

# ОБЩАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ

---

## Лекция 8

# Гидрогеохимия

---

Доцент кафедры  
общего землеведения и  
гидрометеорологии  
Ю.А. Гледко  
[gledko74@mail.ru](mailto:gledko74@mail.ru)

---

## План лекции

- *Химический состав и физические свойства подземных вод.*
  - *Воды минеральные, пресные, соленые, рассолы.*
  - *Химический анализ воды и формы его выражения.*
  - *Химическая классификация подземных вод. Нормы оценки качества воды.*
  - *Зональность подземных вод. Широтная, гидродинамическая зональность питания грунтовых вод. Вертикальная гидродинамическая, гидрохимическая и температурная зональность напорных вод.*
-

---

# Гидрогеохимия

- **Гидрогеохимия** – наука о взаимодействии воды с горными породами, газами и органическим веществом, его природе, эволюции, внутренних и внешних источниках, формировании состава подземной гидросферы и ее геохимической роли в геологической истории Земли.
-

---

# Физические свойства подземных вод

- Мутность и прозрачность
  - Цветность
  - Запах и вкус
  - Температура
  - Плотность
  - Вязкость
  - Электропроводность
  - Радиоактивность
-

# Классификация подземных вод по температуре

Балл	Температурные типы вод	Степень нагретости	Шкала температур, °С	Физические и биохимические критерии температурных границ
1	Переохлажденные	Исключительно холодные	ниже 0	Переход в твердое состояние
2	Холодные	Весьма холодные	0-4	3,98°C –температура максимальной плотности воды
3	То же	Умеренно холодные	4-20	Единица вязкости (сантипуаз) определена при температуре 20°C
4	Термальные	Теплые	20-37	Температура человеческого тела – около 37°C
5	То же	Горячие	37-50	Оптимальная температура для роста бактерий
6	То же	Весьма горячие	50-100	Переход в парообразное состояние
7	Перегретые	Умеренно перегреты	100-200	Термометаморфизм (гидролиз карбонатов с выделением CO <sub>2</sub> , генерация abiогенного H <sub>2</sub> S и др.)
8	То же	Весьма перегреты	200-375	Процессы углефикации органического вещества и формирования углеводородов

# Факторы, определяющие химический состав подземных

## ВОД

- 1) физико-химические – свойства воды в различных фазовых состояниях, водных растворов, химических элементов и соединений и т.д.;
- 2) физические – температура, давление, радиоактивность, магнетизм, гравитация и др.;
- 3) физико-географические – климат, особенно осадки и испарение, рельеф, гидрология, условия дренирования и т.д.;
- 4) геолого-гидрогеологические – тектоника, магматизм и метаморфизм, фациальное строение разреза, минералогический состав пород, фильтрационные свойства пород, гидродинамические условия, палеогидрогеология и др.;
- 5) биологические – микрофлора и микрофауна;
- 6) антропогенные.

---

Выделяют две основные группы процессов формирования химического состава подземных вод: **гидрогеохимические** и **гидробиохимические** – с участием живого вещества.

- В комплексе **гидрогеохимических процессов** условно можно выделить:
  - 1) процессы обмена веществом водовмещающей породы и окружающей среды с раствором, в том числе повышающие (растворение и выщелачивание, десорбция, гидролиз, комплексообразование и др.) и понижающие (осаждение и кристаллизация, высаливание, сорбция и др.) минерализацию подземных вод;
  - 2) процессы качественного и количественного перераспределения вещества в самих природных растворах (конвективный и диффузионный массоперенос).
-

**Химический состав подземных вод** - это совокупность содержащихся растворенных минеральных и органических соединений за исключением тех, из которых состоит живое вещество.

- Химические вещества в составе природных вод условно делят на:
  - 1) **Растворенные минеральные вещества**, которые представлены макрокомпонентами состава подземных вод. Главными ионами в водах являются: **анионы** -  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ; **катионы** -  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , а также кремнекислота  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  (присутствует в подземных водах преимущественно в молекулярной форме), которые определяют химический тип вод. Микрокомпоненты содержатся в водах в гораздо меньших количествах и не определяют химического типа воды. Ряд компонентов, растворенных в водах, занимают промежуточное положение между макро- и микрокомпонентами их называют мезокомпонентами. Это:  $\text{H}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4^-$  (иногда  $\text{Br}$ ,  $\text{I}$ ,  $\text{F}$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{Al}$ ). Эти компоненты в некоторых типах вод могут приобретать первостепенное значение.

## Химический состав подземных вод

- 2) **Растворенные газы** – O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, He, Rn, Ne, Ar, Xe, Kr и другие.
- 3) **Биогенные вещества** – соединения азота, фосфора, железа и кремния. Наиболее важными источниками биогенных веществ являются поступление с речным стоком, атмосферными осадками, промышленными, хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами.
- 4) **Органические вещества** (природное водорастворенное органическое вещество (ВРОВ) – разнообразные органические соединения, относящиеся к органическим кислотам, сложным эфирам, фенолам, гумусовым веществам, карбоновым кислотам, атомсодержащим соединениям (белки, аминокислоты). Органические соединения, несмотря на разнообразие их форм, состоят в основном из углерода, кислорода и водорода (98,5 % по массе). Весовое количество разнообразнейших по составу, строению и размерам молекул ВРОВ, содержащихся в подземных водах, обычно характеризуют величиной содержания их основного элемента – **Сорг.**

- 5) **Микроэлементы** – все металлы кроме главных ионов, а также некоторые другие (например, радиоактивные – Ra, U, Rn, Th), содержащиеся в водах в микроколичествах, обычно до сотен мкг/дм<sup>3</sup>. Микроэлементы представляют собой самую большую группу элементов химического состава природных вод, в нее входят практически все элементы периодической системы, не включенные в предыдущие четыре группы растворенных компонентов.
- 6) **Загрязняющие вещества** – нефтепродукты, фенолы, пестициды, СПАВ и другие.

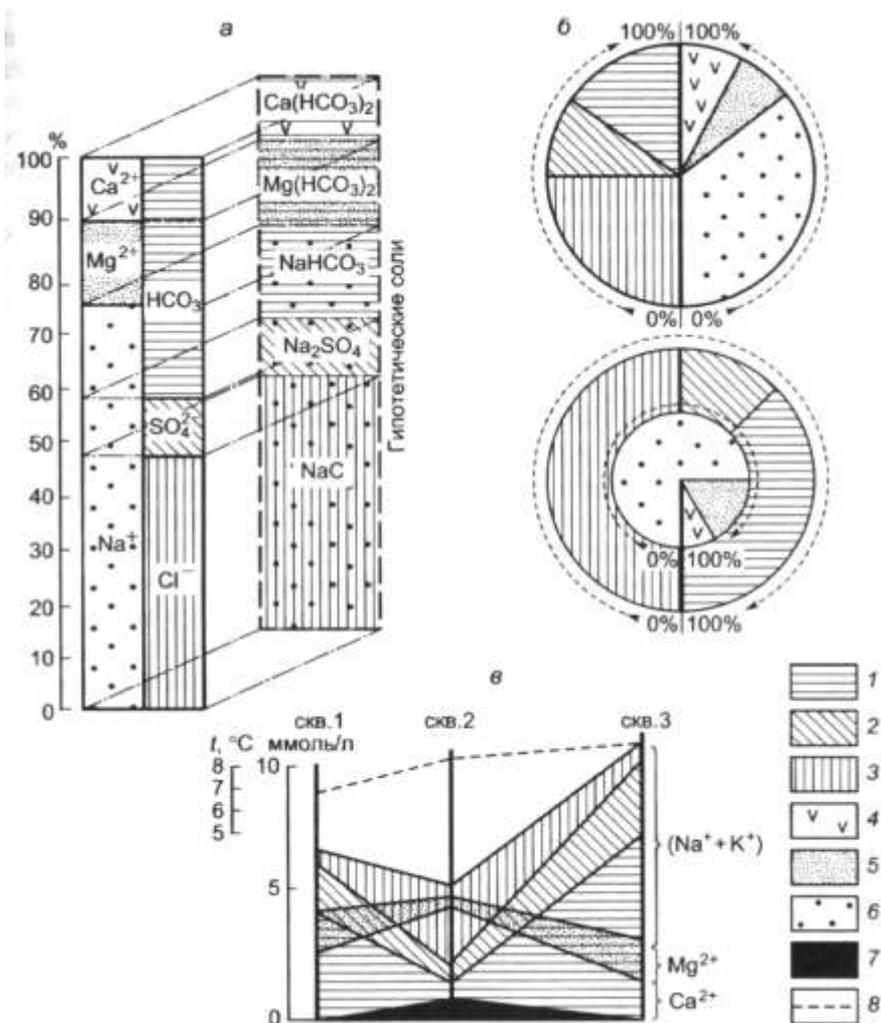
## Химический состав подземных вод

- Интегральными характеристиками общего количества вещества в подземных водах являются расчетные величины:
- минерализация (общая или суммарная минерализация, степень минерализации),
- сумма ионов,
- сухой остаток.

## Формы выражения химического состава подземных вод

- **весовая** (г/л, мг/л, г/кг, мг/кг); последняя (мг/кг) – примерно соответствует принятой в зарубежной литературе единице ppm («parts per million» – частей на миллион); для газов (мл, л/кг);
- **эквивалентная** (мг-экв/л, г-экв/л, мг-экв/кг, г-экв/кг) вычисляется делением массы вещества на его эквивалентную массу;
- **процент-эквивалентная** (% экв) – доля (%) каждого иона в общей (принимаемой обычно за 100%) сумме миллиграмм-эквивалентов ионов одного знака (катионов или анионов). Эта форма позволяет сравнивать химический состав подземных вод разной минерализации и оценивать роль каждого иона в их составе.

## Графические способы выражения химического состава воды



- а – график-прямоугольник (пунктир – «гипотетические» соли);
- б – круги-диаграммы;
- в – гидрогеохимический профиль (по А.А. Бродскому):
- 1 –  $\text{HCO}_3^-$ ; 2 –  $\text{SO}_4^{2-}$ ; 3 –  $\text{Cl}^-$ ; 4 –  $\text{Ca}^{2+}$ , 5 –  $\text{Mg}^{2+}$ ; 6 –  $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ ; 7 –  $\text{NO}_3^-$ ; 8 –  $t^\circ\text{C}$

# Формула Курлова

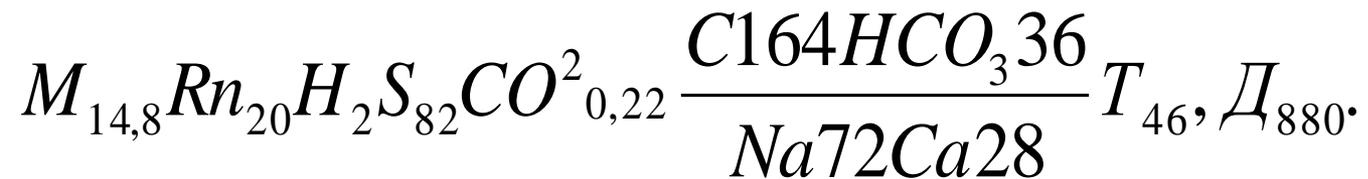
- **Формула Курлова** представляет собой псевдодробь, в числителе которой записываются анионы (в процентах количества вещества эквивалента) в порядке убывания их содержания. В знаменателе в таком же порядке располагаются катионы. Количество вещества эквивалента катионов и анионов округляется до целого числа. Слева от дроби записывается общая минерализация воды  $M$  (г/л). Здесь же указывается содержание газов и некоторых микроэлементов. Справа от дроби записывается температура воды  $T$  (°C) и расход (дебит) воды  $D$  или суммарный дебит  $D_{\Sigma}$  для скважин и источников (л/с, м<sup>3</sup>/сут):

$$pM \frac{\text{анионы}(100\%)}{\text{катионы}(100\%)} T, D$$

- $p$  – специфические компоненты, содержащиеся в природных водах.

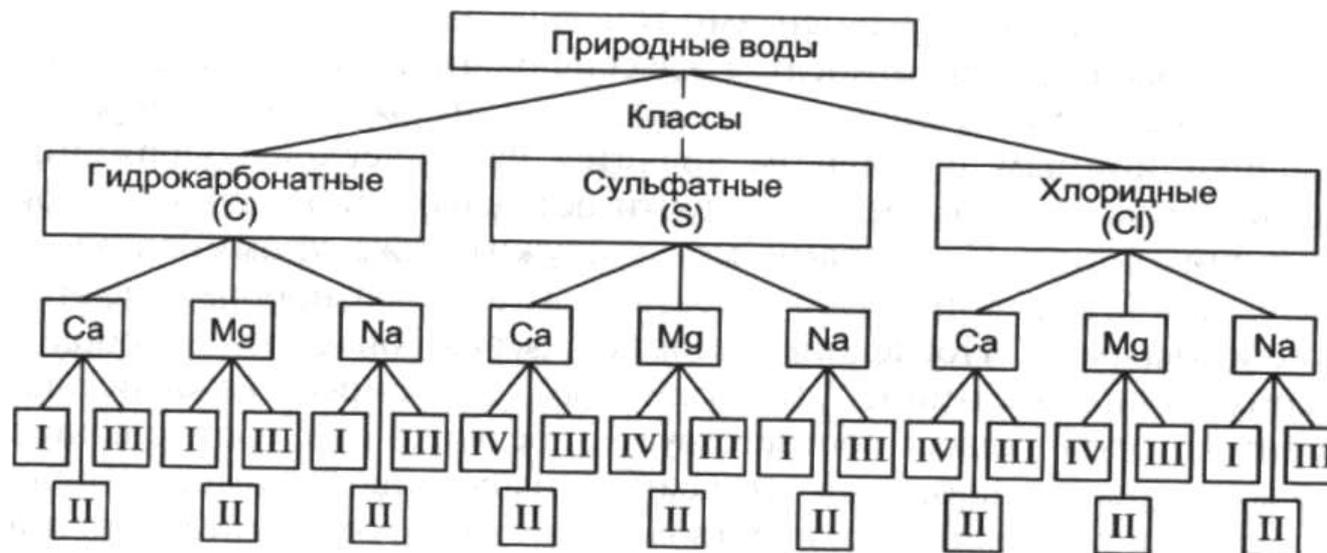
# Формула Курлова

- Например, состав воды одной из разведочных скважин по формуле Курлова можно выразить в следующем виде:



- В формуле ионного состава обычно указывают лишь те ионы, концентрация которых превышает 10, иногда 20%.

# Классификация О.А. Алекина (1946)



- Типы химического состава (ммоль/дм<sup>3</sup>):
- I –  $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2++}\text{Mg}^{2+}$ ; II –  $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2++} \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2+}$ ;
- III –  $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2+} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ; IV –  $\text{HCO}_3^- = 0$  (кислые)

# Классификация О.А. Алекина (1946)

- Для обозначения классов, групп и типов в данной классификации применяются символы. Класс обозначается символом соответствующего аниона: **C** – HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, **S** – SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, **Cl** – Cl<sup>-</sup>, группа – символом катиона: Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>; тип – римской цифрой. Символы пишутся следующим образом:



- (гидрокарбонатный класс, группа кальциевая, тип второй),



- (сульфатный класс, группа натрия, тип второй)



- сульфатно-хлоридный класс, группа натрия и магния, тип третий