

Лекция 10. Резервуары подземных вод

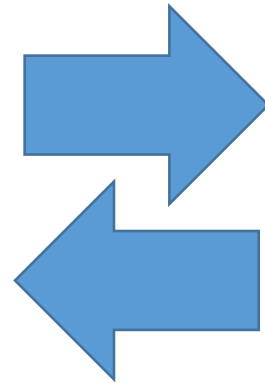
Гидрогеологические исследования на месторождениях углеводородного сырья

Тілеуберді Нұрбол,
Ассоц. профессор кафедры ГИИНГГ
e-mail: n.tileuberdi@satbayev.university

Резервуары подземных вод – гидрогеологические бассейны и геогидродинамические системы:

- Основные типы подземных водных резервуаров (ПВР)
- Гидрогеологические бассейны территории **суши**
- Гидрогеологические бассейны **морей и океанов**

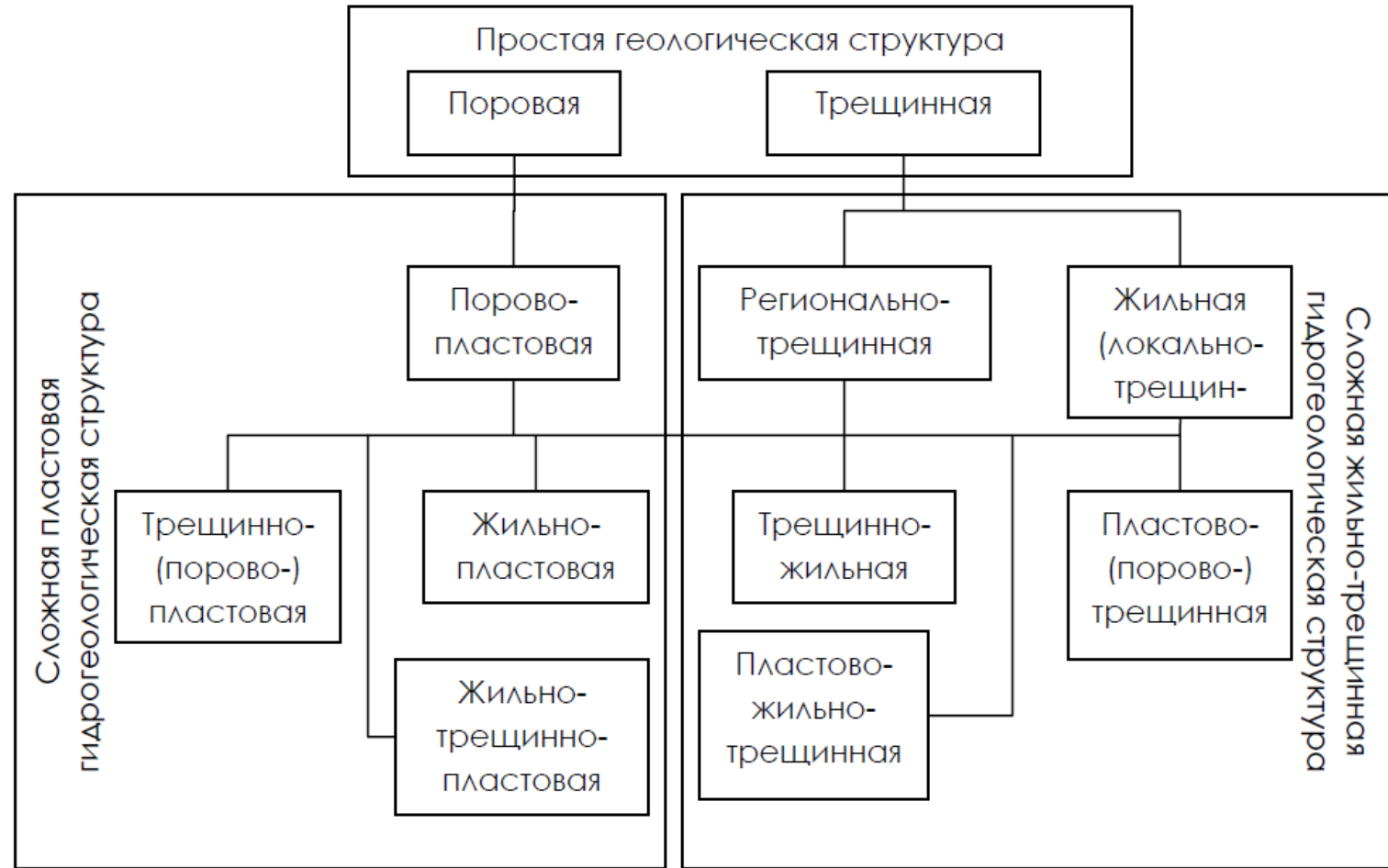
**Подземный водный
резервуар – ПВР**
(гидрогеологическая
структура,
гидрогеологический район)



**Структурно-
гидрогеологические
подразделения**

Тесно связанные понятия

Структурно-гидрогеологические подразделения



Определение геолого-структурных элементов, данное Е. В. Пиннекером:

- исходит из определения **геологической структуры** в понимании тектонистов и
- базируется на **распределении подземных вод** в зависимости от **водно-коллекторских свойств вмещающих пород**

Основные типы подземных водных резервуаров (ПВР)

Исторически складывались различные классификации ПВР

Ранее традиционно выделялись следующие основные типы природных резервуаров:

- **Артезианский бассейн**
- **Вулканогенный бассейн** (выделен дополнительно)
- **Гидрогеологический массив**

Основные типы подземных водных резервуаров (ПВР)

Артезианский бассейн

Приурочен к погружению, состоит из фундамента и залегающего на нем платформенного чехла, вмещает разнообразные пластовые воды:

- Артезианские и грунтовые – в чехле
- Трещинные – в фундаменте

Основные типы подземных водных резервуаров (ПВР)

Вулканогенный бассейн

Сложен вулканогенными породами, которые перекрывают структуры артезианских бассейнов и гидрогеологических массивов, и характеризуется распространением трещинных и лавовых вод, разнообразными и сложными гидрогеологическими условиями

Основные типы подземных водных резервуаров (ПВР)

Гидрогеологический массив

Представляет собой выход пород фундамента на поверхность (он может быть перекрыт четвертичными отложениями) с преобладающим развитием трещинных вод, нередко тесно связанных с грунтовыми водами четвертичных отложений

Систематизация подземных водных резервуаров (ПВР)

По двум классификационным признакам:

❖ По условиям залегания подземных вод: морфологии их скопления, форме нахождения в литосфере

По условиям залегания наиболее крупные скопления вод в земной коре (резервуары I порядка) можно называть гидрогеологическими бассейнами.

В случае проявления совокупности гидрогеологических бассейнов I порядка в плане и разрезе эта совокупность называется *мегабассейном* (например, Западно-Сибирский, ВосточноСибирский, Приуральский и др.).

Мегабассейн как надпорядковый элемент имеет определенную аналогию с *артезианской областью*

❖ По условиям движения подземных вод в бассейнах выделяются геогидродинамические системы

Геогидродинамическая система – система литосферных вод вместе с вмещающими их пластами и трещинными зонами, характеризующаяся общими (сходными) условиями возникновения движения вод

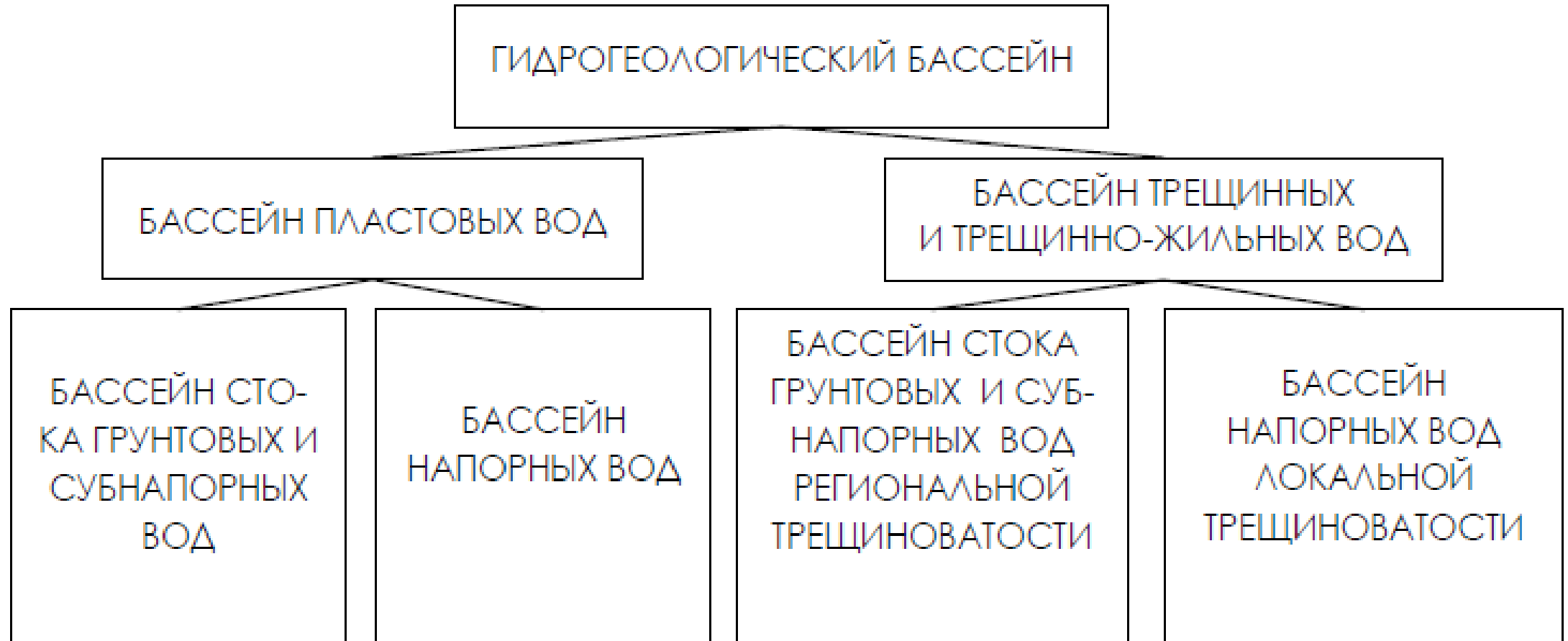
- Подходы к гидрогеологическому районированию могут иметь различия в зависимости от целей и задач, стоящих перед исследователями
- Общепризнанный факт: важнейший элемент гидрогеологического районирования – *гидрогеологическая структура*, характеризующая пространственное распределение вод в земной коре и их взаимоотношение с вмещающими породами
- К этим структурам относятся **гидрогеологические бассейны**

Гидрогеологические бассейны

Подразделяются на бассейны суши и бассейны морей и океанов

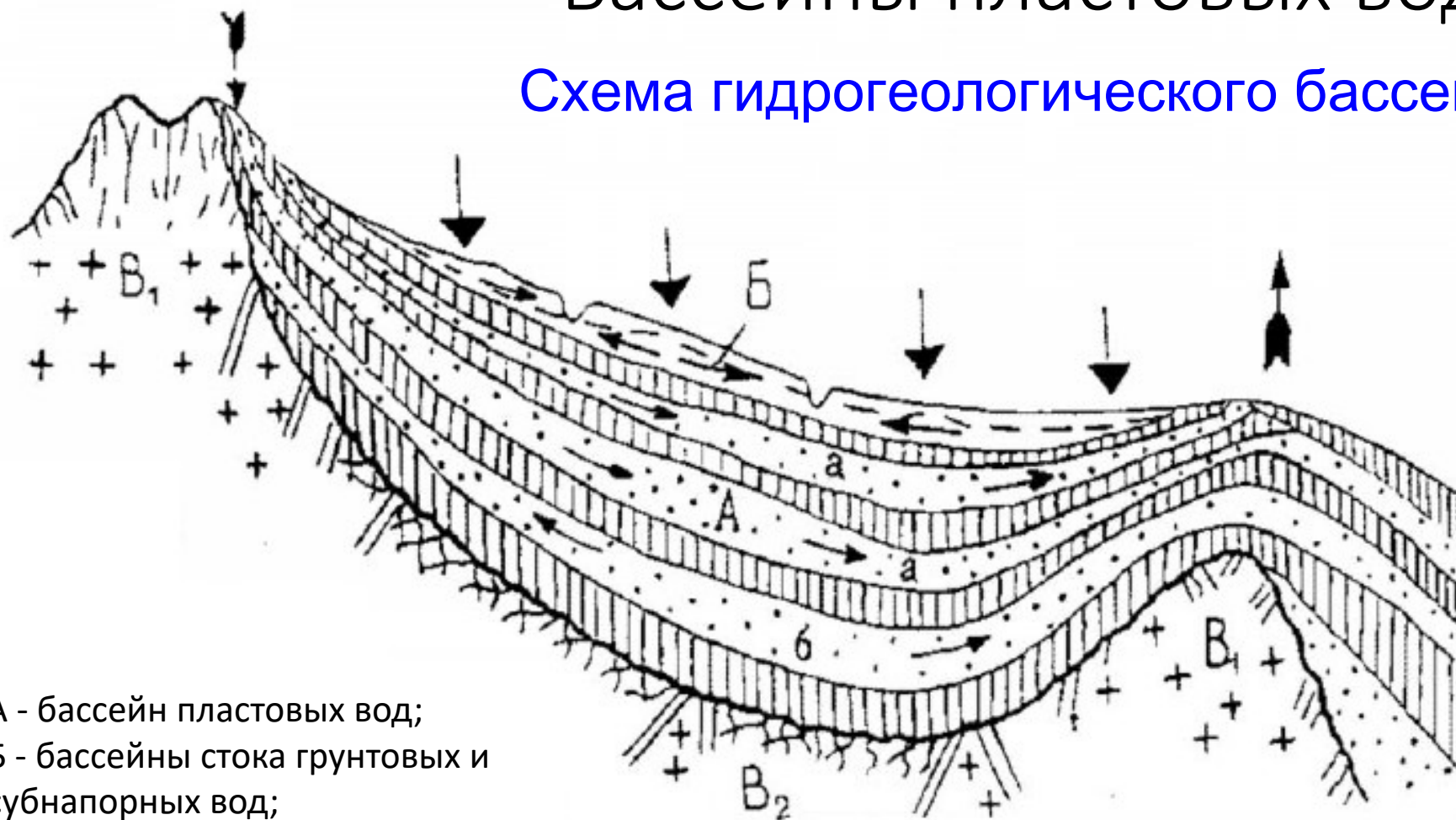


Гидрогеологические бассейны территории суши



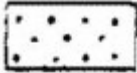
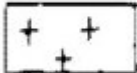
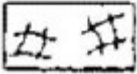
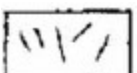
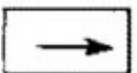
Бассейны пластовых вод

Схема гидрогеологического бассейна



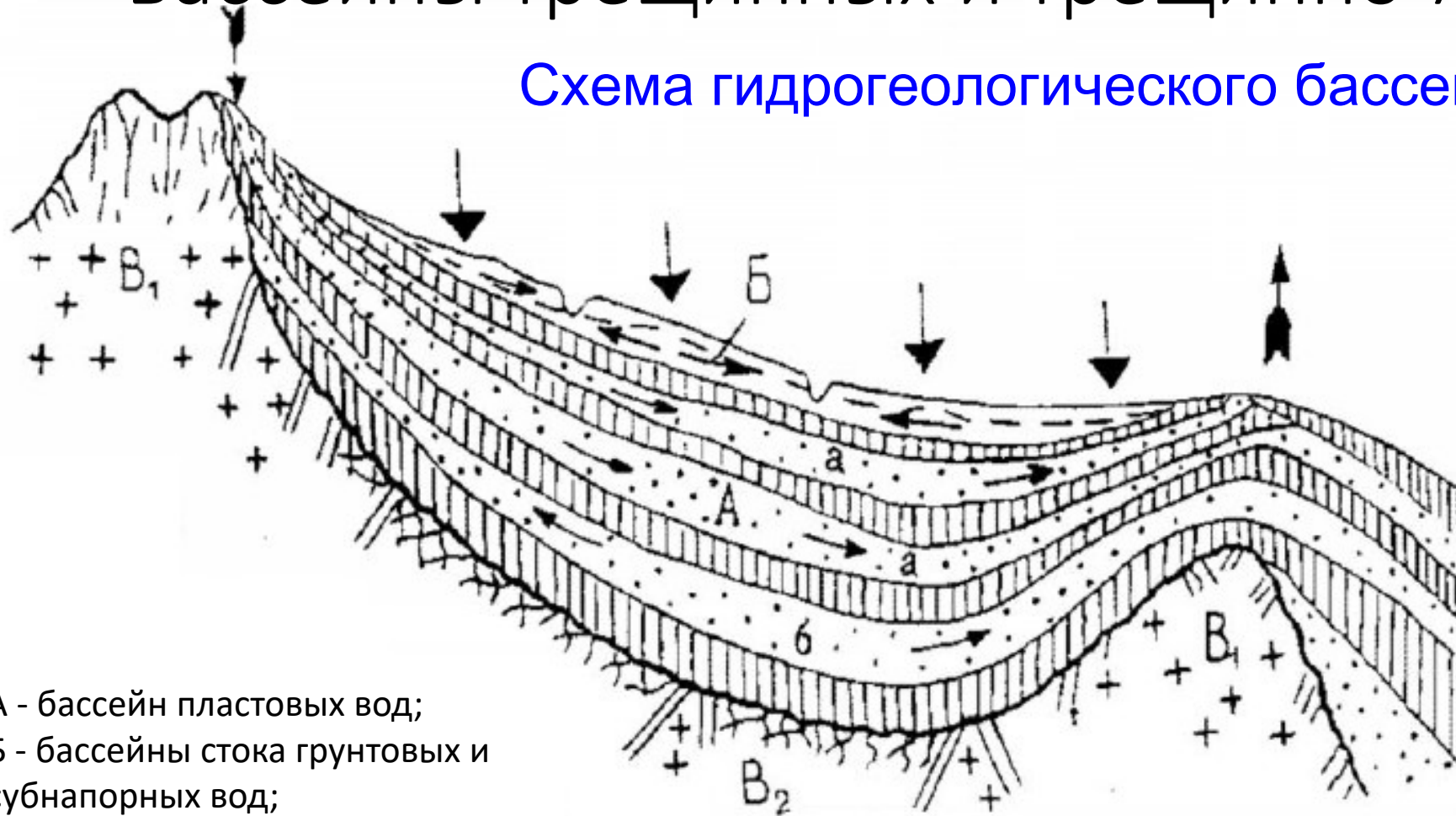
А - бассейн пластовых вод;
 Б - бассейны стока грунтовых и
 субнапорных вод;
 В - бассейн трещинных и трещинно-
 жильных вод;
 В₁ - купольных форм,
 В₂ - прогнутого ложа фундамента;
 Природные водонапорные системы:
 а - инфильтрационная, б - элизионная

Породы:

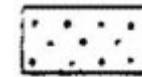
-  - коллекторы
-  - водоупоры
-  - магматические
-  - метаморфические
-  - система трещин в
магматических породах
-  - тектонич. нарушения
-  - направление движения
пластовых вод
-  - области питания и
разгрузки артезианских
вод
-  - рассредоточенное
инфильтрационное питание
бассейнов стока

Бассейны трещинных и трещинно-жильных вод

Схема гидрогеологического бассейна



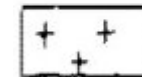
Породы:



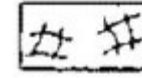
- коллекторы



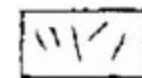
- водоупоры



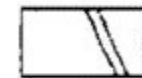
- магматические



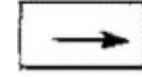
- метаморфические



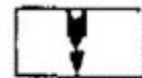
- система трещин в
магматических породах



- тектонич. нарушения



- направление движения
пластовых вод



- области питания и
разгрузки артезианских
вод



- рассредоточенное
инфильтрационное питание
бассейнов стока

А - бассейн пластовых вод;

Б - бассейны стока грунтовых и
субнапорных вод;

В - бассейн трещинных и трещинно-
жильных вод;

В₁ - купольных форм,

В₂ - прогнутого ложа фундамента;

Природные водонапорные системы:

а - инфильтрационная, б - элизионная

Геогидродинамические системы

- Условия движения вод в гидрогеологических бассейнах могут быть весьма различными и обусловлены типом геогидродинамических (водонапорных) систем
- Под геогидродинамической системой понимают систему литосферных вод вместе с вмещающими их пластами и трещинными зонами, характеризующуюся общими (сходными) условиями возникновения движения вод.
- Среди геогидродинамических систем выделяют **системы грунтовых (безнапорных) и напорных вод**

Геогидродинамические системы

Система безнапорных (грунтовых) вод

Система напорных (пластовых) вод

по природе энергетического потенциала

Инфильтрационные

Напор создается за счет инфильтрации атмосферных и поверхностных вод. Природа энергетического потенциала гидростатическая, и соответственно системы этого типа также называются гидростатическими

Эксфильтрационные (элизионные)

Напор в водоносных пластах создается за счет фильтрационного удаления жидкости из одних пластов (или их частей) в другие пласты (или их части) без пополнения запасов из внешних областей питания

Элизионные литостатические (геостатические)

Напор создается вследствие выжимания вод из уплотняющихся осадков и пород в коллекторы и частично за счет уплотнения самих коллекторов с выжиманием вод из одних частей в другие. В результате процесса уплотнения образуется избыточное количество жидкости

Элизионные геодинамические

Источником гидростатической энергии является геодинамическое давление

Элизионные термогидродинамические (термогидратационные)

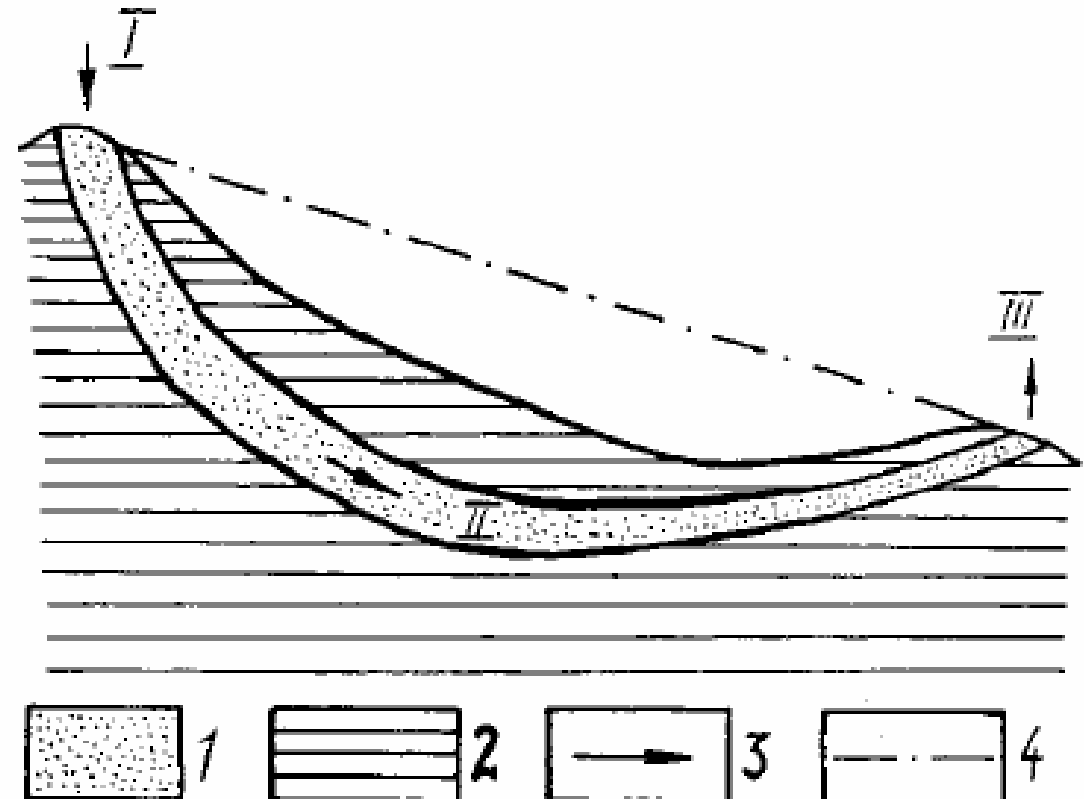
Природа энергетического потенциала обусловлена высвобождением жидкости в процессе термической дегидратации минералов

Инфильтрационные водонапорные системы

- В природной **инфильтрационной** водонапорной системе напор создается в результате **инфильтрации атмосферных и поверхностных вод** в коллекторы и **действия** образуемой этими водами нагрузки (гидростатической)
- Поэтому водонапорные системы этого типа могут быть названы также **гидростатическими**
- В водоносных пластах, входящих в этот тип водонапорных систем, пластовые давления соответствуют гидростатическим
- Инфильтрационные водонапорные системы являются **открытыми** системами.
- Основная форма энергии – **потенциальная энергия жидкости в поле силы тяжести**
- Для инфильтрационных водонапорных систем пластовое давление определяется формулой

$$P = \rho \cdot g \cdot H$$

H - пьезометрический напор; ρ - плотность жидкости;
 g - ускорение свободного падения



Породы: 1 – коллекторы, 2 – водоупоры, 3 – направление движения вод, 4 – пьезометрический уровень.
Области: I – питания, II – напора и стока, III – разгрузки

Эксфильтрационные водонапорные системы

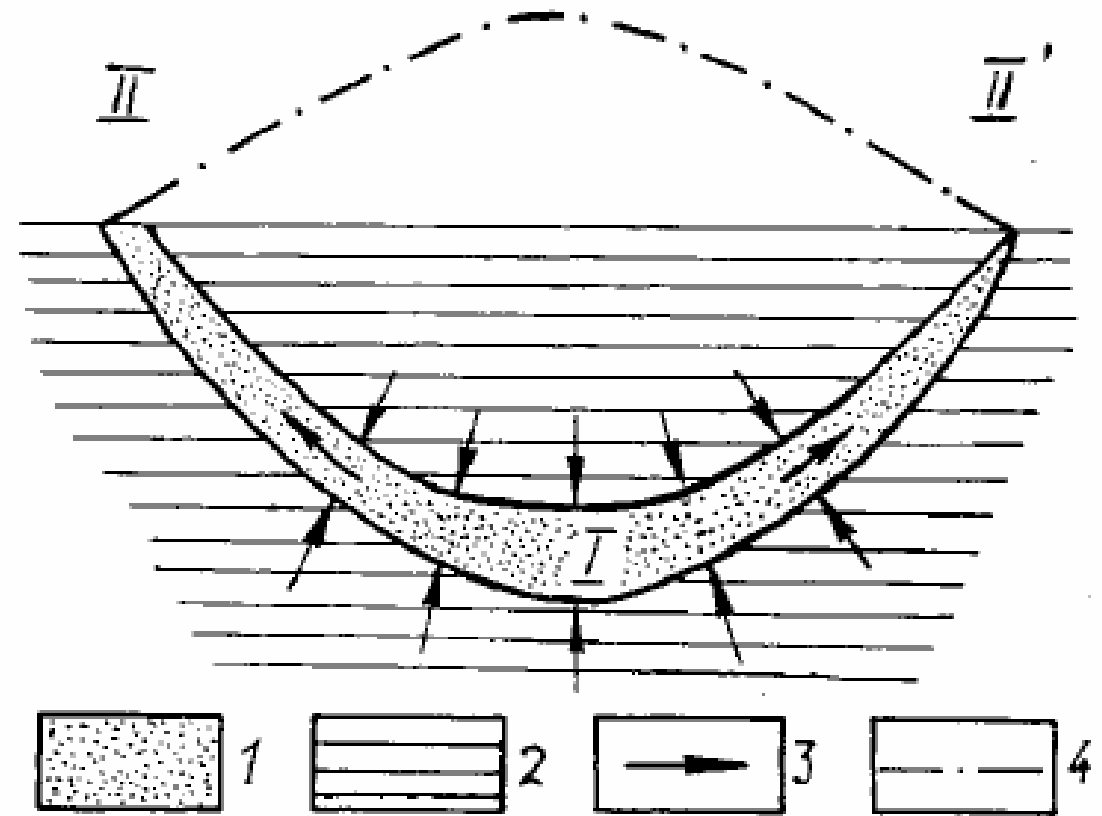
Природные эксфильтрационные водонапорные системы характеризуются созданием напоров в водоносных (нефтегазоводоносных) пластах (горизонтах, комплексах) вследствие **перетока жидкости из одних пластов (или их частей) в другие пласты (или их части)** без пополнения жидкостью извне

К эксфильтрационным относятся

- **элизионная геостатическая (литостатическая)**
- **элизионная геодинамическая**
- **термодегидратационная**

Геостатическая водонапорная система

- В элизионной геостатической водонапорной системе напор создается при **выжимании вод из уплотняющихся осадков и пород** в коллекторы и частично при уплотнении самих коллекторов с выжиманием вод из одних их частей в другие
- Элизионные геостатические водонапорные системы приурочены к **прогибающимся участкам земной коры**, выполненным достаточно мощным комплексом осадочных образований. Они представляют собой **закрытые или полураскрытые системы**



Породы: 1 – породы-коллекторы, 2 – уплотняющиеся глины и глинистые породы, 3 – направление движения пластовых вод, 4 – пьезометрический уровень.
Области: I – питания и напора, II и II' – соответственно открытой и скрытой разгрузки

Геостатическая водонапорная система

- В элизионной литостатической водонапорной системе пластовое давление:

$$P_{\text{эл}} = (H\rho + \Delta P)g$$

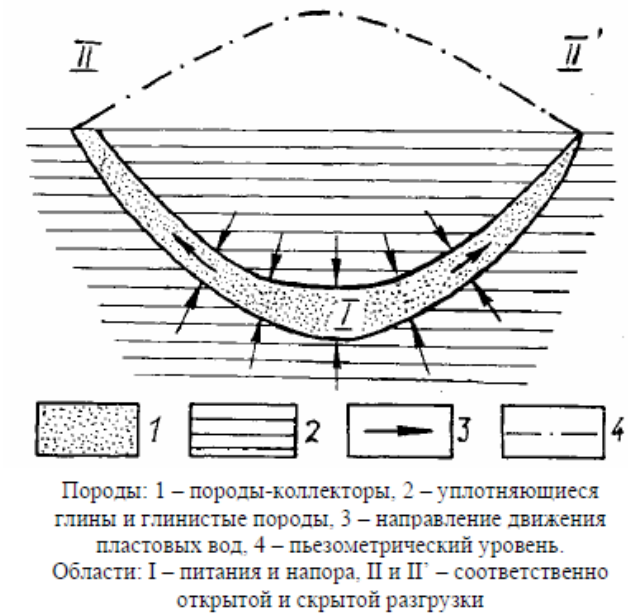
$$\Delta P = Q_{\text{изб}} / \beta V_{\text{общ}}$$

$Q_{\text{изб}}$ - избыточное количество жидкости, образующееся вследствие процессов уплотнения осадков и пород в коллекторах;

β - коэффициент сжимаемости жидкости;

ΔP - приращение давления;

- Наиболее интенсивный процесс уплотнения отмечается обычно в самых погруженных частях впадин
- В водонапорных системах этого типа пластовое давление может быть выше гидростатического – и истинного, и условного
- При этом под **условным гидростатическим давлением** понимают давление столба воды (плотностью 1 г/см³) от плоскости замера до земной поверхности над точкой замера
- Если пластовое давление выше условного гидростатического ($P_{\text{пл}} / P_{\text{у.г.}} > 1$), то его часто называют **аномально высоким пластовым давлением (АВПД)**



Геодинамическая водонапорная система

- **Элизионные геодинамические** водонапорные системы встречаются преимущественно **в областях интенсивной складчатости и повышенной сейсмичности**, напор вод создается в результате геодинамического давления
- Тектонические сжатия приводят к возникновению высоких пластовых давлений
- В складчатых областях и в предгорных прогибах отношение пластового давления к условному гидростатическому нередко составляет 1,8-2
- В пределах некоторых водонапорных систем могут создаваться и зоны с пластовым давлением **ниже** условного гидростатического. Такое явление, в частности, может иметь место в областях развития **тектонических растяжений** — как в зоне интенсивной складчатости, так и на платформе

Геодинамическая водонапорная система

- Выделяются природные водонапорные системы, называемые **системами депрессионного типа**.
- Механизм образования таких водонапорных систем заключается в частичном поглощении (засасывании) вод из осадочного чехла в раздробленные породы разломных зон верхней части фундамента.
- Тектонические движения приводят к появлению трещинной пористости. Отток вод в породы фундамента в свою очередь приводит к возникновению в осадочных отложениях депрессионных зон или пьезоминимумов, где пластовые давления ниже условных гидростатических.
- Для водонапорных систем подобного типа характерны **аномально низкие пластовые давления (АНПД)**

Термодегидратационная водонапорная система

- В **термодегидратационных** водонапорных системах напоры вод создаются вследствие появления избыточного количества жидкости **при термической дегидратации минералов**, т.е. контролируются геотемпературным полем
- Термодегидратация минералов сопровождается **выделением химически связанных вод** в свободную фазу. Это приводит к опреснению подземных вод в глубоководных частях гидрогеологического бассейна
- Одним из признаков элизионных термодегидратационных водонапорных систем можно считать проявление на глубинах вод **относительно пониженной минерализации**

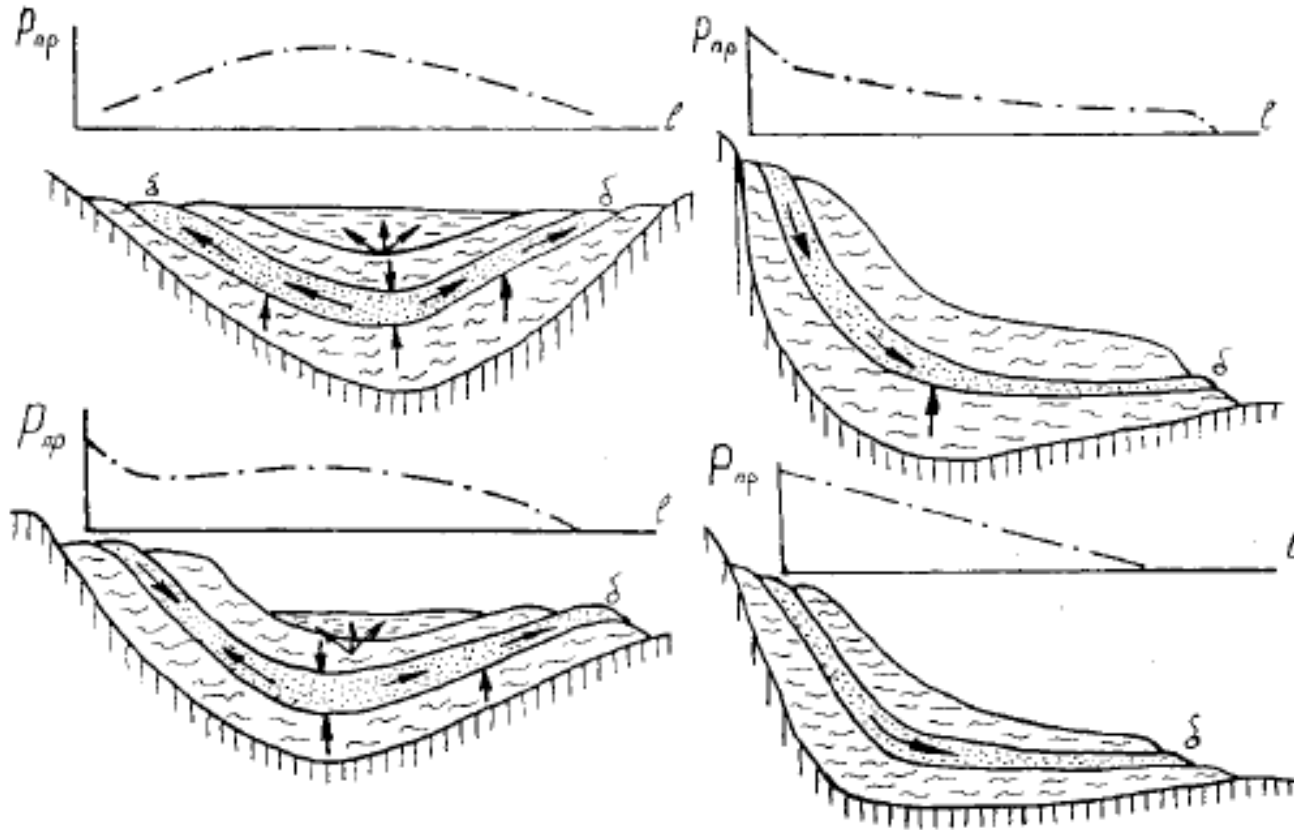
Характеристика литогидрогеологических зон и подзон

Зона	Подзона	Генезис водных растворов	Гидрогеологические процессы	Гидрогенные литогенетические процессы	Изменения водных растворов
Диагенез	–	Талассогенные	Элизионные	Гидратация, катионный обмен, сульфидизация	Десульфирование
Катагенез	Протока-тагенеза	Талассогенные	Элизионные	Доломитизация	Обогащение кальцием
	Мезокатагенеза	Талассогенные и литогенные		Гидрослюдизация, цементация, растворение	Разбавление, обогащение углеводородами
	Апокатагенеза	Литогенные и хемогенные	Эксфильтрационные термодегидратационные	Серицитизация, цементация	Обогащение диоксидом углерода
Гипергенез		Атмогенные	Инфильтрационные	Растворение, гидролиз, окисление, гидратация, цементация	Разбавление, сульфатизация

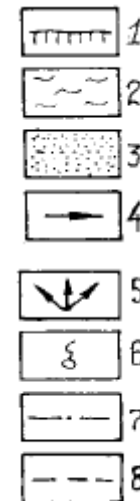
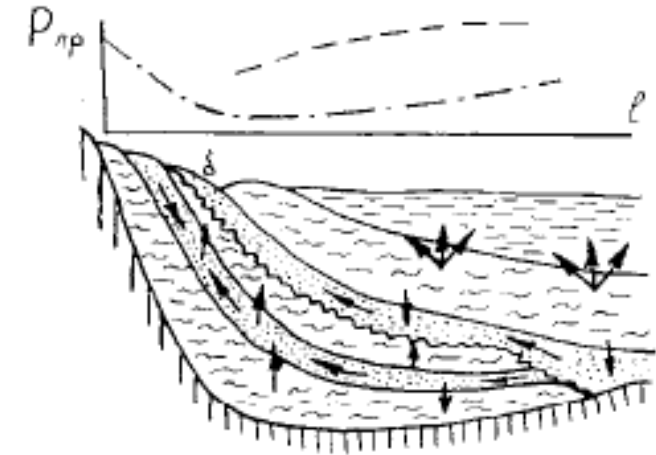
- Геогидродинамические системы развиваются во времени и пространстве
- Их эволюция определяется гидрогеологической историей бассейна пластовых вод
- Одни и те же водоносные комплексы на протяжении времени своего существования могут попеременно входить в состав эксфильтрационных и инфильтрационных природных водонапорных систем
- Тип водонапорной системы связан с характером текущего этапа гидрогеологической истории конкретного водоносного комплекса

Схема гидродинамического развития природных водонапорных систем

1 гидрогеологический цикл



2 гидрогеологический цикл



- 1 - фундамент (ложе бассейна пластовых вод);
- 2 - глинистые породы;
- 3 - породы-коллекторы;
- направление: 4 - движения пластовых вод,
- 5 - распыленной разгрузки;
- 7 и 6 - пьезометрические линии соответственно
- нижнего и верхнего
- водоносных комплексов;
- $P_{пр}$ - приведенное давление;
- l - длина профиля

Схема гидродинамической зональности в бассейнах пластовых вод



I — зона распространения грунтовых геогидродинамических систем

II — зона распространения инфильтрационных природных водонапорных систем

III — зона распространения элизионных природных водонапорных систем

IV — зона возможного распространения термогидратационных природных водонапорных систем

- 1 — кристаллический массив
 2 — водонапорная система
 3 — трещиноватость
 4 — направления движений вод
 5 — инфильтрации метеогенных вод

ЗГВ — зеркало грунтовых вод

Гидрогеологические бассейны морей и океанов

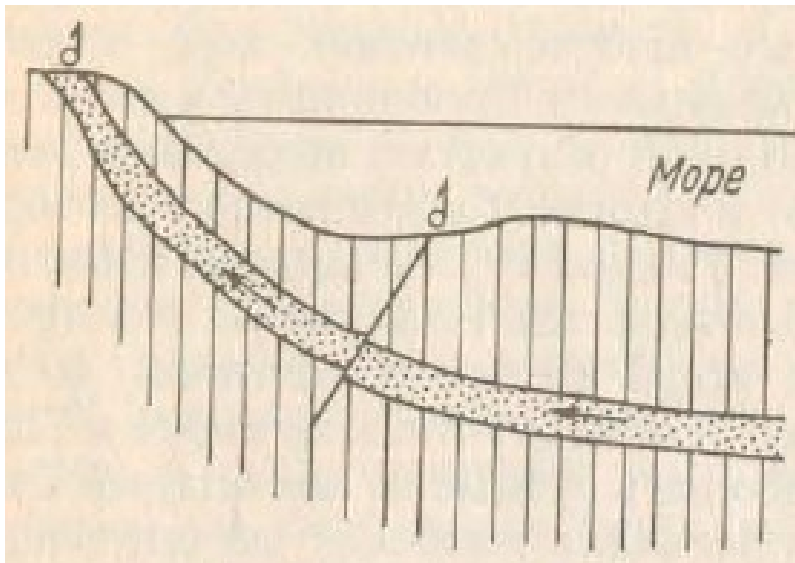
- Бассейны морей и океанов **изучены крайне слабо**
- Их отличительными **особенностями** являются:
 - ✓ отсутствие зоны аэрации
 - ✓ наличие толщ, находящихся на различных стадиях литогенеза
 - ✓ преимущественное содержание талассогенных вод, преобладание эксфильтрационных природных водонапорных систем

Гидрогеологические бассейны морей и океанов

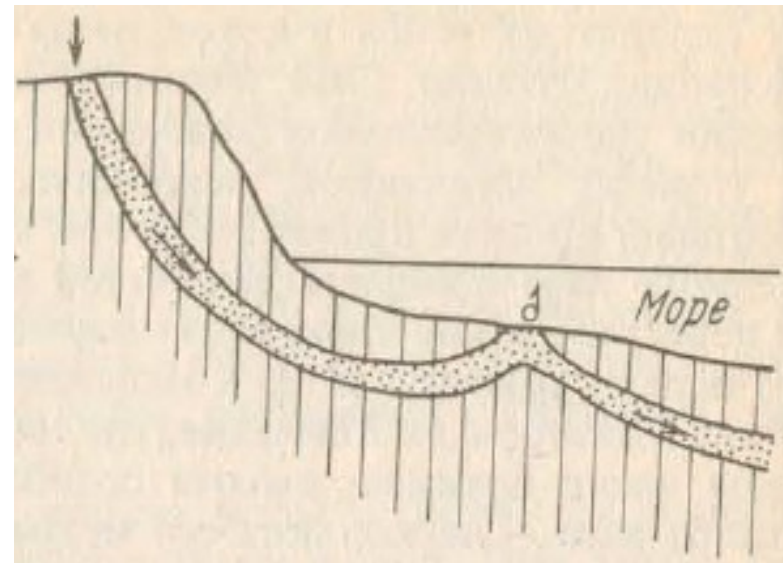
- В бассейнах **прибрежно-шельфовых областей** возможно наличие как элизионных (литостатических), так и инфильтрационных природных водонапорных систем
- В элизионных природных водонапорных системах, расположенных в основном под дном моря, движение вод направлено преимущественно в сторону континента

Схема образования субмаринных источников

Элизионная водонапорная система

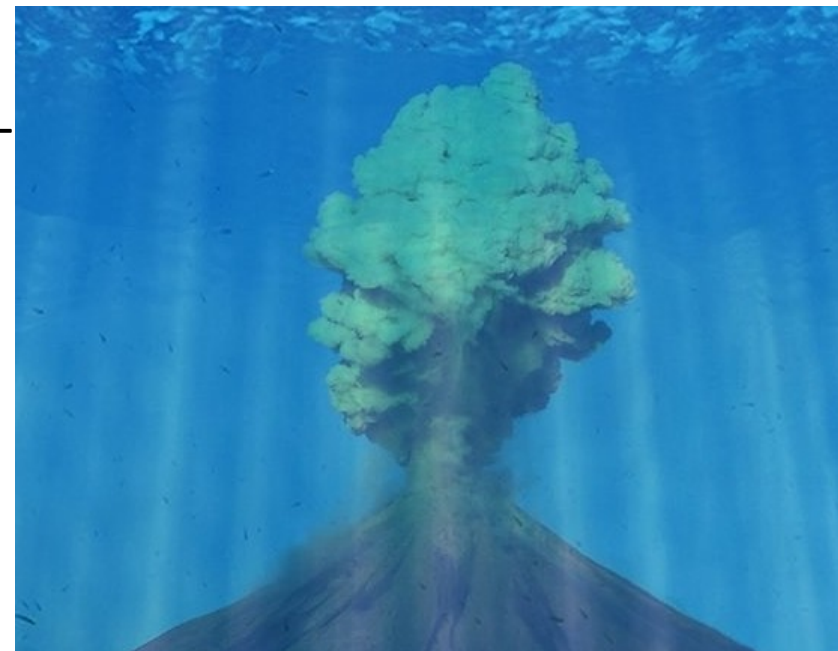


Инфильтрационная водонапорная система



Гидрогеологические бассейны морей и океанов

- В бассейнах **дна внутренних морей** также отмечается гидродинамическая связь субаэральной и субмаринной частей
- Она характера для Каспийского, Черного, Балтийского и Средиземного морей
- В Каспийском море это проявляется в виде субмаринного грязевого вулканизма, связанного с тектонической зоной, часть которой находится на суше, часть в море, а также в виде субаэральных источников, в которых разгружаются воды субмаринных частей гидрогеологических бассейнов
- Свидетельством гидродинамической связи между субмаринной и субаэральной частями верхнеюрского карбонатного комплекса в Сочи-Адлерском бассейне является разгрузка на суше сульфидных вод, широко известных под названием мацестинских



Гидрогеологические бассейны морей и океанов

- К гидрогеологическим бассейнам **дна Мирового океана** относятся
 - субмаринные бассейны котловин, рифтов, желобов, прогибов
 - субмаринные бассейны трещинных и жильно-трещинных вод, приуроченные к положительным формам рельефа дна океана
- Гидрогеологические бассейны могут содержать в своих недрах **залежи нефти и газа**
- Если в гидрогеологическом бассейне имеются залежи нефти, газа, газоконденсата, то его следует относить к **нефтегазоносным бассейнам**

Нефтегазоносные бассейны

- Границы **нефтегазоносного бассейна** должны совмещаться с границами **гидрогеологического бассейна**
- Это положение вытекает из современных представлений о роли гидрогеологических условий в миграции, аккумуляции и консервации скоплений нефти и газа
- Область раскрытого залегания водоносных комплексов (область питания) — это неотъемлемый элемент инфильтрационной водонапорной системы, определяющий величину напоров и гидродинамические условия во всей водонапорной системе, которая может включать и залежи УВ, поэтому исключать эту область из нефтегазоносного бассейна нельзя

Нефтегазоносные бассейны

- При нефтегазогеологическом районировании широко используют понятия **"нефтегазоносная провинция"**, **"нефтегазоносная область"**, **"нефтегазоносный район"**
- В ряде случаев границы нефтегазоносных провинций и нефтегазоносных гидрогеологических бассейнов совпадают.

Это относится к таким нефтегазоносным гидрогеологическим бассейнам, как Тимано-Печорский, Прикаспийский, Днепровско-Донецкий и др.

В отдельных случаях в пределах нефтегазоносной провинции выделяют не один, а два и более бассейнов.

Например, в пределах Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции на Сибирской платформе располагаются два нефтегазоносных бассейна — Ангара-Ленский и Тунгусский, в рамках Предкавказско-Крымской нефтегазоносной провинции, также выделяются два нефтегазоносных гидрогеологических бассейна — Западно-Предкавказский и Восточно-Предкавказский и т.д.

- Следовательно, характеризуя гидрогеологию нефтегазоносных **бассейнов**, мы получаем представление и о гидрогеологии нефтегазоносных **провинций**

The background image shows an oil field with several pumpjacks (jackalopes) in silhouette against a bright, hazy sky at sunset or sunrise. The sun is positioned behind one of the pumpjacks, creating a strong lens flare effect. The ground is dark and appears to be a mix of dirt and gravel. The overall tone is warm and industrial.

Спасибо за внимание!