

# Нефтегазовая гидрогеология

## Лекция 7. Резервуары подземных вод

Щербакова Наталья Сергеевна,

Доцент кафедры динамической геологии и гидрогеологии

e-mail: [natalya.sher.2020@gmail.com](mailto:natalya.sher.2020@gmail.com)

# План занятий по курсу

№

Тема лекции

Контроль

1 Введение в дисциплину (история возникновения науки, ученые; приведение примера по практической значимости науки).  
Условия нахождения и виды вод в горных породах, условия залегания вод в земной коре

**К.т. 1**

2 Основы гидрохимии

~~3 Элементы гидрогеомеханики. Формирование водных растворов в литосфере~~

4 Формирование водных растворов в литосфере – продолжение

5 Органическое вещество и микроэлементы в водах НГ бассейнов

6 Гидрогеологические условия миграции, аккумуляции, консервации и деструкции нефти и газа

**К.т. 2**

**7 Резервуары подземных вод**

8 Основы гидрогеотермии. Полезные воды и техногенез в недрах

9 Гидрогеологические изыскания и исследования

10 Палеогидрогеология

11 Нефтегазопромысловая гидрогеология

12 Нефтегазопромысловая гидрогеология

~~13 Гидрогеологические исследования при разработке нефтяных и газовых~~

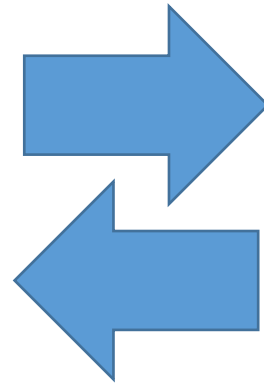
**К.т. 3**

~~месторождений на примере ЗСМБ. Проблемы ППД и сохранения промышленных~~

# Резервуары подземных вод – гидрогеологические бассейны и геогидродинамические системы:

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

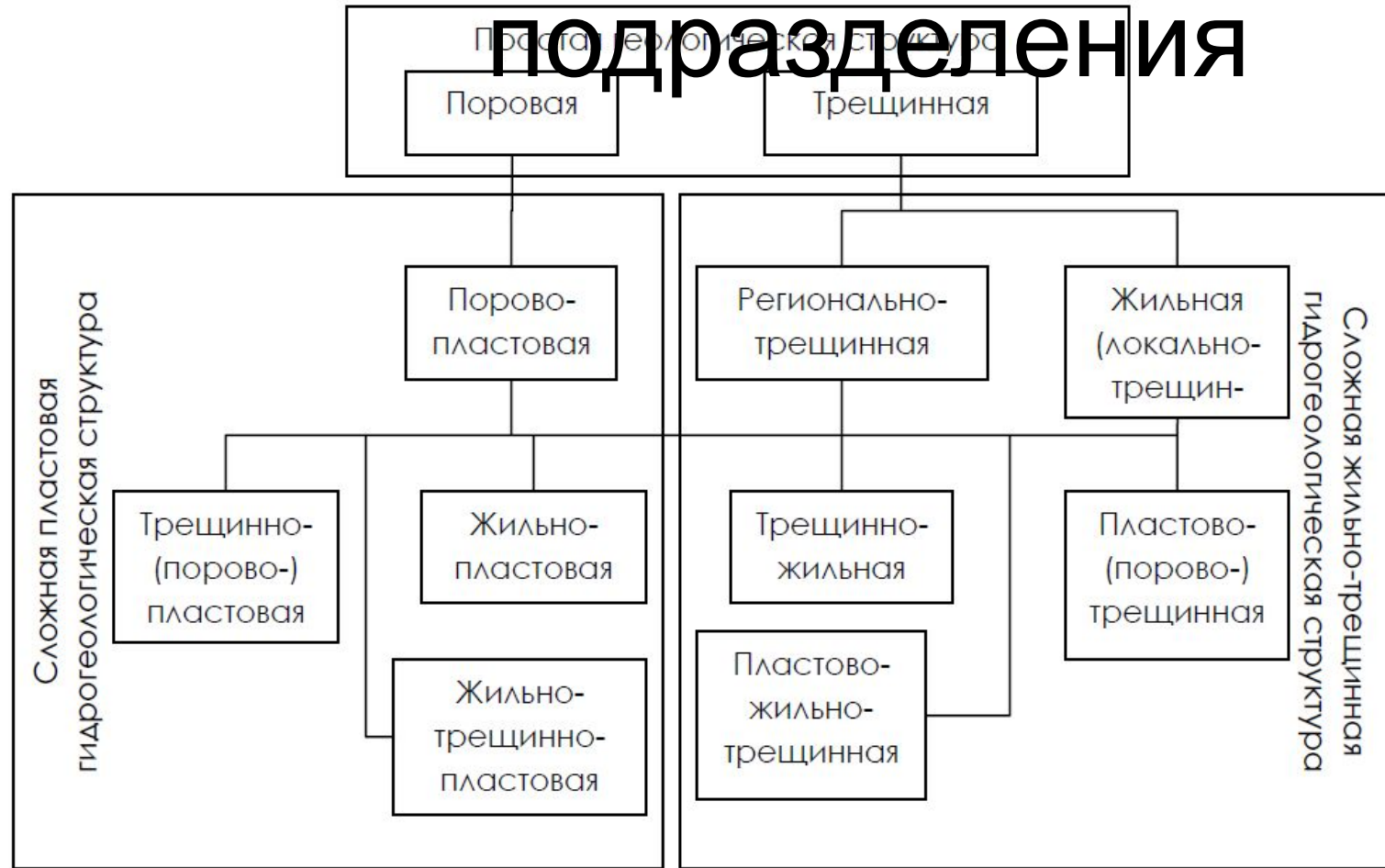
**Подземный водный  
резервуар – ПВР**  
(гидрогеологическая  
структура,  
гидрогеологический район)



**Структурно-  
гидрогеологические  
подразделения**

**Тесно связанные  
понятия**

# Структурно-гидрогеологические



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

По двум классификационным признакам (ПВР):

- ❖ 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

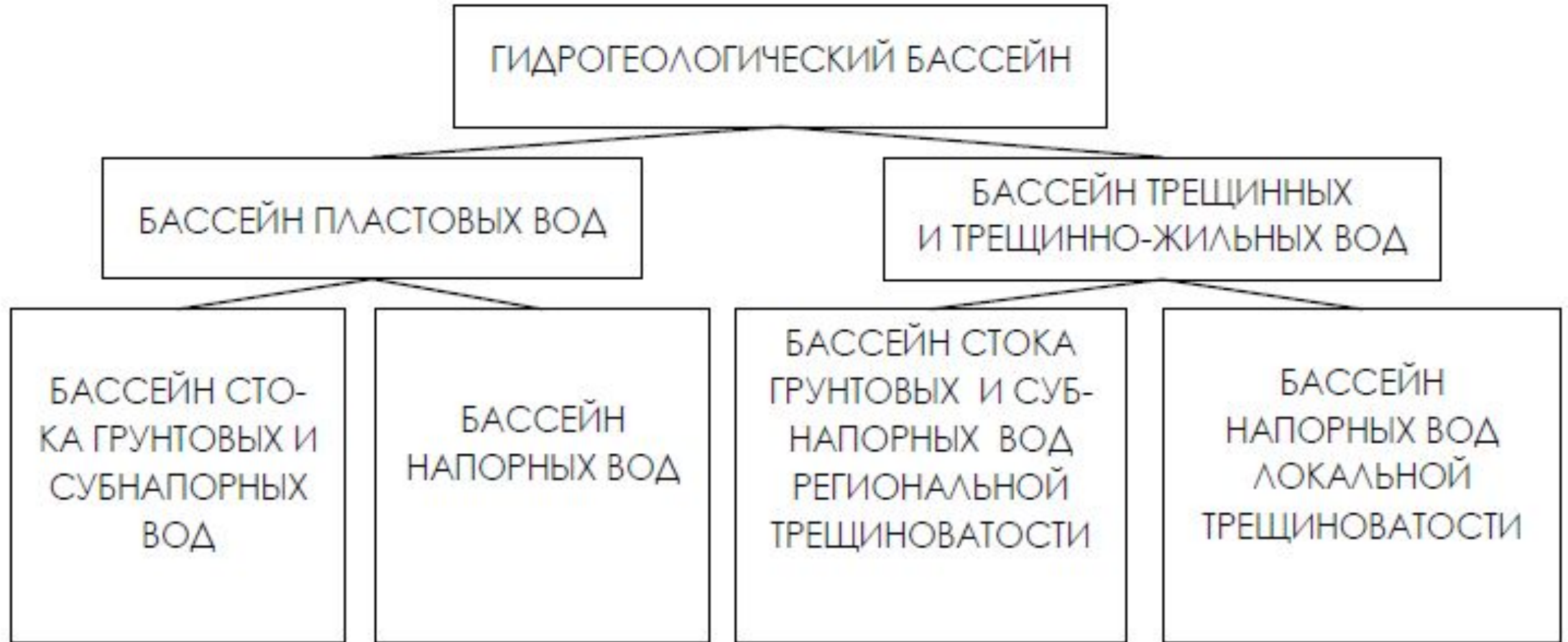
- Подходы к гидрогеологическому районированию могут иметь различия в зависимости от целей и задач, стоящих перед исследователями
- Общепризнанный факт: важнейший элемент гидрогеологического районирования – *гидрогеологическая структура*, характеризующая пространственное распределение вод в земной коре 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



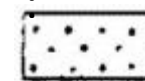
# Бассейны пластовых вод

## Схема гидрогеологического бассейна

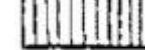


А - бассейн пластовых вод;  
Б - бассейны стока грунтовых и субнапорных вод;  
В - бассейн трещинных и трещинно-жильных вод;  
В<sub>1</sub> - купольных форм,  
В<sub>2</sub> - прогнутого ложа фундамента;  
Природные водонапорные системы:  
а - инфильтрационная, б - элюзионная

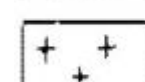
### Породы



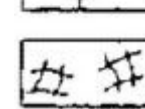
- коллекторы



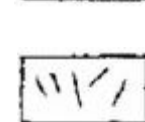
- водоупоры



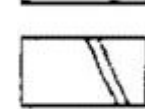
- магматические



- метаморфические



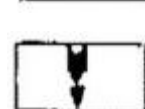
- система трещин в магматических породах



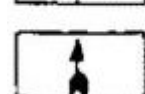
- тектонич. нарушения



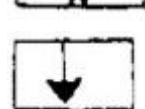
- направление движения пластовых вод



- области питания и разгрузки артезианских вод



- рассредоточенное инфильтрационное питание бассейнов стока

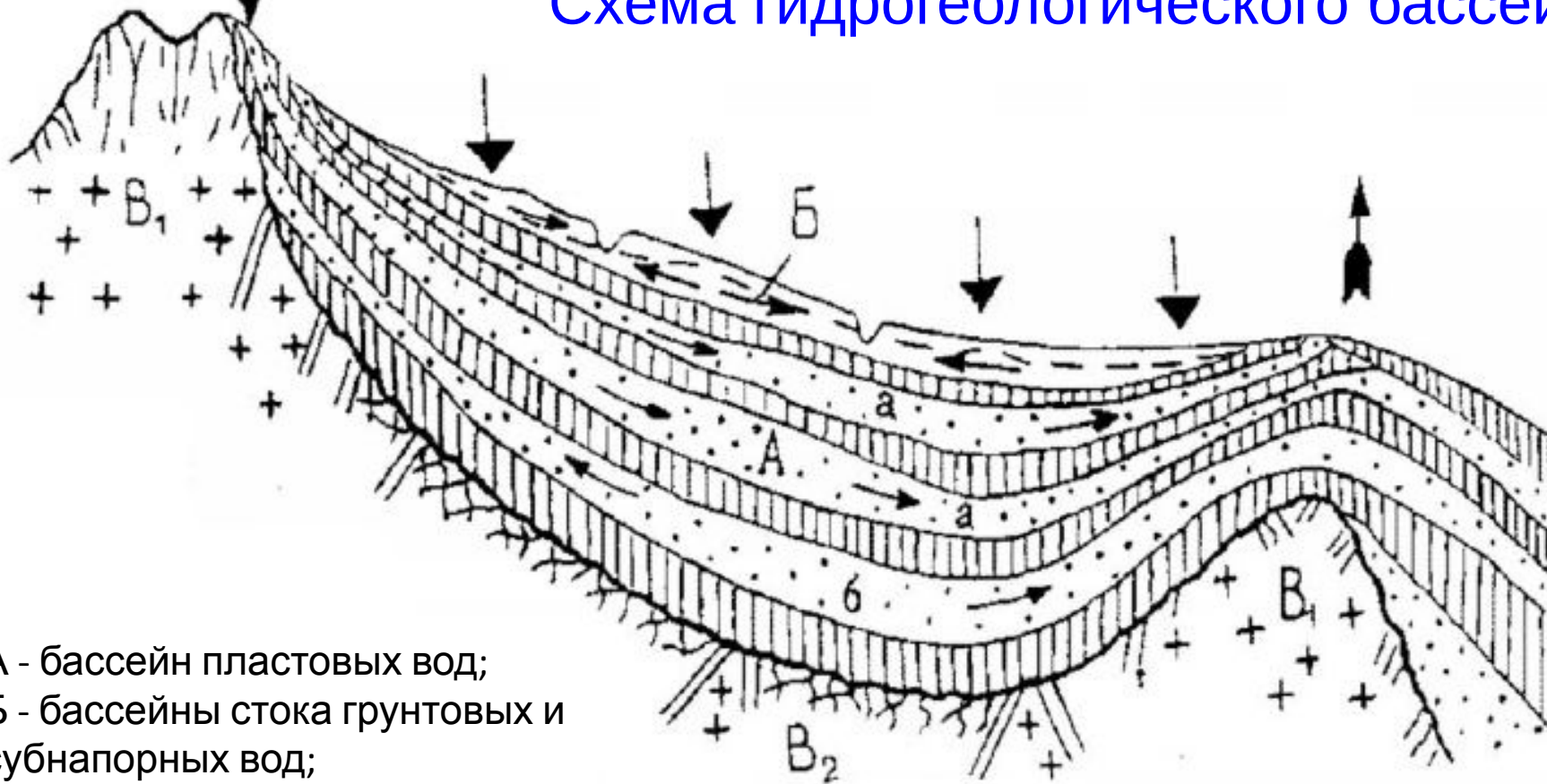


- рассредоточенное инфильтрационное питание бассейнов стока

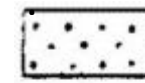


# Бассейны трещинных и трещинно-жильных вод

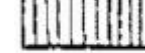
## Схема гидрогеологического бассейна



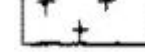
Породы



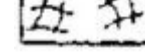
- коллекторы



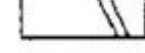
- водоупоры



- магматические



- метаморфически  
е система трещин в  
магматических  
породах



- тектонич. наруше  
ния



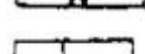
- направление  
движения пластовых  
вод



- 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;

В<sub>1</sub> - купольных форм,

В<sub>2</sub> - 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

## Инфильтрационн

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

Система напорных (пластовых)  
вод

по природе энергетического  
потенциала

## Эксфильтрационные

**(элизионные)** 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 **ис**следствие уплотнения 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

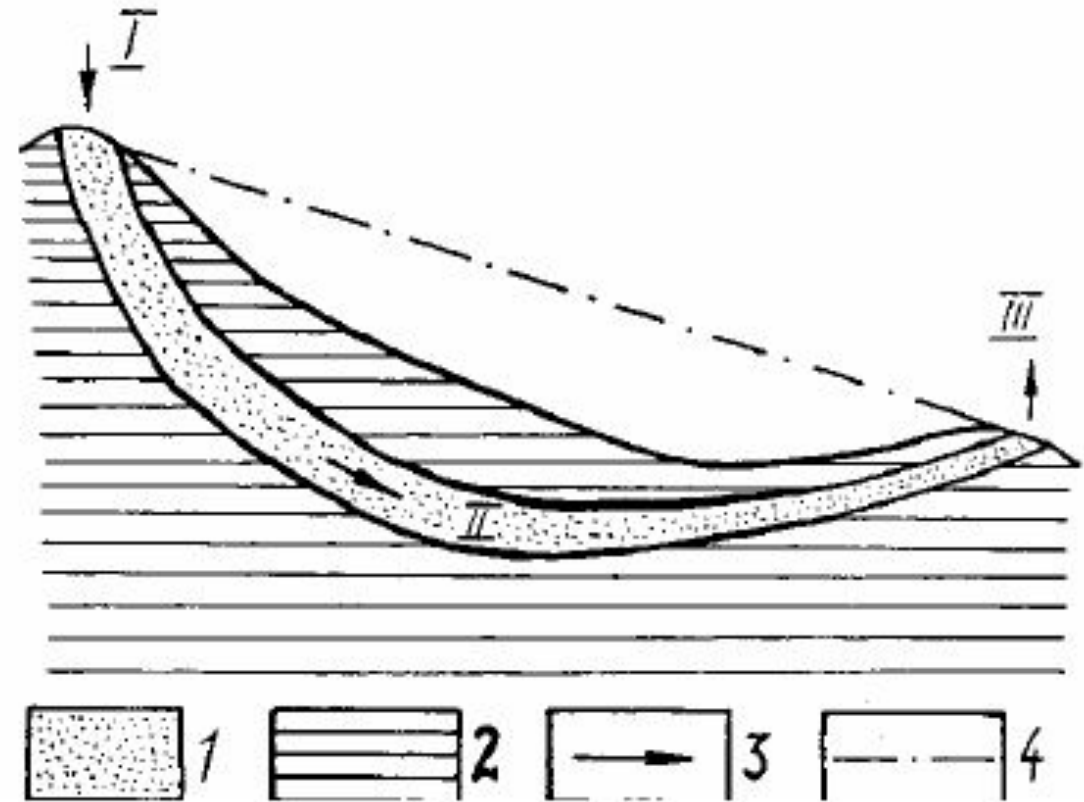
Источником гидростатической энергии является геодинамическое давление

## 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



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

# Эксфильтрационные водонапорные системы

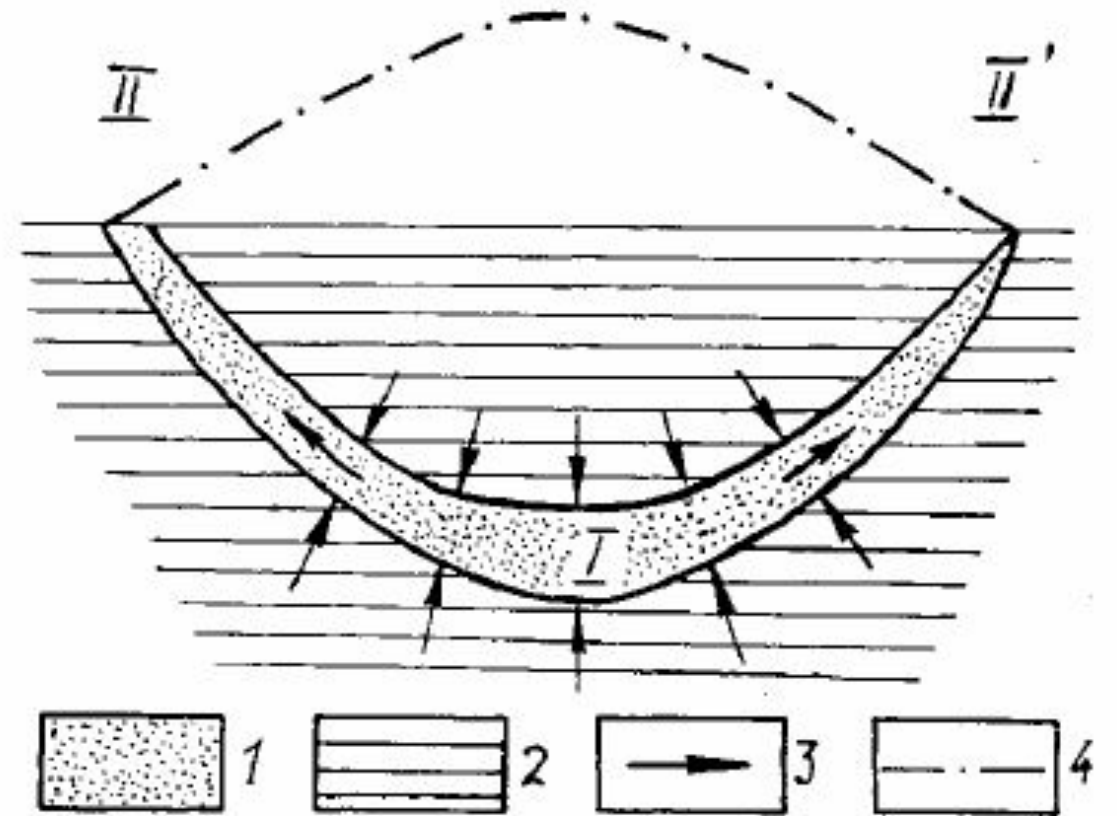
Природные эксфильтрационные водонапорные системы характеризуются созданием напоров в водоносных (нефтегазоводоносных) пластах (горизонтах, комплексах) вследствие **перетока жидкости из одних пластов** (или их частей) **в другие пласты** (или их части) без пополнения жидкостью извне

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;

$\beta$  - коэффициент сжимаемости жидкости;

$\Delta P$  - приращение давления;

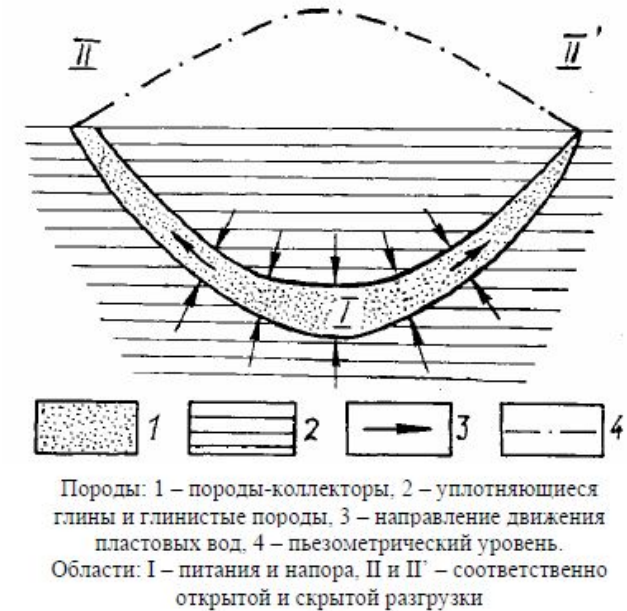
$V_{\text{общ}}$  - общий объем жидкости в водонапорной системе

- 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  $1 \text{ г/см}^3$ ) 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





# 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**



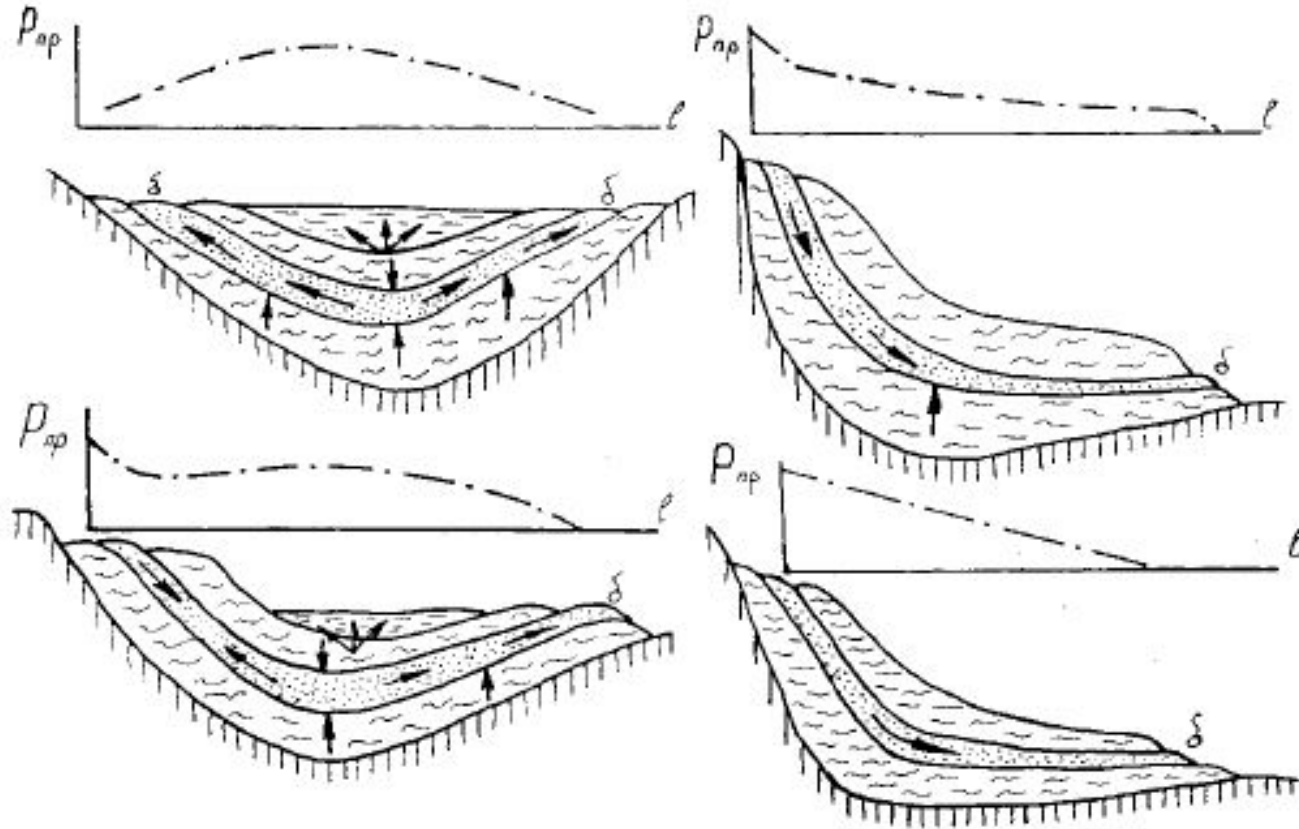
Характеристика литогидрогеологических зон и подзон

Зона	Подзона	Генезис водных растворов	Гидрогеологические процессы	Гидрогенные литогенетические процессы	Изменения водных растворов
Диагенез	–	Талассогенные	Элизионные	Гидратация, катионный обмен, сульфидизация	Десульфирование
Катагенез	Протокатагенеза	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

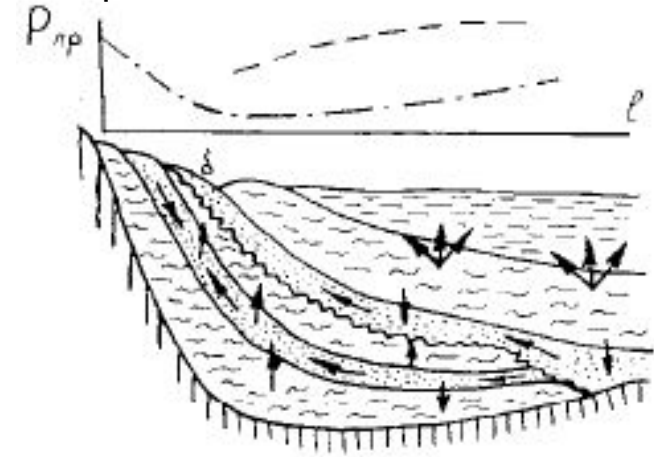
- Геогидродинамические системы развиваются во времени и пространстве
- Их эволюция определяется гидрогеологической историей бассейна пластовых вод
- Одни и те же водоносные комплексы на протяжении времени своего существования могут попеременно входить в состав эксфильтрационных и инфильтрационных природных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

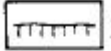

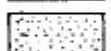
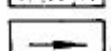
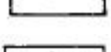

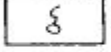
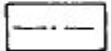
# Схема гидродинамического развития природных водонапорных систем

1 гидрогеологический цикл



2 гидрогеологический цикл



-  1
-  2
-  3
-  4
-  5
-  6
-  7
-  8

- 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

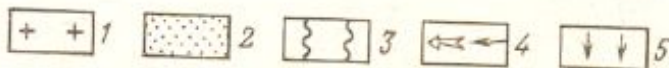


I — зона распространения грунтовых геогидродинамических систем

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

Направление: 4 — движения вод, 5 — инфильтрации метеогенных вод

ЗГВ — зеркало грунтовых вод

# Гидрогеологические бассейны морей и океанов

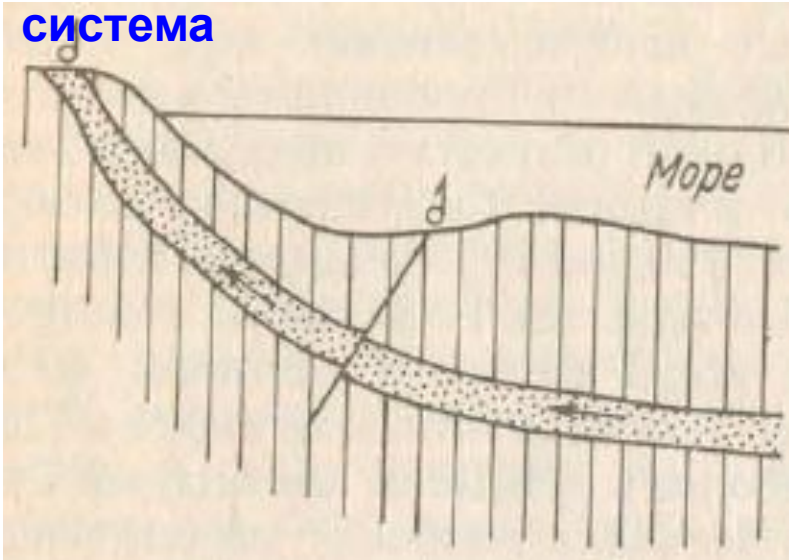
- Бассейны морей и океанов **изучены крайне слабо**
- Их отличительными **особенностями** являются:
  - ✓ отсутствие зоны аэрации
  - ✓ наличие толщ, находящихся на различных стадиях литогенеза
  - ✓ преимущественное содержание талассогенных вод, преобладание эксфильтрационных природных водонапорных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

# Гидрогеологические бассейны морей и океанов

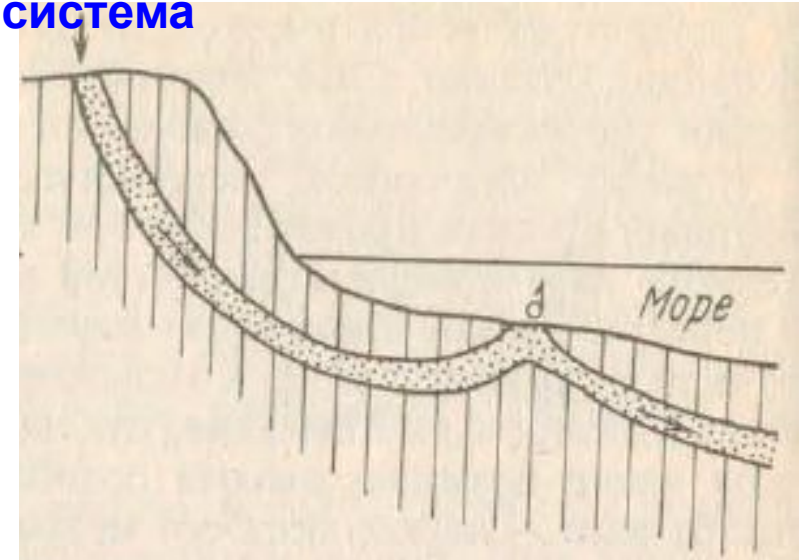
- В бассейнах **прибрежно-шельфовых областей** возможно наличие как элизионных (литостатических), так и инфильтрационных природных водонапорных систем
- В элизионных природных водонапорных системах, расположенных в основном под дном моря, движение вод направлено преимущественно в сторону континента

## Схема образования субмаринных

Элизионная водонапорная система источников



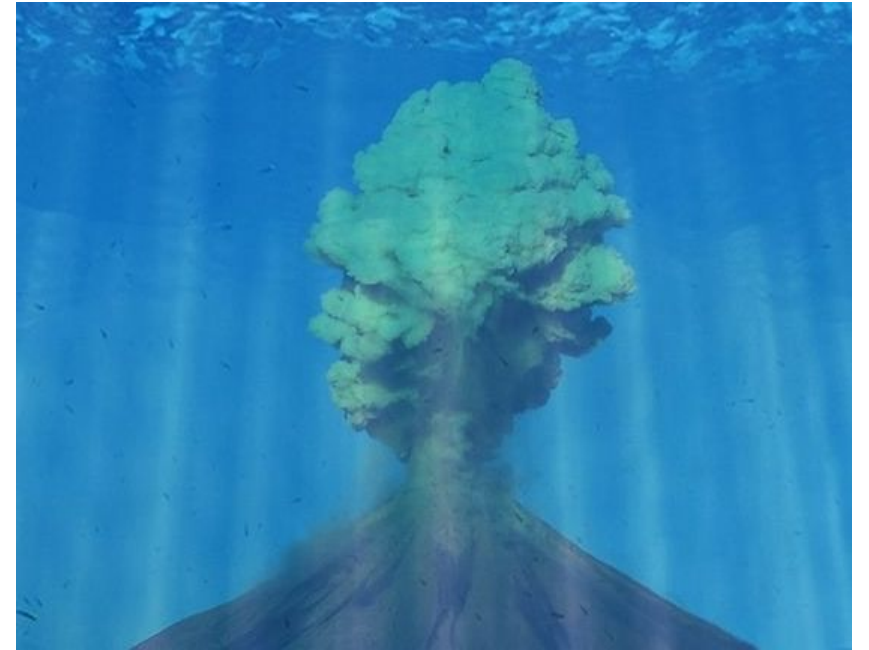
Инфильтрационная водонапорная система





# Гидрогеологические бассейны морей и океанов

- В бассейнах **дна внутренних морей** также отмечается гидродинамическая связь субаэральной и субмаринной частей
- Она характерна 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 **нефтега зоносным 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 — Ангаро-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 image shows an oil field with several pumpjacks (jack-o'-lanterns) silhouetted against a bright sunset sky. The sun is low on the horizon, creating a lens flare effect. The pumpjacks are arranged in a line across the field, with the most prominent one in the foreground on the right. The overall scene is hazy and atmospheric.

**Спасибо за внимание!**