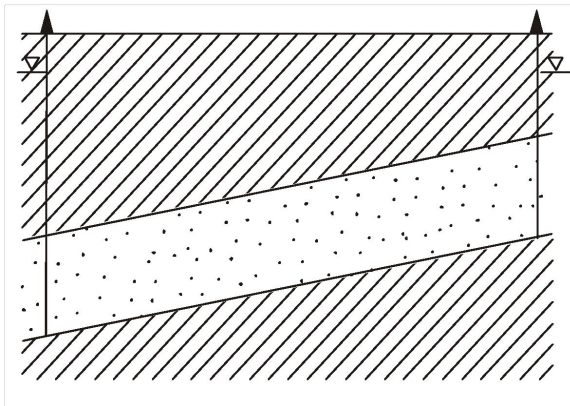
Основные геофильтрационные задачи:

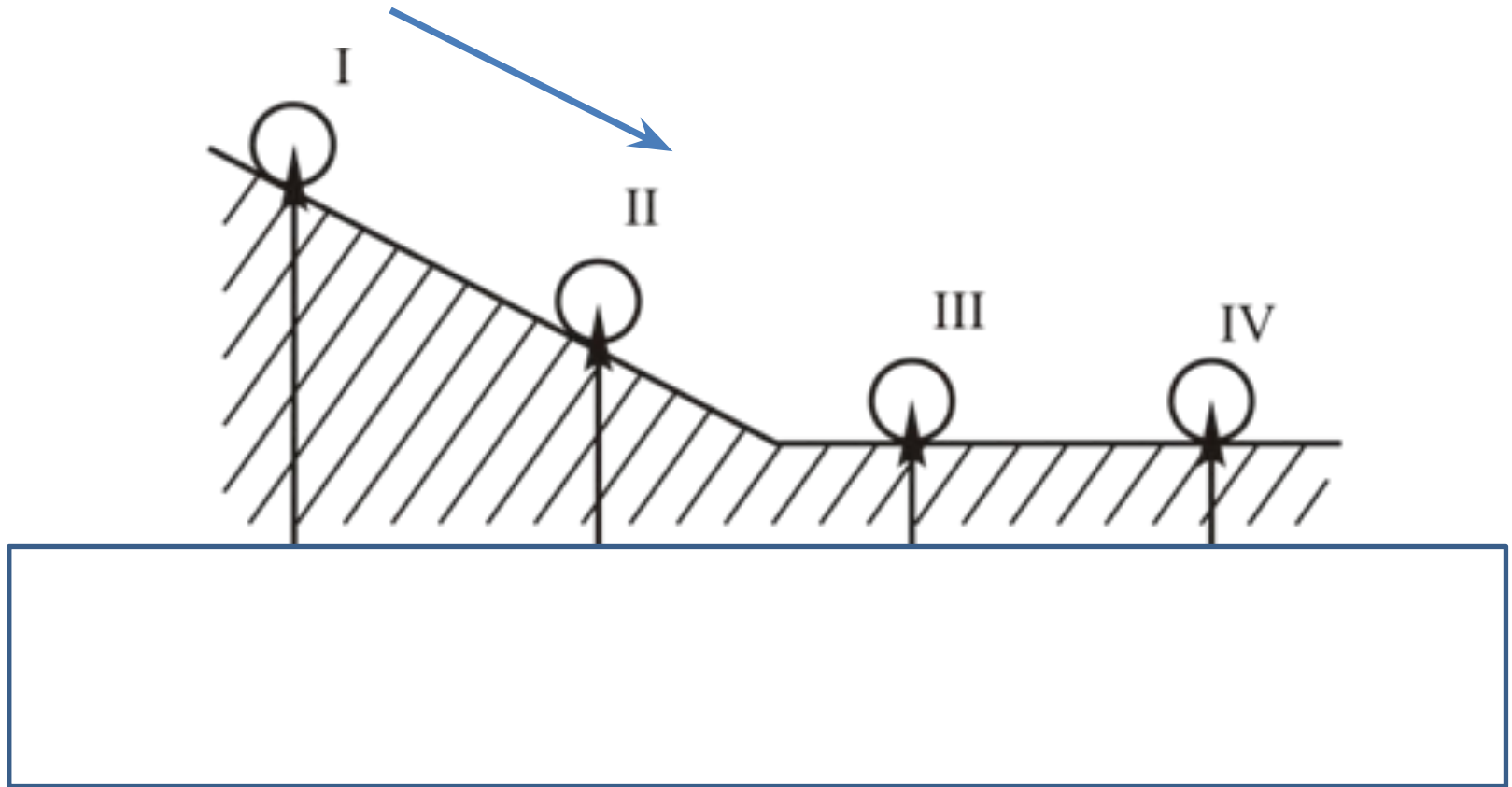
ОЦЕНКА РАСХОДА фильтрационного потока на основе известного напора
(прогнозная задача осушения)

ОЦЕНКА НАПОРА на основе известного расхода
(прогнозная задача водоснабжения,
оценка эксплуатационных запасов подземных вод)

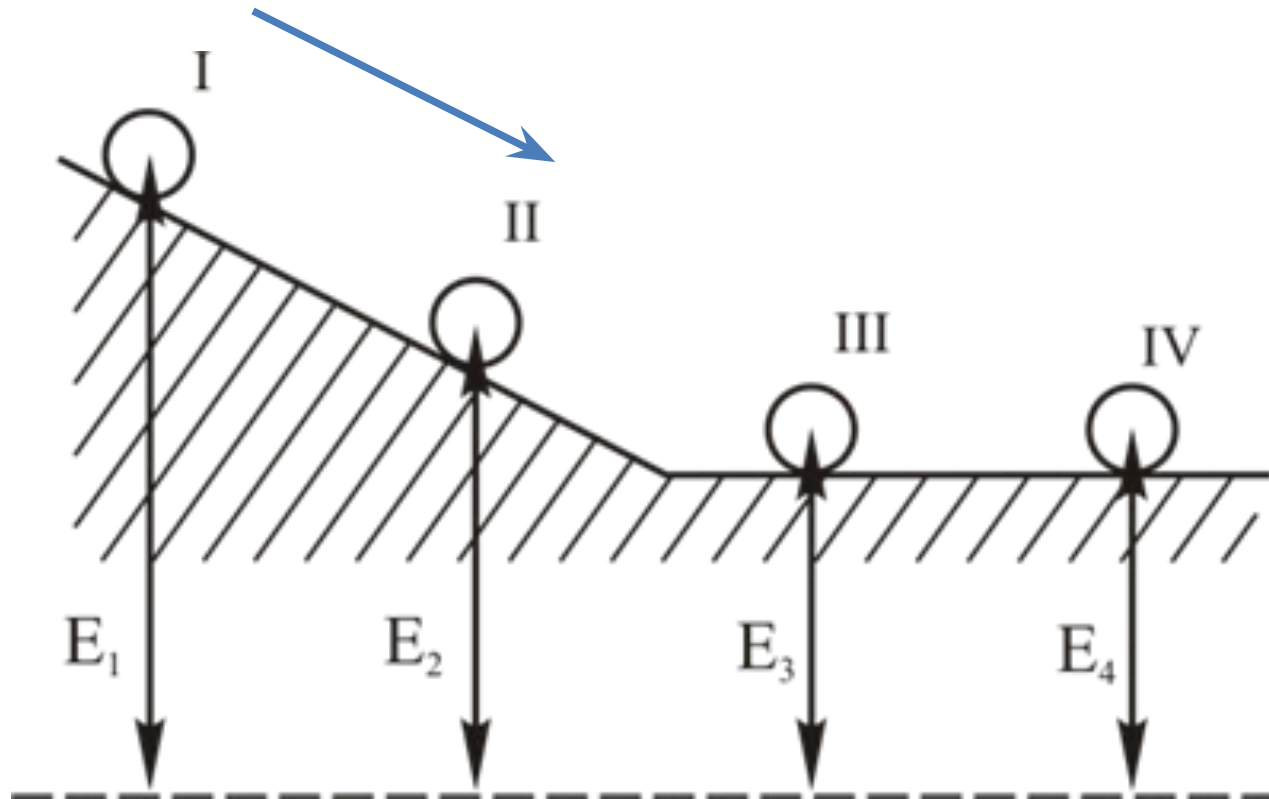
Определение направления фильтрации с использованием анализа величины
напора

напорного водоносного горизонта



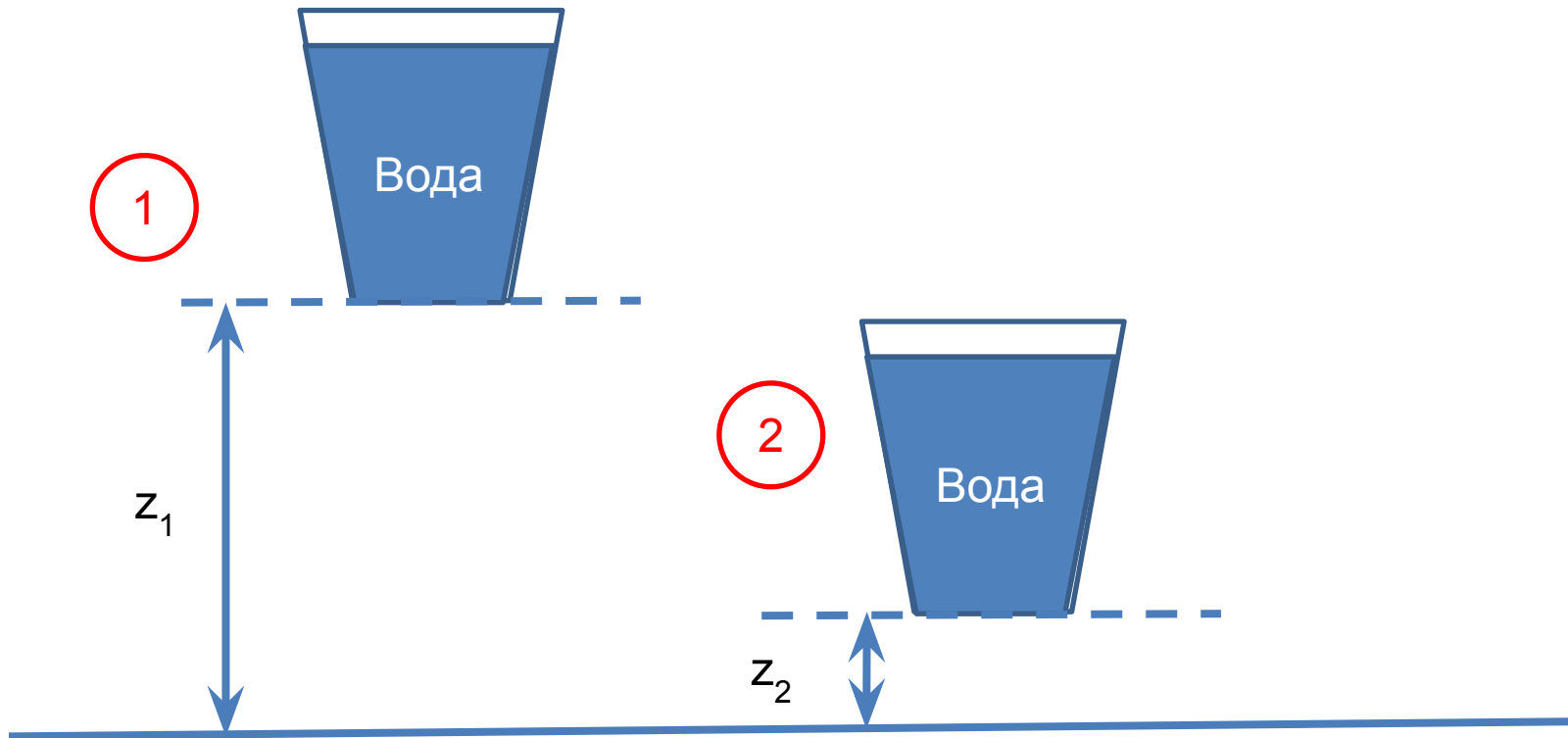


Что определяет направление движения шарика из положения I в положение II?

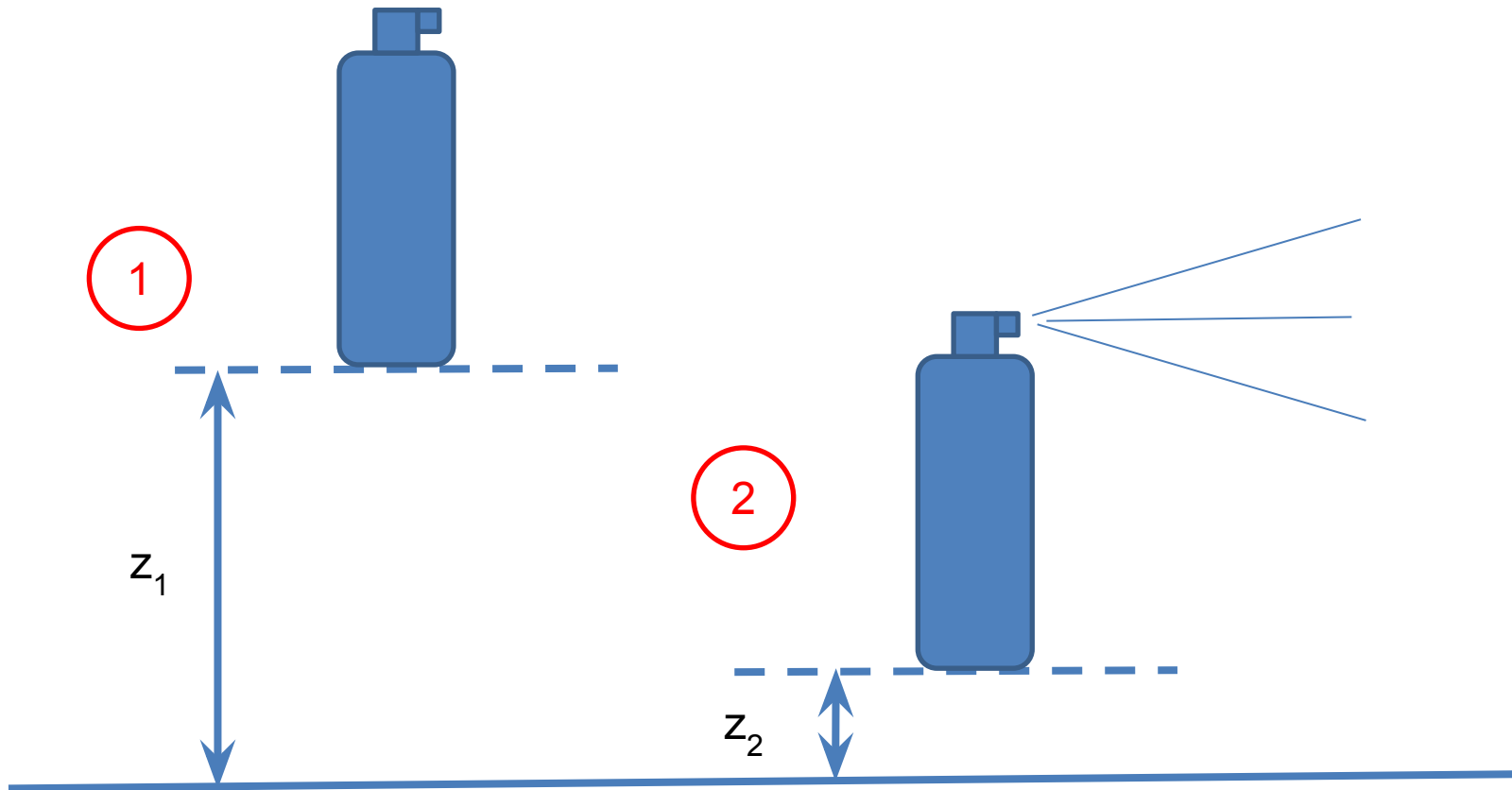


Механическая система стремится к такому положению, которое характеризуется минимальным уровнем потенциальной энергии.

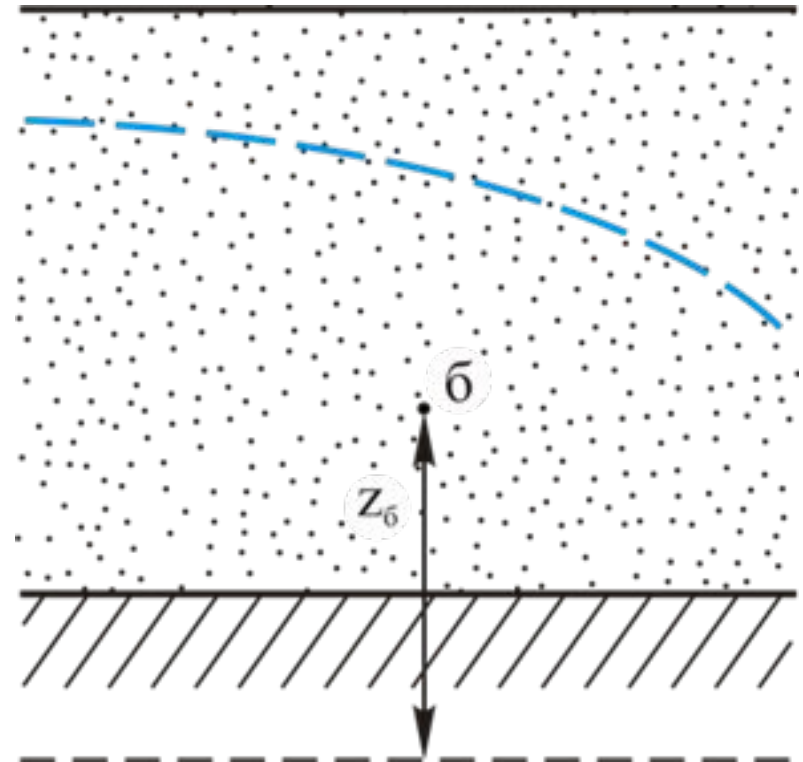
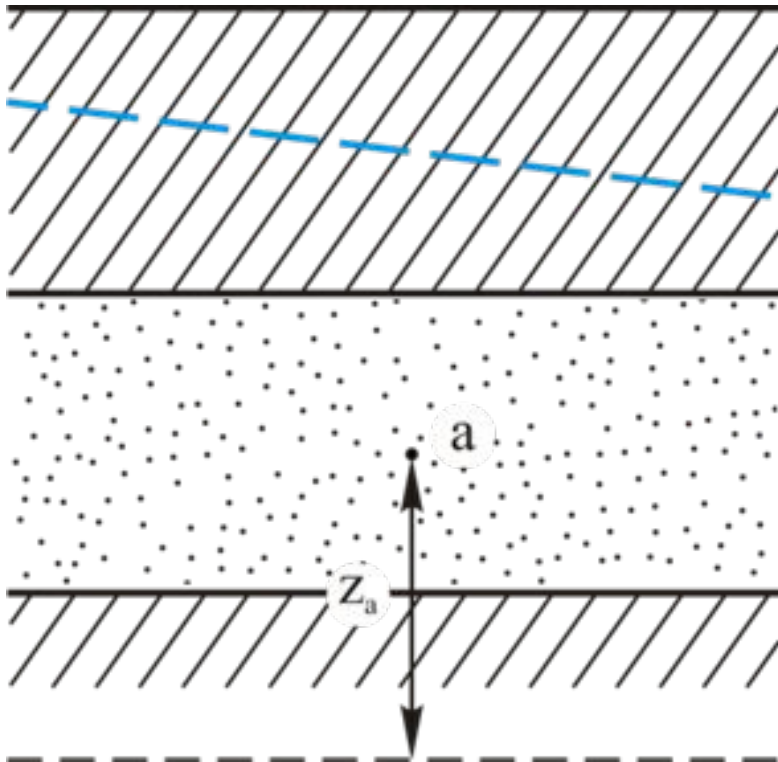
$E_1 > E_2$ - движение осуществляется в направлении от точки I к точке II;
 $E_3 = E_4$ - механическая система находится в состоянии безразличного равновесия



В каком случае будет совершена большая механическая работа?



Сосуды высокого давления: вода, освобождаясь от
давления,
способна совершать механическую работу.



Высотное положение точек «а» и «б» в напорном и
безнапорном
водоносных горизонтах, как мера части потенциальной
энергии
фильтрационного потока

**Закон
Паскаля**

$$P = \rho g h$$

где ρ – плотность жидкости;

g – ускорение свободного падения;

ρg – вес единицы объёма жидкости;

h – высота давления (пьезометрическая высота),

т.е. высота столба жидкости,

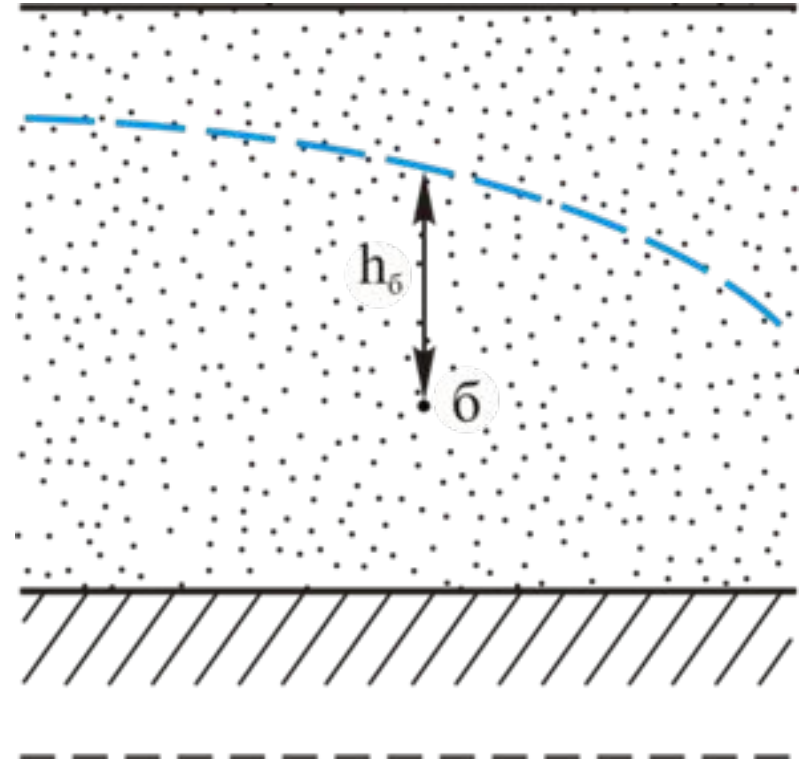
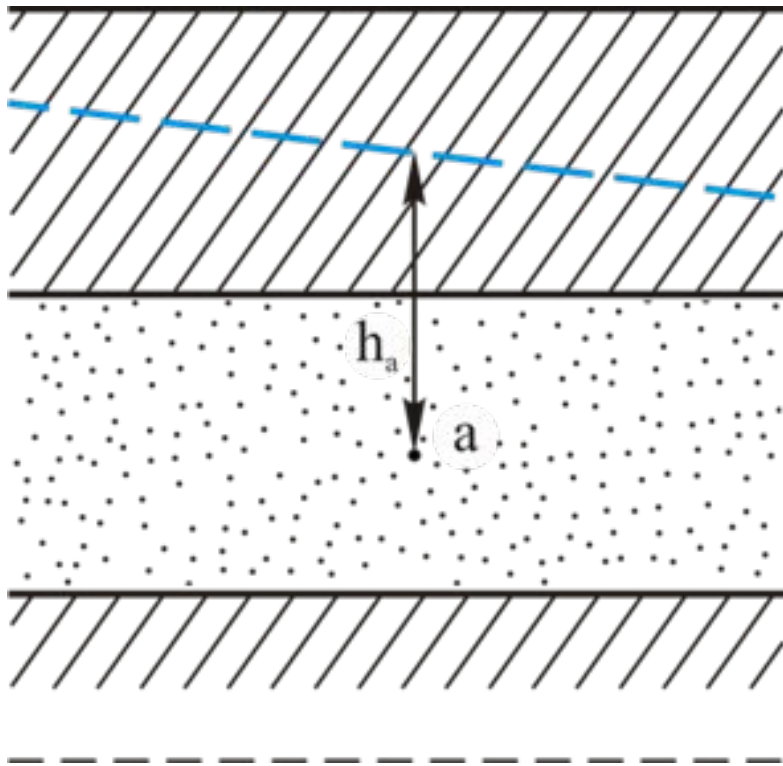
создающего гидростатическое давление величиной P .



Паскаль (*Pascal*) Блез (19.6.1623, Клермон-Ферран, — 19.8.1662, Париж), французский религиозный философ, писатель, математик и физик.

Вместе с Г. [Галилеем](#) и С. [Стевином](#) Паскаль считается основоположником классической [гидростатики](#): он установил её основной закон (см. [Паскаля закон](#)), принцип действия гидравлического пресса, указал на общность основных законов равновесия жидкостей и газов.

Опыт, проведённый под руководством Паскаля (1648), подтвердил предположение Э. [Торричелли](#) о существовании атмосферного давления.



Пьезометрические высоты в условиях напорного («а») и безнапорного («б») водоносных горизонтов

$$H = z + h$$

$$(H_a = z_a + h_a; H_b = z_b + h_b)$$

Пьезометрические высоты в условиях напорного («а») и безнапорного («б») водоносных горизонтов

Величину H , выражающую запасы потенциальной энергии частицы воды в точке («а», «б») водоносного горизонта называют **гидростатическим напором**.

Полная энергия репрезентативного объёма жидкости в этой точке должна включать и составляющую кинетической энергии потока $v^2/2g$, называемую **скоростным напором**.

Пьезометрический напор определяется уравнением Бернулли:

$$H = z_a + h_a + \frac{v^2}{2g}.$$

Величина скоростного напора в потоке подземных вод весьма мала и её обычно пренебрегают, используя для гидродинамических расчётов величину гидростатического напора, которую в динамике подземных вод для краткости называют **напором**.

Основы гидрогеодинамики



Дани́л Берну́лли (Daniel Bernoulli; 29 января (8 февраля) 1700 — 17 марта 1782), швейцарский физик-универсал и математик, один из создателей кинетической теории газов, гидродинамики и математической физики.

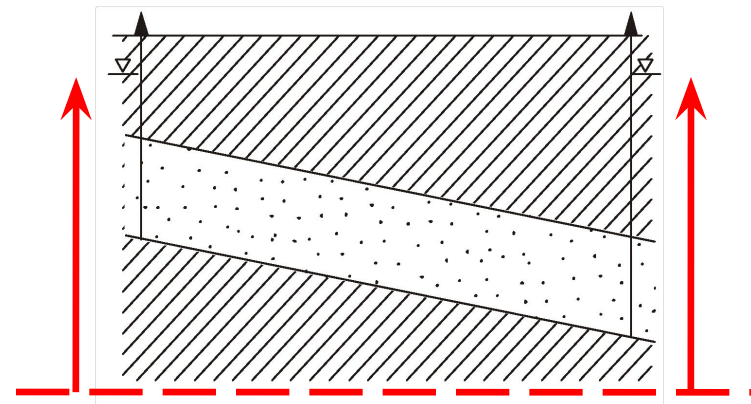
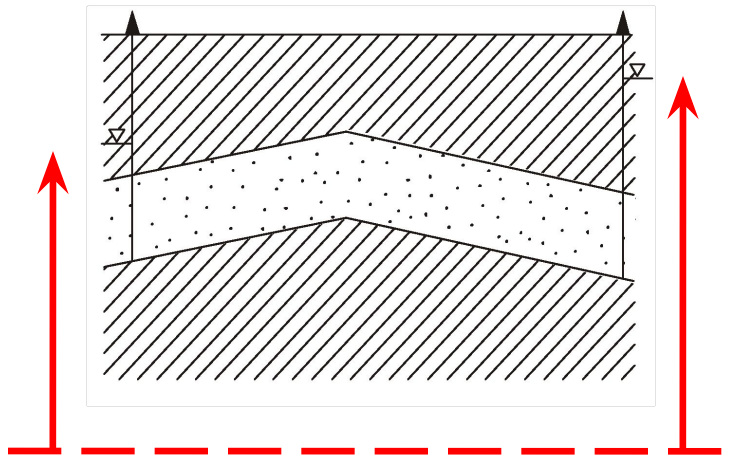
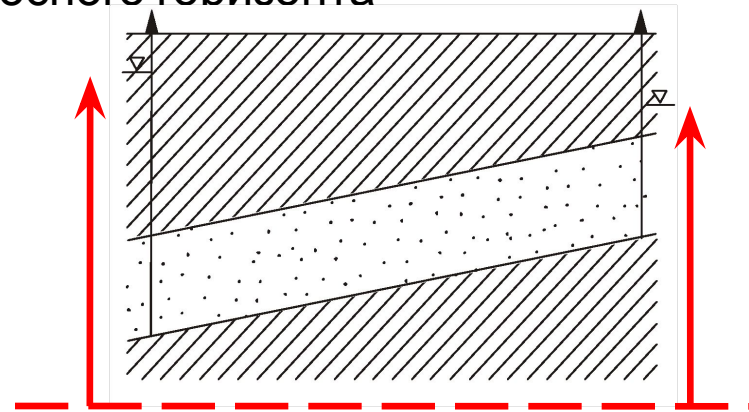
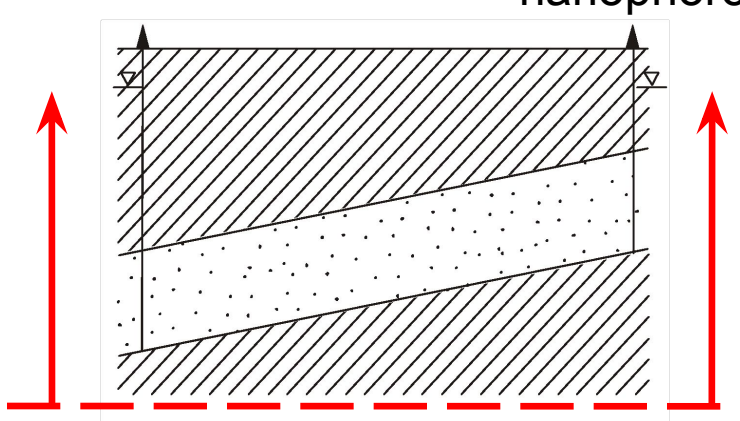
Академик и иностранный почётный член (1733) Петербургской академии наук, член Академий: Болонской (1724), Берлинской (1747), Парижской (1748), Лондонского королевского общества (1750).

В гидродинамических расчётах под **напором**
понимается
мера потенциальной энергии потока

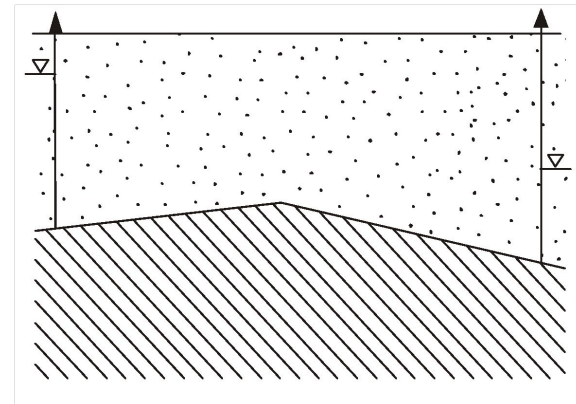
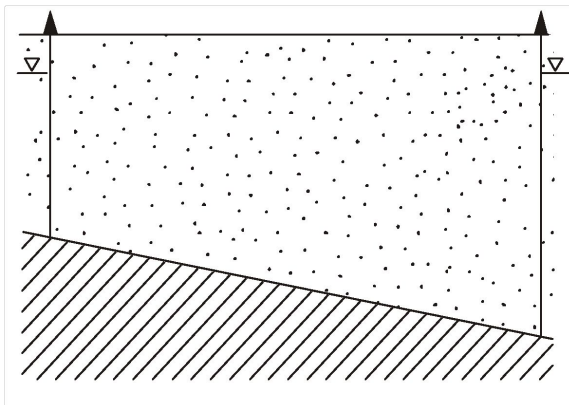
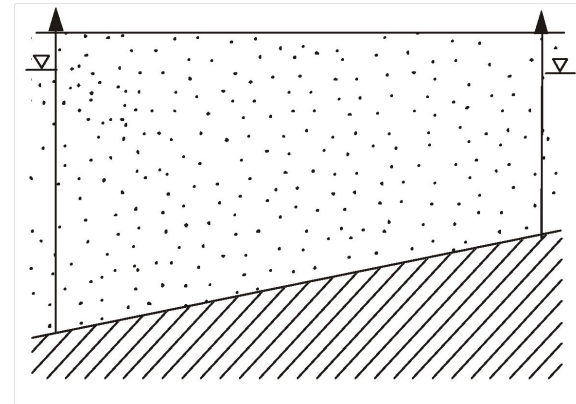
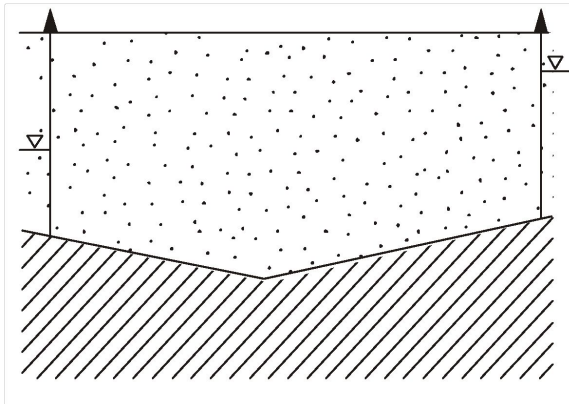
В общей гидрогеологии под **напором** понимается
пьезометрическая высота над кровлей водоносного горизонта
(пласта)

Определение направления фильтрации с использованием анализа величины
напора

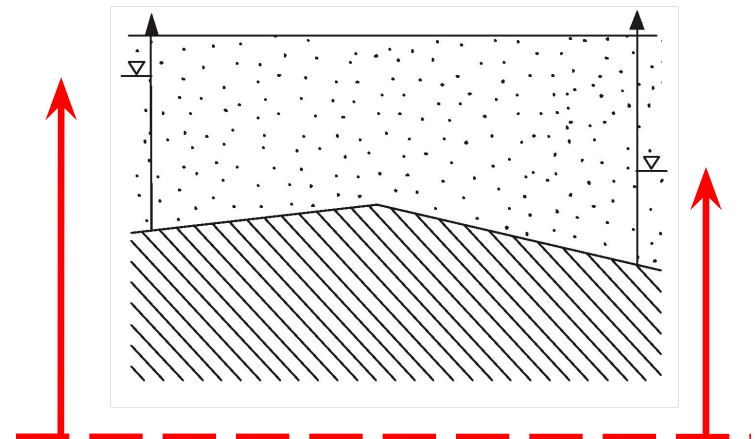
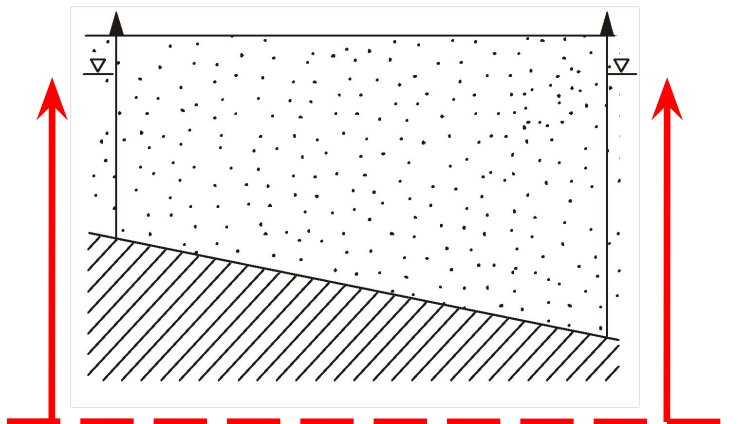
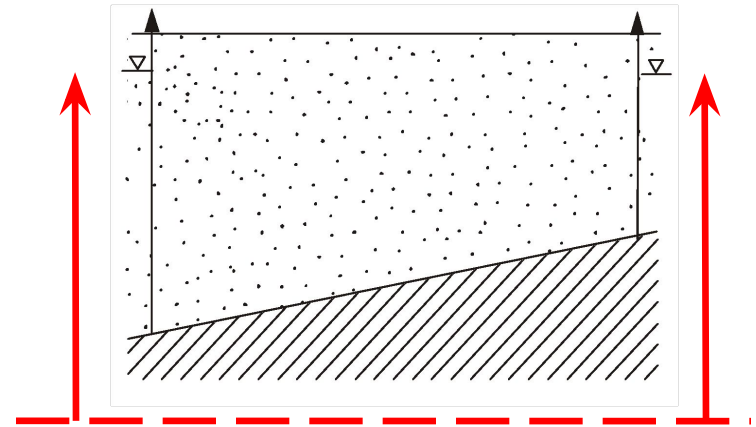
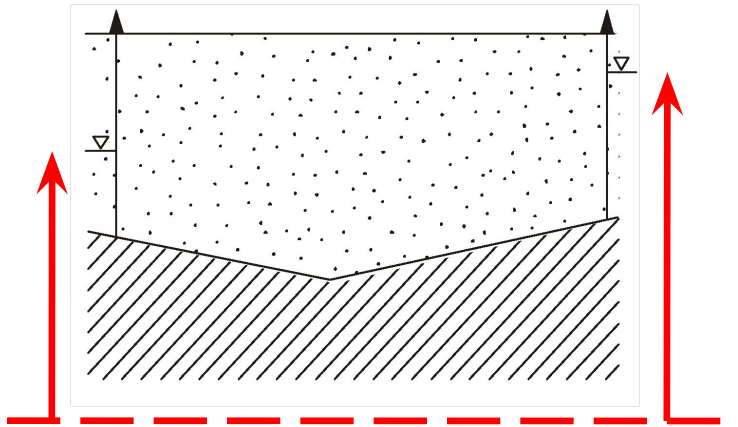
напорного водоносного горизонта



Определение направления фильтрации с использованием анализа величины
напора
безнапорного водоносного горизонта



Определение направления фильтрации с использованием анализа величины напора безнапорного водоносного горизонта



Ключевым понятием в гидродинамических расчетах, определяющим направление движения подземных вод и фильтрационные расходы, является напор.

Необходимо помнить, что это понятие в общей гидрогеологии и в динамике подземных вод имеет различное смысловое значение