

СВОЙСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД

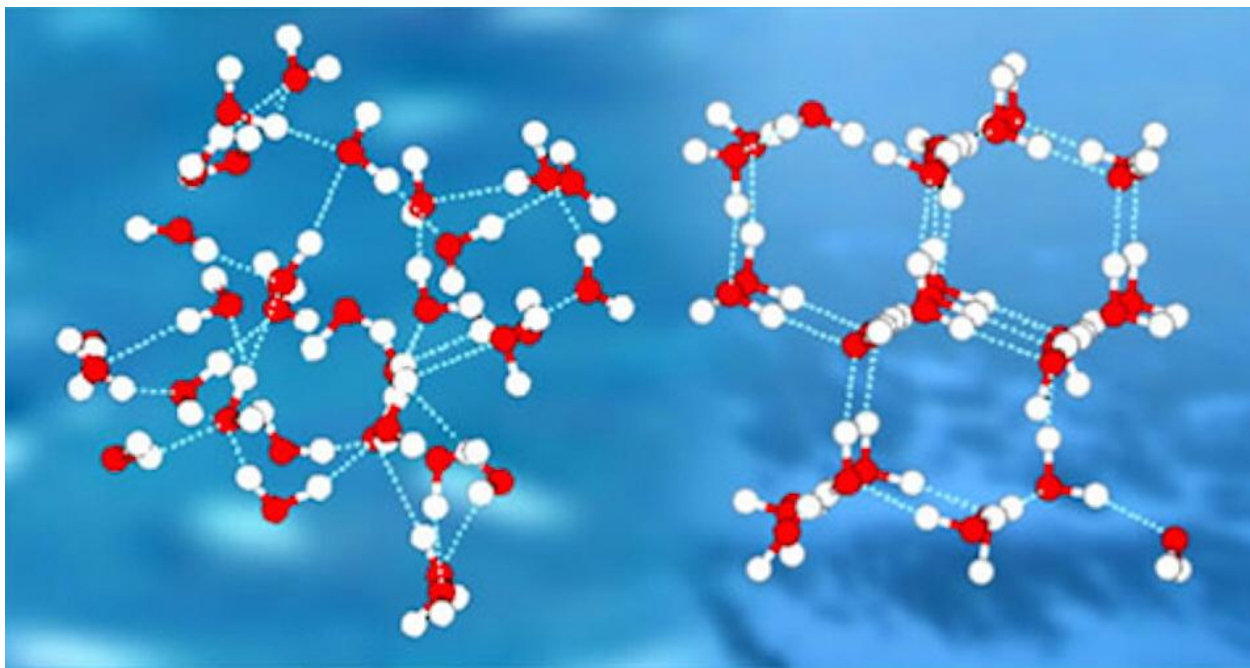
1

По особенностям происхождения, состава вод или их применения, выделяют:

- По изотопам водорода в молекуле:
 - Лёгкая вода (по составу почти соответствует обычной)
 - Тяжёлая вода (дейтериевая)
 - Сверхтяжёлая вода (тритиевая) (в природе почти нет)
- Мягкая вода и жёсткая вода — по содержанию катионов кальция и магния
- Талая вода
- Пресная вода
- Дождевая вода
- Морская вода
- Подземные воды
- Минеральная вода
- Питьевая вода/водопроводная вода
- Дистиллированная вода и деионизированная вода
- Сточные воды
- Ливневая вода или поверхностные воды
- Апирогенная вода (для инъекций)
- Мёртвая вода и Живая вода (уникальные свойства)
- Святая вода — особый вид воды согласно религиозным учениям
- Поливода (гипотетическая полимеризованная форма воды, которая может образоваться за счет поверхностных явлений и обладать уникальными физическими свойствами, лженаука)
- Структурированная вода — термин, применяемый в различных неакадемических теориях.

По мнению ученых **вода должна обладать следующими качествами и должна быть:**

- абсолютно чистой, она не должна содержать хлора и его органических соединений, солей тяжелых металлов, нитритов, пестицидов и т.д.
- средней жесткости, так как очень жесткая и очень мягкая вода одинаково неприемлема для клеток
- Структурированной, так как в организме вся вода структурирована
- слабощелочной, pH в пределах от 7,0 до 8,0 (pH крови человека – составляет 7,25)



Молекулярная структура воды (слева) и льда (справа).

АНОМАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ВОДЫ

1. Самая высокая **удельная теплоемкость** воды — 4,1868 Дж теплоты (1 кал) на нагревание воды на 1 °С
2. Самая высокая диэлектрическая постоянная — до 87
3. Только вода при охлаждении **расширяется, а не сжимается**, как все вещества
4. Температуры кипения и плавления воды при **атмосферном давлении!!!** равны 100 и 0°С соответственно.

Р, атм.	1	2	4	8	10	20	50	100	150	218
Т кип., °С	100	120	143	170	179	211	246	293	338	374

Некоторые физические свойства воды при температуре до 100° С

Температура, ° С	Плотность, г/см ³	Удельный объем, см ³ /г	Вязкость, мПа*с	Диэлектрическая постоянная
0	0,99987	1,00013	1,787	87,74
5	0,99999	1,00001	1,516	85,76
10	0,99973	1,00027	1,306	83,83
20	0,99823	1,00177	1,002	80,1
30	0,99568	1,00434	0,7975	76,54
40	0,9922	1,0078	0,6531	73,15
50	0,9880	1,0120	0,5467	69,91
60	0,9832	1,0170	0,4666	66,81
70	0,9778	1,0227	0,404	63,85
80	0,9718	1,0289	0,355	61,02
90	0,9653	1,03559	0,315	58,31
100	0,9683	1,0434	0,282	55,74

Уменьшается

увеличивается

Уменьшается

Уменьшается

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ТЯЖЕЛОЙ ВОДЫ

Еще в **1931 г.** было доказано, что, кроме кислорода с атомным весом 16, существуют его изотопы с атомными весами 17 и 18. Соотношение ЭТИХ ИЗОТОПОВ в воде

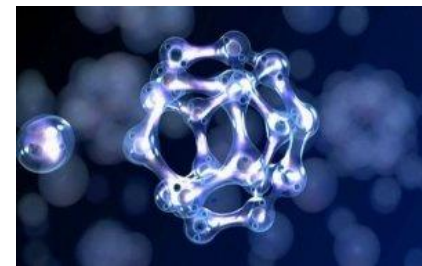
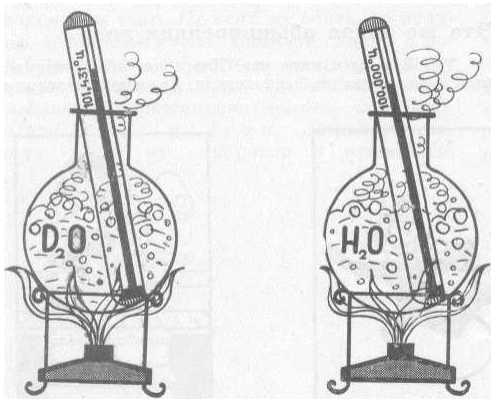
$$^{16}\text{O} : ^{17}\text{O} : ^{18}\text{O} = 99,760 : 0,042 : 0,198$$

В **1932 г.** был открыт изотоп водорода (^2H) с атомным весом 2 — **дейтерий (D)**, а в **1939 г.** — изотоп водорода (^3H) с массовым числом 3 — **тритий (T)**. Распространенность этих изотопов характеризуется соотношением:

$$^1\text{H} : ^2\text{H} = 99,9844 : 0,0156.$$

Различные сочетания указанных изотопов могут образовать **18 РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ВОДЫ.**

Особое внимание исследователей привлекает так называемая **тяжелая вода $^2\text{H}_2^{16}\text{O}$ (или D_2O)**



Свойства тяжелой воды

Свойства	Вода обычная	Вода тяжелая
Плотность при 25°C, г/см ³	0,99707	1,10775
Точка замерзания, °C	0	3,8
Точка кипения, °C	100	101,42
Температура наибольшей плотности, °C	4	11,6
Вязкость при 20° C, мП · с	1,002	1,42
Растворимость при 25° C, г/л:		
BaCl ₂	357	289
NaCl	359	305

Тяжелая вода существенно отличается от обычной:

- максимальная плотность отмечается при $11,2^{\circ}\text{C}$ и составляет $1,056 \text{ г/см}^3$
- вязкость на 20% выше
- диэлектрическая постоянная на 0,3-0,5 % ниже

Разница в физических свойствах тяжелой и обычной воды связана с **различиями в размерах их молекул.**

Расстояние O – D в молекуле тяжелой воды $0,976 \pm 0,0003 \text{ нм}$

O – H

обычной воды $0,970 \pm 0,000025 \text{ нм}$

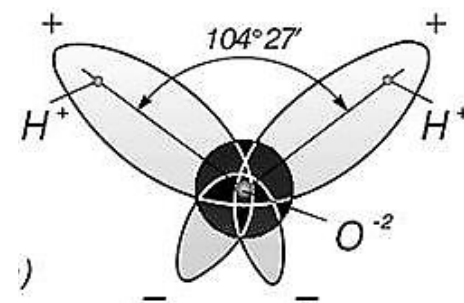
Угол D – O – D

тяжелой воды **$104,2 \pm 3^{\circ}$**

Угол H – O – H

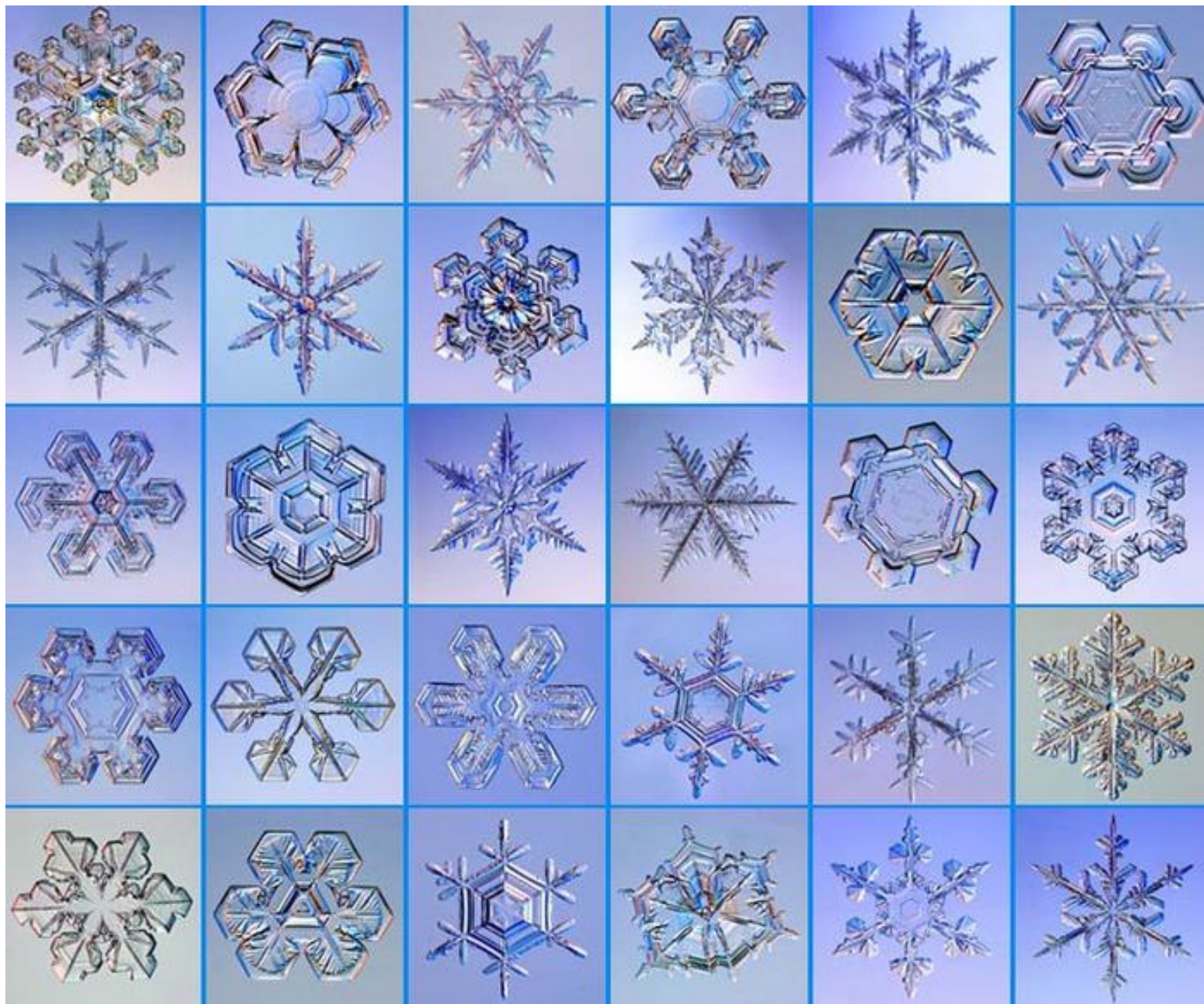
обычной воды **$107,2 \pm 3^{\circ}$**

Дейтериевая связь является еще **более прочной**, чем водородная.



Распространение тяжелой воды в природе неравномерное:

- Ничтожное содержание в снеге, дождевых и поверхностных водах
- Значительно больше в океанах, растениях и животных
- Больше всего в некоторых минералах, в том числе метаморфических хлоритах.



Структурные особенности воды изменяются под действием:

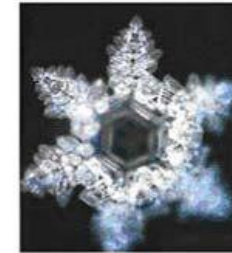
- температуры
- давления
- растворенных солей
- электрического, магнитного и других физических полей
- взаимодействия с твердыми и газообразными телами

Все это имеет **большое геологическое значение**, так как позволяет решить:

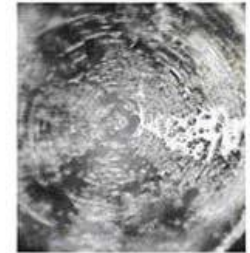
- вопросы гидрогеологии и геологии
- формиро-вание химического состава подземных вод
- формирование высоко-концентрированных рудообразующих растворов
- условия образова-ния гидротермальных, многих эпигенетических и метаморфических месторождений и т.д.



Лебединое озеро



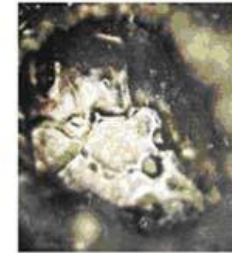
Аве Мария



Хэви - металл



Горный источник



Водохранилище



После молитвы



Солнце

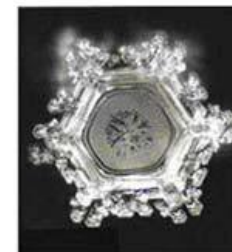


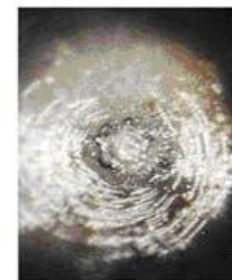
Фото дельфина



Мобильный телефон



Спасибо



Ты дурак



Дьявол

ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ

Привкус

Водородный
показатель
рН

Мутность

Цветность

Mn

Cl

Fe



ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЙ показатель (от орган и греч. leptikos — склонный брать или принимать) — совокупность показателей качества воды воспринимаемая рецепторами человека.

1. Прозрачность — способность воды пропускать свет.

2. Мутность — показатель, характеризующий уменьшение прозрачности воды в связи с наличием неорганических и органических тонкодисперсных взвесей, а также развитием планктонных организмов.

3. Цветность — показатель, характеризующий интенсивность окраски воды

4. Осадок — наличие солей компонентов

5. Запах — на него оказывают влияние состав растворенных веществ, температура, значения pH и целый ряд прочих факторов

6. Вкус и привкус — солоноватый, соленый (наличие хлоридов и сульфатов), кислый (сульфидные месторождения), горький, сладковатый (азот.соед.) , безвкусная





«В каждой капле, как в микрокосмосе, отражается состав космоса» (В.И. Вернадский)

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОД

ПОКАЗАТЕЛИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ

1. pH

2. Eh

3. Температура

4. Минерализация

5. Жесткость воды

6. Концентрация химических компонентов

7. Содержание органических веществ (фульвовые и гуминовые кислоты) **и соединений** (нефтепродукты, пестициды, фенолы и др.) **(сам. работа!!!)**

8. Газовый состав (азот, метан, сероводород, диоксид углерода и т.д.) **(сам. работа!!!)**

9. Радиоактивность

10. Изотопный состав (изотопы O, H, C и др.)

Геохимическая среда в воде характеризуется **тремя основными показателями**:

1. кислотно-щелочными условиями (величиной рН)
2. окислительно-восстановительными условиями (величиной Eh)
3. суммой растворенного вещества (количественным соотношением элементов-окислителей и элементов-восстановителей).

Характер окислительно-восстановительной обстановки, также как и кислотно-щелочные свойства определяются интенсивностью водообмена и направленностью преобразования органического вещества.

рН (водородный показатель)



$$K_{\partial} = \frac{[H^+] \cdot [OH^-]}{[H_2O]}$$

$$\text{Для } T = 22^\circ \text{C} \quad K_{\partial H_2O} = 10^{-14}$$

$$[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$$

Таким образом, рН – это отрицательный логарифм активности ионов водорода в растворе

$$\text{pH} = -\lg [H^+]$$

Классификация вод по pH

Название	Значение pH
Сильнокислые	< 3
Кислые	$3 - 5$
Слабокислые	$5 - 6,8$
Нейтральные	$6,8 - 7,5$
Слабощелочные	$7,5 - 8,5$
Щелочные	$> 8,5$

- В **нейтральных водах** $[H^+] = [OH^-]$, концентрация каждого из ионов равна 10^{-7} моль/л, соответственно $pH = -\lg 10^{-7} = 7$.
- В **щелочных водах** $[H^+] < 10^{-7}$ моль/л, то есть **преобладает $[OH^-]$**
- В **кислых преобладает $[H^+]$** , т.к. $[H^+] > 10^{-7}$ моль/л, $[OH^-]$ минимальное или отсутствует
- Широко распространены околонейтральные воды, то есть нейтральные, слабощелочные и слабокислые

Кровь человека pH = 7,3

Питьевая вода 6-9 (СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения)

Кислотно-щелочные условия оказывают значительное влияние на миграционную способность химических элементов.

Сильно- и слабокислые воды благоприятны для миграции халькофильных элементов:

Cu, Zn, Cd, Ni, Co, Pb и др.

В щелочных водах подвижны аниогенные элементы:

W, Mo, U, As, Cr

Многие элементы подвижны во всех средах:

Li, Cr, Sr, Ba, J, Br.

Eh (окислительно-восстановительный потенциал)

- это показатель степени окисленности или восстановленности переменнo-валентных компонентов в подземных водах (S, Fe, Mn, Cr, V, Ti, Mo, As). Выражается в вольтах или милливольтах (mV)

Положительные значения указывают на окислительные условия, отрицательные - на восстановительные

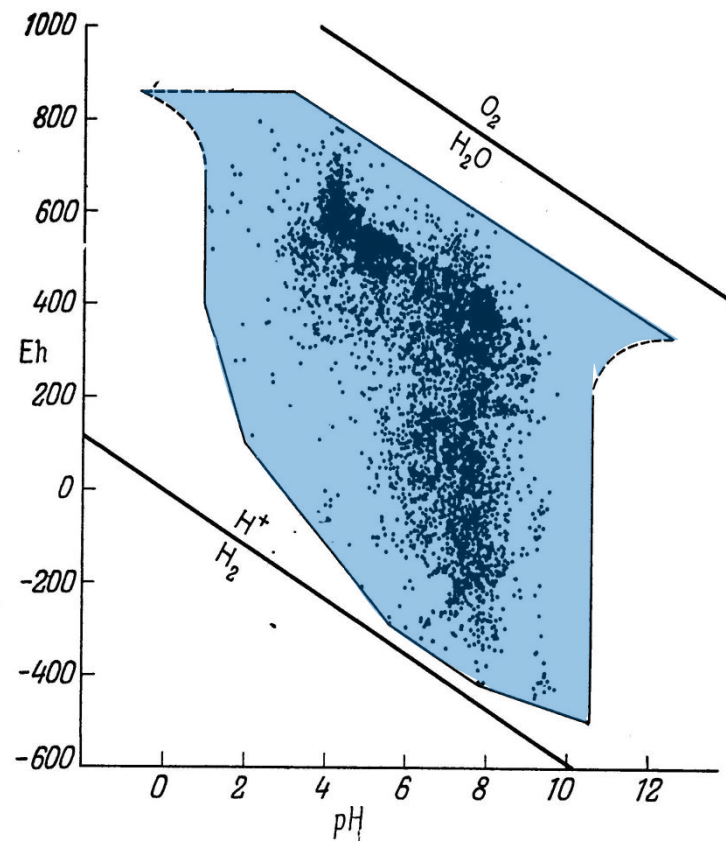
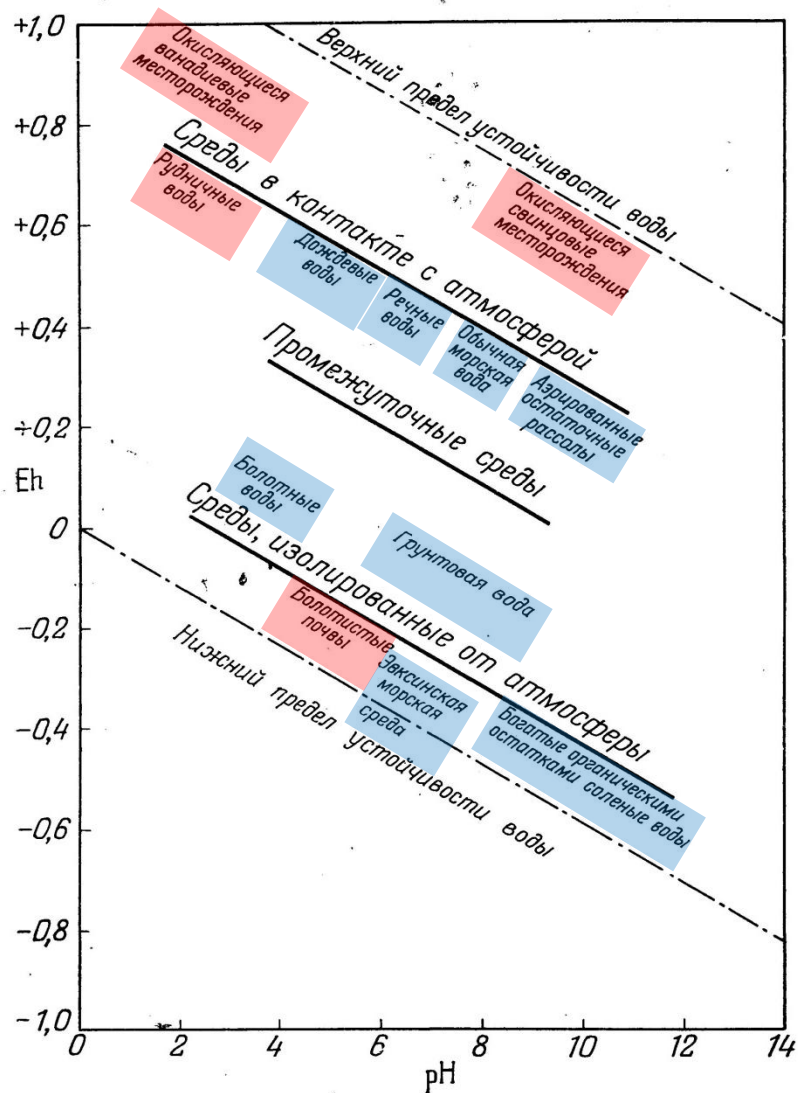
Величина Eh определяется наличием в растворе потенциально задающих ионов:

1. Элементов-окислителей, способных принимать электроны (Fe^{3+} , Mn^{4+})
2. Элементов-восстановителей, способных отдавать электроны Fe^{2+} , Mn^{2+} .

Уравнение Нернста для определения значений Eh

$$Eh = E^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{N_{ok}}{N_{восм}} - 0,059 \frac{m}{n} pH$$

E^0 – стандартный потенциал (справочная величина); N – любой химический элемент с переменной валентностью; n, m – число электронов и протонов, участвующих в реакции



Приблизительное положение некоторых природных сред на диаграмме pH – Eh (а) и результаты измерения pH и Eh в природных водах (б) (по Гаррелсу, 1968)

ЗОНА ГИПЕРГЕНЕЗА - зона разрушения и преобразования горных пород, их минерально-геохимических изменений в верхней части земной коры под воздействием совокупности факторов и агентов физического, химического и биологического характера, выветривания (аэрация, выносы, переотложения растворимых и остаточных продуктов разрушения и т. п.).

Здесь важнейшим окислителем является:

- **кислород**,
- все химические элементы, способные принимать электроны – Fe^{3+} , Mn^{4+} , S^{6+} , Cr^{6+} и др.

Важнейшим восстановителем является:

- **органическое вещество**,
- определенные виды бактерий,
- все элементы, способные отдавать электроны – Fe^{2+} , S, Mn.

МАКРОКОМПОНЕНТЫ

(ед. изм. аналогичные с ОМ)

Ведущие (основные) ионы:

Катионы (К) –



Анионы (А) –



(при $\text{pH} > 7,2$, в кислых водах отсутствует)



1. В условиях **активного водообмена** обычно присутствует **свободный кислород** и геохимическая обстановка является **окислительной**. Величина E_h более 0,15 В, иногда более 0,4 В
2. В условиях **замедленного водообмена** кислород расходуется на окисление органического вещества и элементов с переменной валентностью (Fe, Mn, As и др.) и геохимическая обстановка является **глеевой (бескислородной)**. Величина E_h обычно <0,4 В, иногда <0 В. (*болота тундровой, таежной и лесостепной зон, нижние горизонты подземных вод*).
3. В условиях **весьма замедленного водообмена** в глубоких горизонтах подземных формируется **восстановительная обстановка с сероводородом** с величиной $E_h < 0$, часто до 0,5 В за счет крайне слабого притока кислорода и активной деятельности сульфатвосстанавливающих бактерий

ТЕМПЕРАТУРА

один из важнейших показателей генезиса и глубины их циркуляции. Диапазон изменения известных температур природных вод на Земле составляет около 400°C.

ГЕОТЕРМИЧЕСКАЯ СТУПЕНЬ — расстояние по вертикали в метрах, на протяжении которого температура меняется на 1 градус.

**Среднее значение = 30 м
(400 °C на глубине 12 км)**

Температура грунтовых вод в:

- **гумидной зоне** обычно составляет 3—10°C,
- **в аридной зоне** до 12° и более.

Артезианские воды могут достигать температуры 90—100°C и более.

Существует множество классификаций подземных вод по температуре (О.А. Алекина, Б.Ф. Маврицкого, Ф.А. Макаренко, А.М.Овчинникова, Н.И. Толстихина и др.)

Классификация подземных вод по температуре

Название	Температура, °C
Холодная	0-20
Теплая	20-37*
Горячая	37-42
Очень горячая	Более 42

* - для минеральных вод - от 35 °C

Классификация подземных вод температуре (Щербаков А.В., 1979)

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°С – температура максимальной плотности воды
3		Умеренно холодные	4-20	Единица вязкости (сантипуаз) определена при 20 °С
4	Термальные	Теплые	20-37	Температура человеческого тела – 37 °С
5		Горячие	37-50	Оптимальная температура для роста бактерий
6		Весьма горячие	50-100	Переход в парообразное состояние
7	Перегретые	Умеренно перегретые	100-200	Термометаморфизм (гидролиз карбонатов с выделением CO ₂ , генерация abiогенного H ₂ S)
8		Весьма перегретые	200-375	Процессы углефикации органического вещества и формирование углеводородов

МИНЕРАЛИЗАЦИЯ

(общая минерализация (ОМ), соленость, сумма солей, солесодержание)

Система СИ – **мг/дм³ или г/дм³**

(часто - мг/л, mg/L, г/л, для соленых вод - промилле ‰ (1/1000 или 1/10‰))

За рубежом называют «общим количеством растворенных частиц» — Total Dissolved Solids (TDS)

Подразделение химических компонентов в подземных водах в зависимости от их содержания

Группа элементов	Название группы	Массовое содержание элемента	Примеры типичных элементов
I	Макрокомпоненты	$>10^{-2}$	Na, Ca, Mg, Cl, S, C
II	Микрокомпоненты	$10^{-2} - 10^{-3}$	Br, Sr, B, F, Li, As, Pb
III	Ультрамикрокомпоненты	$< 10^{-5}$	Ce, Au, Bi, Te, Cd, Se
IV	Радиоактивные элементы	-	U, Th, Ra, Rn

Минерализация = I группа, иногда + II группа

Ионно-солевой состав = I + II + III + IV

ОБЩАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ —

— сумма ведущих солей, растворенных в воде (Шварцев С.Л.).

— показатель количества содержащихся в воде растворенных веществ (неорганические соли, органические вещества)

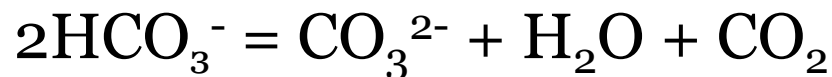
— сумма анионов и катионов

ОМ подсчитывается :

1. По результатам химического анализа отдельных компонентов (суммируются все обнаруженные компоненты)
2. Путем выпаривания одного литра воды (**сухой остаток**).

М общ. > М сух. ост.

При выпаривании воды $\frac{1}{2}$ HCO_3^- разрушается и улетучивается по реакции



М общ. = М сух. ост. + $\frac{1}{2}$ HCO_3^-

Классификация вод по солёности (по А.М. Овчинникову)

Тип солёности	Класс солёности	Минерализация, г/л	Химический тип
Пресные	Ультрапресные	< 0.2	Обычно гидрокарбонатные
	Пресные	0,2 – 0,5	
	Воды с относительно повышенной минерализацией	0,5 - 1	Гидрокарбонатно- сульфатные
Солоноватые	Солоноватые	1 - 3	Сульфатно- хлоридные
Солёные	Солёные	3 - 10	Преимущественно хлоридные
	Воды повышенной солёности	10 - 35	
Рассолы	Воды, переходные к рассолам	35 - 50	Хлоридные
	Рассолы	50 - 400	

Классификация подземных вод по величине общей минерализации (С.Л. Шварцев)

Класс вод	Подкласс вод	Минерализация, г/дм ³
Пресные	Ультрапресные	<0,2
	Умеренно пресные	0,2-0,5
	Собственно пресные	0,5-1
Солоноватые	Слабосоленоватые	1-3
	Умеренно солоноватые	3-10
Соленые	Слабосоленые	10-30
	Сильносоленые	30-50
Рассолы	Слабые	50-100
	Крепкие	100-320
	Сверхкрепкие	320-500
	Предельно насыщенные	>500

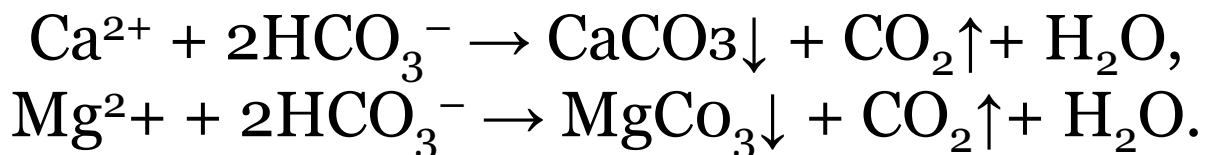
ЖЕСТКОСТЬ

- совокупность свойств, обусловленных содержанием в воде ионов Ca^{2+} и Mg^{2+}

$$\text{Ж}_{\text{общая}} = \text{Ж}_{\text{временная}} + \text{Ж}_{\text{постоянная}}$$

Общая жесткость – сумма Ca^{2+} и Mg^{2+} , мг-экв/дм³ (л) или немецкий градус (1 мг-экв = 2,8 нем. градуса)

Временная жесткость (устраняемая, карбонатная) – обусловлена наличием гидрокарбонатных и карбонатных солей кальция и магния.



Постоянная (неустраняемая, остаточная) – остается в воде после кипячения

Классификация природных вод по степени жесткости (по О.А. Алексину)

Название вод	Немецкие градусы	мг-экв/дм ³
Очень мягкие	до 4,2	До 1,5
Мягкие	4,2-8,4	1,5-3
Умеренно жесткие	8,4-16,8	3-6
Жесткие	16,8-25,2	6-9
Очень жесткие	Более 25,2	Более 9

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

Средний состав вод зоны гипергенеза и рек мира (по Шварцеву С.Л.)

Химические компоненты	Грунтовые воды выщелачивания	Грунтовые воды континентального засоления	Воды зоны гипергенеза	Реки мира
pH	6,7	7,5	6,9	-
HCO ₃ ⁻	132	344	174	58,4
SO ₄ ²⁻	11,9	328	75,1	11,2
Cl ⁻	8,3	202	47,0	7,8
NO ₃ ⁻	1,7	10,4	3,4	1,0
F ⁻	0,3	1,0	0,45	0,1
NO ₂ ⁻	0,06	0,5	0,14	-
Na ⁺	13,9	172	45	6,3
Ca ²⁺	26,1	115	44	15,0
Mg ²⁺	8,4	59	18,6	4,1
K ⁺	1,9	15,2	4,6	2,3
NH ₄ ⁺	0,4	1,1	0,56	-
SiO ₂	15,3	26,0	17,4	13,1
Сумма	220	1273	431	120
CO ₂ (св.)	25,9	26,3	26,0	-
C _{орг} (нел.)	6,2	4,3	5,9	6,9

ЗОНА ГИПЕРГЕНЕЗА - зона разрушения и преобразования горных пород, их минерально-геохимических изменений в верхней части земной коры под воздействием совокупности факторов и агентов физического, химического и биологического характера, выветривания (аэрация, выносы, переотложения растворимых и остаточных продуктов разрушения и т. п.).

Контроль результатов анализа

$$\Sigma A = \Sigma K, \text{ мг-экв/дм}^3$$

Погрешность результатов

$$X = \frac{A - K}{A + K} * 100$$

А и К - в мг-экв/дм³

Сумма А, мг-экв/дм ³	Допустимая погрешность, %
Более 15	2
5-15	2-5
3-5	5-10
Менее 3	Не установлена

Пересчет из мг/дм³ в мг-экв/дм³

позволяет представить соотношение реагирующих элементов в различных природных реакциях, так как элементы и их соединения реагируют друг с другом в весовых количествах, пропорциональных их эквивалентам **(закон эквивалентов!!!)**

Если принять, что i это какой-то элемент, то

$$C_i, \text{ мг-экв/дм}^3 = C_{i(\text{факт.})} (\text{мг/дм}^3) / \text{Экв-нт элемента}$$

$$\text{Эквивалент} = A/V$$

Компонент	Атомный вес (A)	Валентность (V)	Эквивалент
Катионы			
Na ⁺	23	I	23
K ⁺	39	I	39
Ca ²⁺	40	II	20
Mg ²⁺	24	II	12
Анионы			
HCO ₃ ⁻	61	I	61
CO ₃ ²⁻	60	II	30
Cl ⁻	35,5	I	35,5
SO ₄ ²⁻	96	II	48

Определение химического типа вод.

Формула М.Г. Курлова

Томский исследователь М.Г. Курлов в 1928 г. предложил удобную формулу для выражения химического состава воды, которая представляет собой псевдодробь

$$\frac{\text{Специф.комп.}_{\text{г/л}}, \text{Газ}_{\text{г/л}} \text{ М}_{\text{г/л}}}{\text{Анионы (мг-экв\%)}} \quad \text{Т}^{\circ}\text{С, рН, Q м}^3\text{/сут}$$

В порядке убывания

$$\frac{\text{Анионы (мг-экв\%)}}{\text{Катионы (мг-экв\%)}}$$

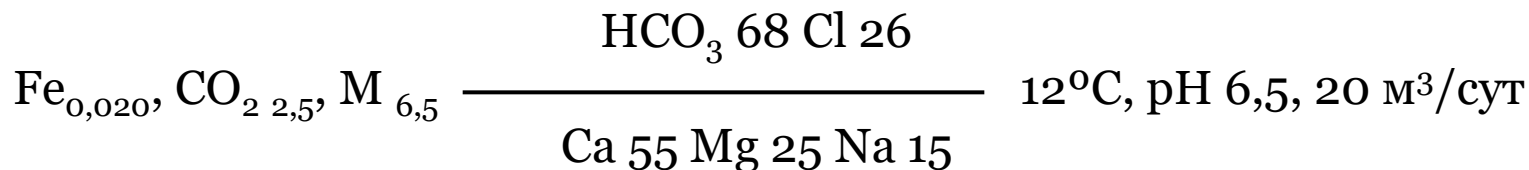
В порядке убывания

(As, Fe, F и др.) (CO₂, H₂S, N₂...)

Основные принципы написания формулы:

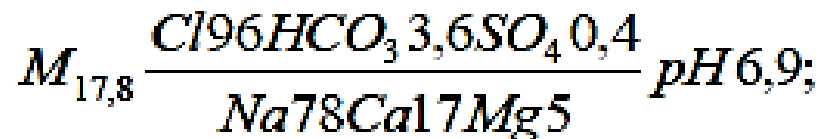
1. В формулу выносятся А и К с содержанием более **10 мг-экв%**
2. В названии химического типа воды участвуют Аи К с содержанием от **25 мг-экв%** (для минеральных вод от 20 мг-экв%)
3. Наименование вод дается:
 1. по возрастанию содержаний А и К («по правилу оттенков», например, *сульфатно-гидрокарбонатные кальцево-натриевые*)
 2. по убыванию содержания А и К (по С.А. Щукареву) (*например, гидрокарбонатно-сульфатные натриево-кальцевые*)

Пример формулы Курлова

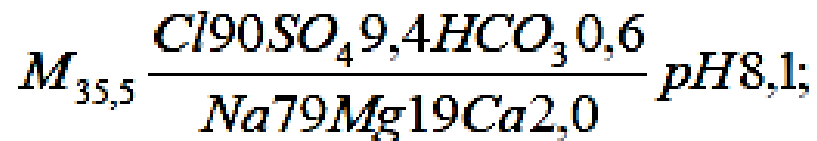


Название дается с начала формулы: *Вода железистая, углекислая, умеренно солоноватая (по С.Л. Шварцеву), холодная, слабощелочная, гидрокарбонатно-хлоридная кальцево-магниевая (химический тип - гидрокарбонатно-хлоридный кальцево-магний (по С.А. Щукареву))*

Пример формулы ионно-солевого состава



океаническая вода —



Пересчет из мг-экв/дм³ в мг-экв%

$$\Sigma A = \Sigma K = 100 \text{ мг-экв\%}$$

Например, дана концентрация Si :

$$HCO_3^- \quad 120 \text{ мг/л} \quad 120/61 = 1,97 \text{ мг-экв/л}$$

$$SO_4^{2-} \quad 825 \text{ мг/л} \quad 825/48 = 17,2 \text{ мг-экв/л}$$

$$Cl^- \quad 135 \text{ мг/л} \quad 135/35,5 = 3,8 \text{ мг-экв/л}$$

$$\Sigma A = 22,97 \text{ мг-экв/л}$$

По принципу пропорции определим долю участия каждого иона, например, HCO_3^- :

$$\Sigma A = 22,97 \text{ мг-экв/л} - 100 \text{ мг-экв\%}$$

$$HCO_3^- = 1,97 \text{ мг-экв/л} - X \quad X = 8,6 \text{ мг-экв\%}$$

КЛАССИФИКАЦИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД

Наиболее распространенными являются классификации:

- Щукарева С.А. (1934),
- Толстихина Н.И.(1935, 1966),
- Алекина О.А. (1948),
- Сулина В.А. (1948),
- Александрова В.А. (1932).
- Перельмана А.И.

Классификация вод Щукарева С.А. (с изменениями Славянова Н.Н.)

По общей минерализации каждый класс разделен на группы:

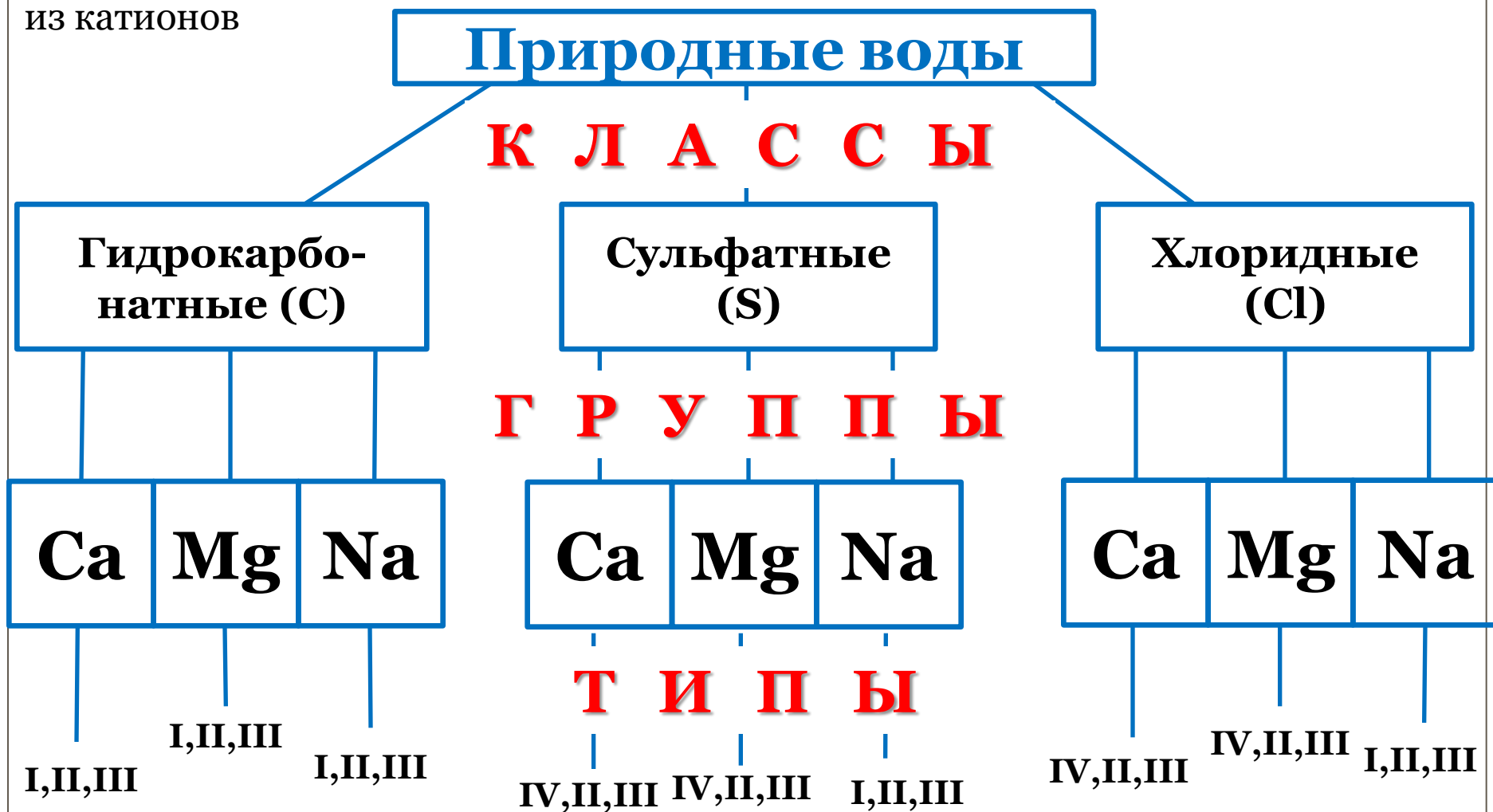
А – до 1,5 г/л, В – от 1,5 до 10 г/л, С – 10–40 г/л, Д – 40 г/л и более

Ионы, составляющие более 25 %-экв.	HCO_3^-	$\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$	$\text{HCO}_3^- + \text{Cl}^-$	SO_4^{2-}	$\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$	Cl^-
Ca^{2+}	1	8	15	22	29	36	43
$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	2	9	16	23	30	37	44
Mg^{2+}	3	10	17	24	31	38	45
$\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+}$	4	11	18	25	32	39	46
$\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	5	12	19	26	33	40	47
$\text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+}$	6	13	20	27	34	41	48
Na^+	7	14	21	28	35	42	49

Пример: A_{22}

Классификация Алекина О.А.

В основу классификации положен принцип деления вод на классы по преобладающим анионам и на группы внутри класса по преобладанию одного из катионов



- **I тип**

$\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (маломинерализованные воды с низкой жесткостью, воды верхних водоносных горизонтов)

- **II тип**

$\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ (в осадочных г/п, продуктах выветривания, высокая жесткость вод)

- **III тип**

$\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (воды океанов, морей, седиментогенные воды)

- **IV тип**

$\text{HCO}_3^- = 0$ (редкие воды, кислые)

Концентрация в мг/л

Пример:

***Ca
III***

Классификация А.И. Перельмана

Выделение шести главных таксонов, каждый из которых определяется на основе особого критерия:

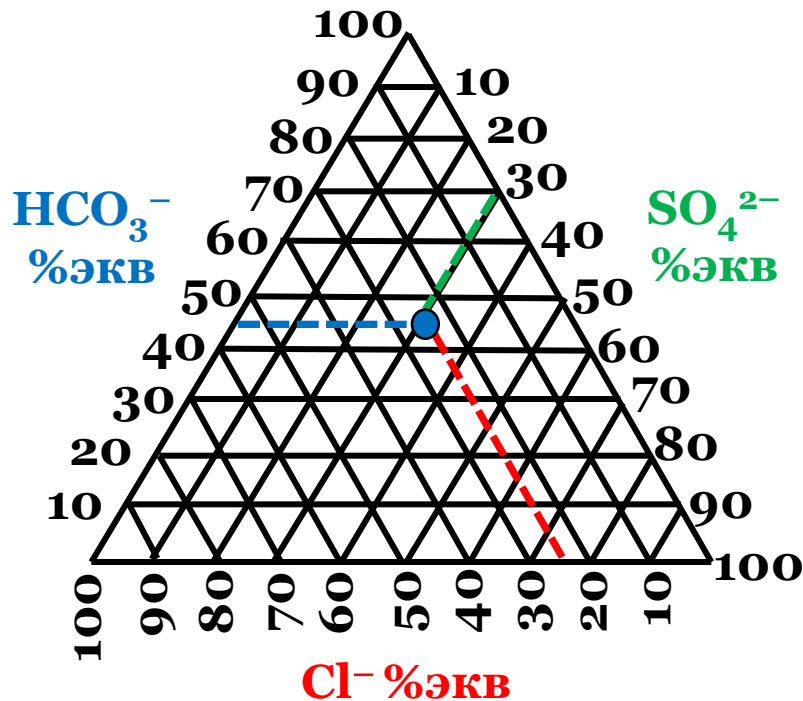
- **группа** – температура;
- **тип** – окислительно-восстановительные условия;
- **класс** – щелочно-кислотные условия;
- **семейство** – общая минерализация;
- **род** – растворенное органическое вещество;
- **вид** – ведущие катионы и анионы (кроме H^+ и OH^-).

ГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД

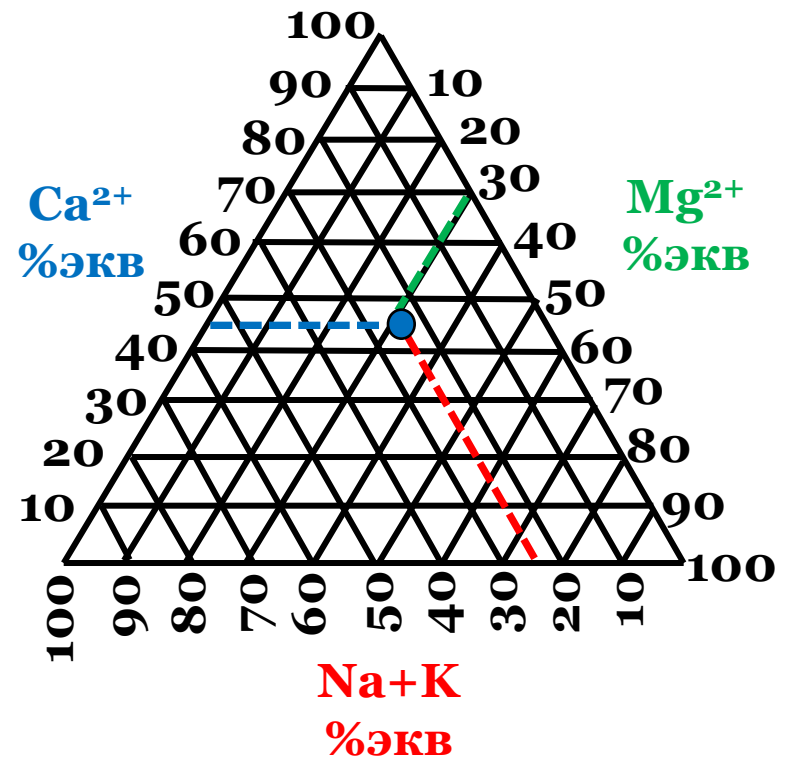
Впервые в СССР графики химсостава природных вод были применены Славяновым Н.Н. (1922).

- наиболее широко распространились графики-квадраты, круг-диаграммы Толстихина Н.И. (1937), Бродского (1953), Сулина В.А. (1948),
- треугольники катионного и анионного состава (треугольники Ферре),
- сдвоенная треугольная диаграмма Дурова (1959),
- колонки-диаграммы, гидрохимический профиль, предложенный Бродским (1954), и др.
- двух и трехмерные зависимости

Треугольники Ферре



Гидрокарбонатные (45 %экв.)
Сульфатные (30 %экв.)
Хлоридные (25 %экв.)



Кальциевые (45 %экв.)
Магниевые (30 %экв.)
Натриевые (25 %экв.)

ТИПЫ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ (по Толстихину Н.И.)

А – подземные воды с ОМ менее 1 г/л, **Б** – 1-35 г/л, **В** – выше 35 г/л

I



Однозональный,
развит в хорошо
промытых горно-
складчатых
структурах межгорных
бассейнов или в
областях питания
артезианских
бассейнов.

II



Двухзональный,
наблюдается в
менее промытых
массивах,
межгорных,
краевых и
частично
платформенных
бассейнах.

III



Трехзональный,
развит в
платформенных
артезианских
бассейнах, щитах,
реже гидрогеол-ких
массивах.

**Относится к
классическому или
нормальному**

IV



Начинается с
солончатых вод,
развит в сухих
климатических
областях со слабой
инfiltrацией
(Казахстан и др.)

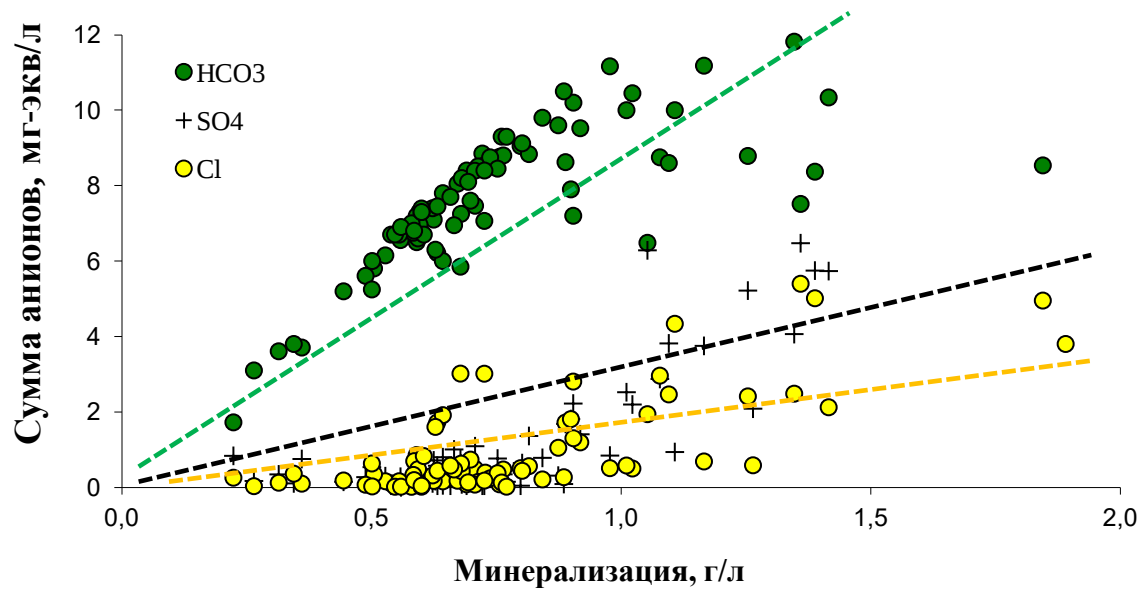
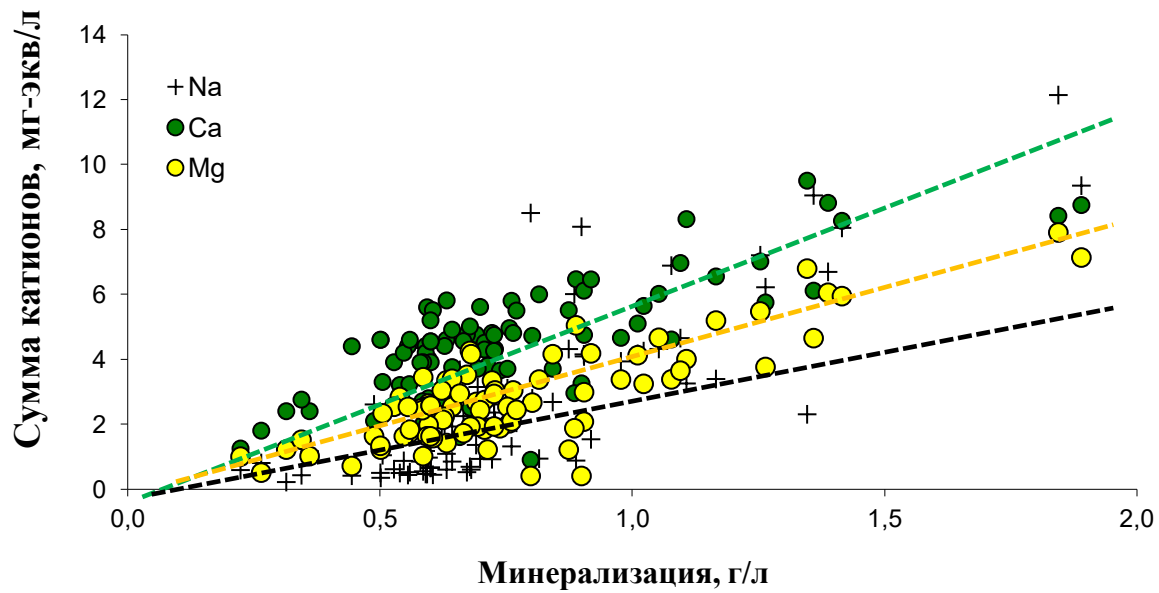
V

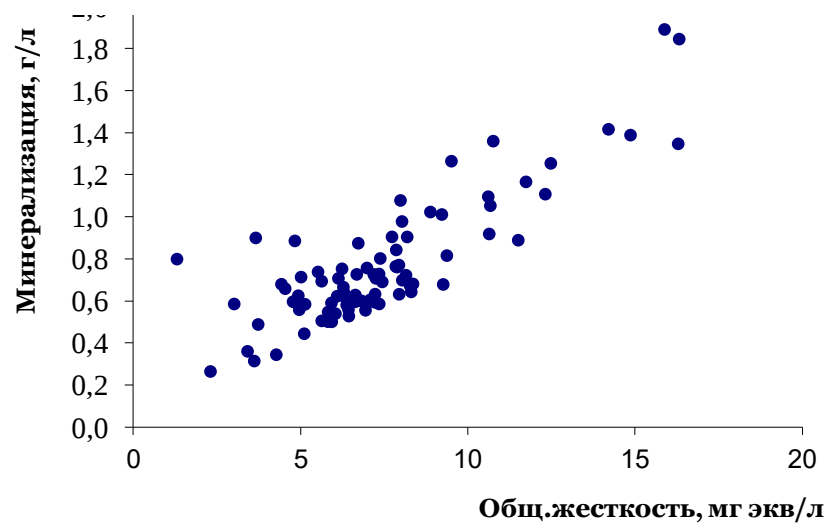
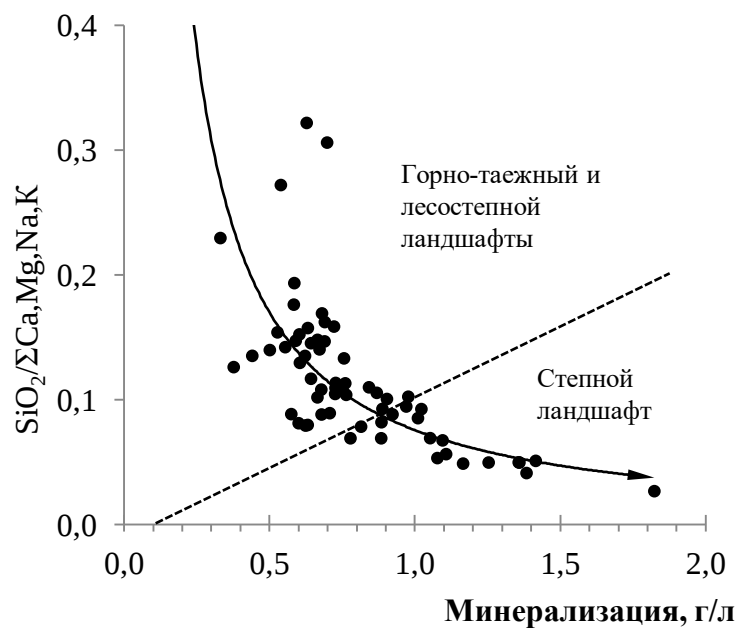
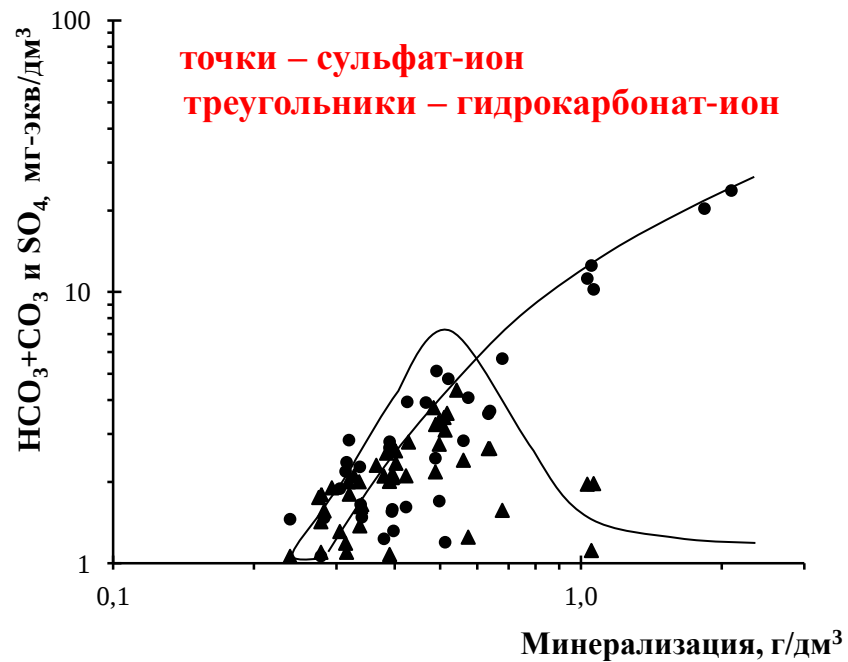
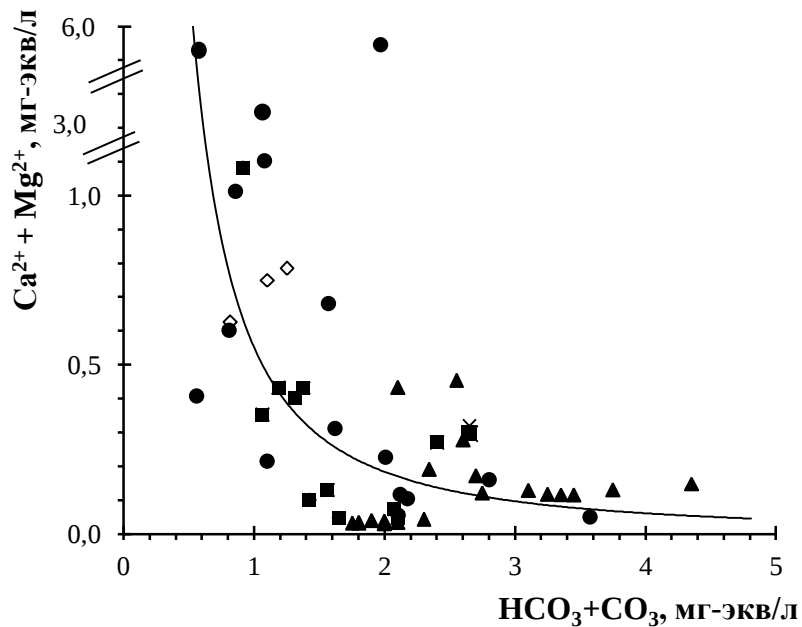


Разрезы
аномального
характера.
Развиты на
нефтегазовых
месторождениях

VI







ГАЗОВЫЙ СОСТАВ ВОД

Газы являются одной из **ведущих составляющих подземной гидросферы**. По В.И. Вернадскому, они **определяют всю химию воды и находятся в динамическом равновесии: подземная вода — природный газ**.

Различают:

1. сорбированные
2. растворенные
3. свободные газы.

Основными газами подземной гидросферы являются **O₂, N₂, CO₂, H₂S, CH₄, H₂, NH₃, He, Rn** и другие.

ГАЗОНАСЫЩЕННОСТЬ – объем газа, растворенный при 0° С и нормальном давлении в 1 л воды. Выражается в объемных (мл/л, %объемный) или весовых (мг/л) единицах.

Объем растворенного газа в воде характеризуется также **ДАВЛЕНИЕМ НАСЫЩЕНИЯ ИЛИ УПРУГОСТЬЮ ГАЗА**, т.е. величиной давления, которая удерживает газ в водорастворенном состоянии. В единицах СИ давление насыщения выражается в мегапаскалях (МПа)
(1 атм = 0,10132 МПа)

ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД

Источником растворенных веществ в подземных водах служат:

- **мантия** (летучие компоненты магмы),
- **литосфера** (породы и минералы),
- **биосфера** (органическое вещество),
- **наземная гидросфера** (океаны, моря, озера, реки) и
- **атмосфера** (осадки)

ЭТАПЫ И ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА ВОД

С/р:
Этапы
формирования
состава вод:
•атмогенный,
•биогенный,
•литогенный и
•испарительный



ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД (ПО Е.В. ПИННЕКЕРУ):

1. физико-географические (рельеф, гидрология, климат, выветривание и цементация);
2. геологические (геологическая структура, тектонические движения, тип пород, магматизм, газовый фактор);
3. физико-химические (химические свойства элементов, растворимость химических соединений, кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия);
4. физические (температура, давление, время и пространство);
5. биологические (влияние живого вещества, почвы, ландшафт);
6. искусственные (воздействие деятельности человека).

Различают :

- **прямые факторы**, непосредственно воздействующие на состав воды,
- **косвенные**, определяющие условия, в которых происходит взаимодействие вещества с водой.

Горные породы – прямой фактор: растворяясь, они обогащают воду ионами и химическими соединениями.

Тектонические движения – косвенный фактор, так как под их воздействием вода из одних пород отжимается в другие, где и может изменять свой состав.

По важности воздействия на состав воды факторы формирования делят на **главные и второстепенные или ведущие и подчиненные**.

Процессы – следствия факторов, которые создают или преобразуют состав подземных вод.

ВЕДУЩИЕ ПРИРОДНЫЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Ведущие процессы	Разновидности процессов	Примеры распространенных явлений
ПЕРЕНОС ВЕЩЕСТВА	Конвективный перенос	Фильтрация воды
	Диффузионный перенос	Диффузия солей
	Смешение вод разного типа	Смешение инфильтрационных вод с седиментационными
ПЕРЕВОД ВЕЩЕСТВА В РАСТВОР	Конгруэнтное растворение	Растворение галита
	Инконгруэнтное растворение	Гидролиз
	Выщелачивание	Углекислотное выщелачивание карбонатов
	Окисление	Окисление сульфидов с образованием гидроксидов
	Десорбция	Десорбция микрокомпонентов
ВЫВОД ВЕЩЕСТВА ИЗ РАСТВОРА	Ионный обмен	Обмен натрия глиен на кальций
	Радиоактивный распад	Распад радона и накопление гелия
	Реакция окисления и восстановления	Восстановление сульфатов с образованием сероводорода
ДОБАВЛЕНИЕ ИЛИ УДАЛЕНИЕ МОЛЕКУЛ ВОДЫ	Гидратация ил дегидратация минералов	Трансформация гипса в ангидрит
	Испарение воды	Континентальное засоление
	Вымораживание	Криогенная метаморфизация воды
	Химическое разложение и синтез воды	Возрожденные воды
	Мембранные эффекты	Фильтрационный эффект