

A close-up photograph of several green leaves covered in numerous small, clear water droplets. The droplets are of various sizes and are scattered across the surface of the leaves, which are slightly out of focus in the background. The lighting is bright, highlighting the texture of the leaves and the clarity of the water.

**Физико-химические**  
**свойства воды.**

# План:

1. Молекулярная структура и изотопный состав воды.
2. Физические свойства воды.
3. Химический состав и минерализация воды

# 1. Молекулярная структура и изотопный состав воды

Вода – это простейшее устойчивое в обычных условиях химическое соединение водорода с кислородом.

По своей химической природе – это оксид (окись) водорода  $H_2O$ .

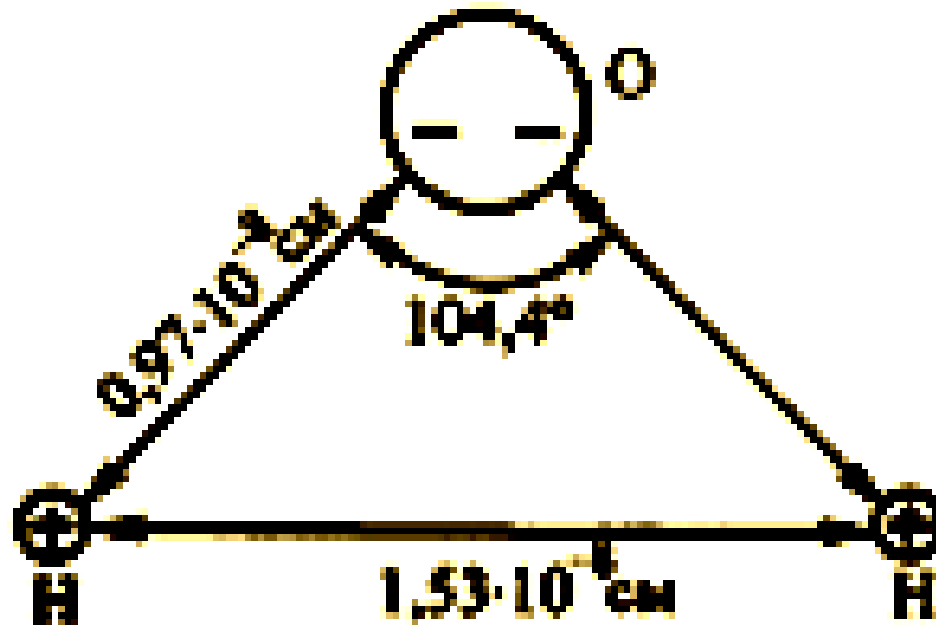
В чистом виде вода – вещество бесцветное, не имеющее ни вкуса, ни запаха.

Несмотря на кажущуюся простоту своего строения,  
молекулярная структура воды очень сложна,  
изменчива и недостаточно изучена.

Но именно благодаря особенностям молекулярной структуры вода  
представляет собой уникальное соединение, обладающее  
множеством «аномалий», отличающих ее от других веществ и  
определяющих многие природные процессы на Земле.



Молекула воды несимметрична: три ядра образуют равнобедренный треугольник с двумя ядрами водорода в основании и ядром кислорода в вершине



Полярное строение воды и возникающее в воде электрическое поле обуславливают большую диэлектрическую проницаемость воды – величину, показывающую, во сколько раз силы взаимодействия электрических зарядов уменьшаются в воде по сравнению с силами их взаимодействия в вакууме.

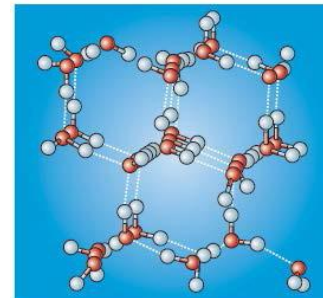
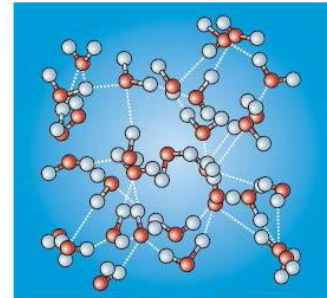
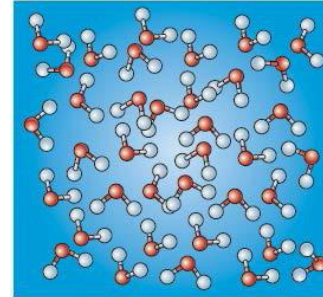
Высокая диэлектрическая проницаемость воды предопределяет большую ее ионизирующую способность, т. е. способность расщеплять молекулы других веществ, что обуславливает сильное растворяющее действие воды.

Наиболее упрощенное представление о молекулярной структуре воды заключается в следующем. Водяной пар состоит преимущественно из одиночных молекул воды, т. е. водородные связи практически не реализуются.

В твердом состоянии (лед) строение воды в высокой степени упорядочено. В кристаллах льда молекулы воды составляют гексагональную систему с прочными водородными связями. Такая структура весьма рыхлая и, как иногда говорят, «ажурная».

Вода в жидком состоянии занимает промежуточное положение между паром и льдом. В такой воде сохраняются элементы «льдоподобного» молекулярного каркаса, а его пустоты частично заполняются одиночными молекулами. Поэтому «упаковка» молекул в воде, находящейся в жидком состоянии, более плотная, чем у льда, и плавление льда приводит не к уменьшению, а к «аномальному» увеличению плотности воды.

Переход от полностью упорядоченной рыхлой молекулярной структуры, свойственной льду, к более плотной структуре, свойственной воде в жидком состоянии, не происходит мгновенно в процессе плавления льда, а продолжается и в жидкой воде.



В диапазоне повышения температуры от 0 до 4°C преобладает процесс уплотнения химически чистой воды, при температуре выше 4 °С – тепловое расширение, поэтому вода обладает «аномальным» свойством – наибольшей плотностью не при температуре плавления, а при 4°C.

Присущие воде водородные связи примерно в десять раз прочнее связей, обусловленных межмолекулярными взаимодействиями, которые характерны для большинства других жидкостей.

Поэтому для преодоления этих связей при плавлении, нагревании и испарении воды необходимо гораздо больше энергии, чем в случае других жидкостей. Это определяют ряд «аномалий» тепловых свойств воды. Благодаря особенностям молекулярного строения вода обладает свойством хорошо растворять различные химические вещества.

# Природная вода представляет собой слабый раствор.

Суммарное содержание в воде растворенных неорганических веществ (концентрация солей) выражают либо в виде минерализации  $M$  (мг/л, г/л), либо в относительных единицах ( $\%$ ,  $\text{‰}$ ).

Содержание растворенных в воде веществ в г/кг или в промилле называется соленостью воды ( $S \text{ ‰}$ ).

Численные величины минерализации  $M$  и солености ( $S \text{ ‰}$ ) воды для не очень насыщенных растворов обычно соотносятся как  $1000 \text{ мг/л} \approx 1 \text{ ‰}$ .

## По содержанию солей (минерализации или солености) природные воды подразделяют на четыре группы:

пресные – менее 1,  
солончатые – 1–25,  
солёные (морской солености) – 25–50,  
высокосолёные (рассолы) – свыше 50 ‰.

Границы между группами выделены по следующим соображениям: 1 ‰ – это верхний предел солености питьевой воды, 25 ‰ (точнее 24,7 ‰) – соленость, при которой температура наибольшей плотности и температура замерзания воды совпадают. В морях соленость воды выше 50 ‰, как правило, не наблюдается. Минерализация природных вод разного типа может изменяться в довольно широких пределах: от 0,01 г/л в атмосферных осадках до 600 г/л в рассолах.

Все природные воды делятся по преобладающему аниону (отрицательно заряженные ионы) на три класса:

- гидрокарбонатный,
- сульфатный
- хлоридный;

По преобладающему катиону (положительно заряженные ионы) на три группы:

- кальциевую,
- магниевую,
- натриевую.

Речные воды, как правило, относятся к гидрокарбонатному классу и кальциевой группе.

Подземные воды нередко относятся к сульфатному классу и магниевой группе.

Воды океанов и морей принадлежат к хлоридному классу и натриевой группе.

Особенности химического (и биологического) состава природных вод вместе с некоторыми их физическими свойствами, о которых речь пойдет ниже, часто объединяются в понятие «качество воды», при этом обычно имеют в виду пригодность вод для какого-либо использования. Поэтому качество воды – характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретного водопользования.

## **2. Физические свойства воды.**



Вода может находиться в трех агрегатных состояниях, или фазах, – твердом (лед), жидком (собственно вода), газообразном (водяной пар).

Очень важно, что при реально существующих на

Земле диапазонах атмосферного давления и

температуры вода может находиться одновременно

**в разных агрегатных состояниях.**

В этом отношении вода существенно отличается от других физических веществ, находящихся в естественных условиях преимущественно либо в твердом (минералы, металлы), либо в газообразном ( $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$  и т. д.) состоянии

## **Изменения агрегатного состояния вещества называют фазовыми переходами.**

В этих случаях свойства вещества (например, плотность) скачкообразно изменяются.

Фазовые переходы сопровождаются выделением или поглощением энергии, называемой теплотой фазового перехода («скрытой теплотой»).

Зависимость агрегатного состояния воды от давления и температуры выражается диаграммой состояния воды, или фазовой диаграммой

# Диаграмма состояния воды I – VIII – различные модификации льда

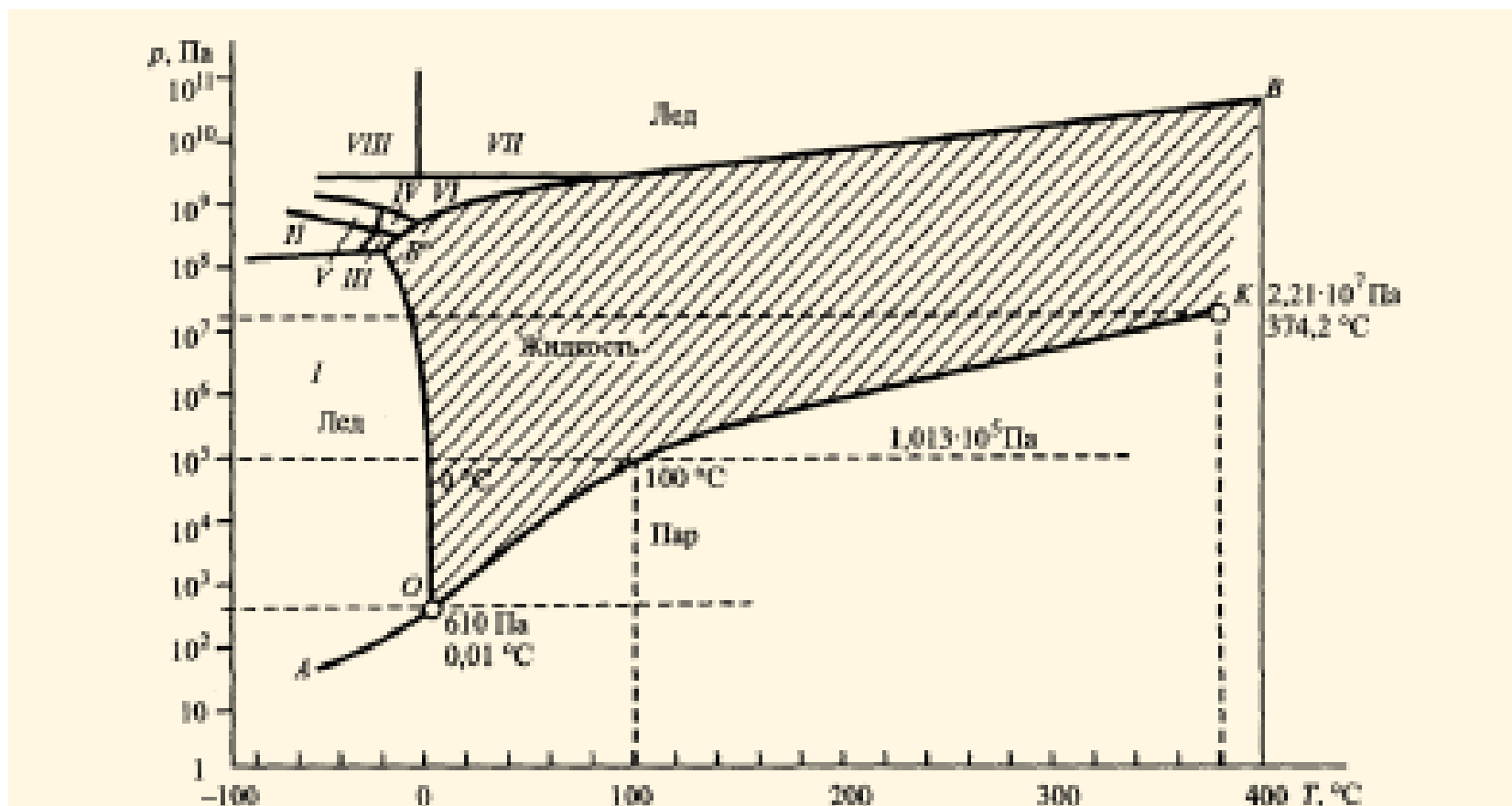


Диаграмма состояния воды иллюстрирует две «аномалии» воды, оказывающие решающее влияние не только на «поведение» воды на Земле, но и на природные условия планеты в целом.

По сравнению с веществами, представляющими собой соединения водорода с элементами, находящимися в Периодической таблице Менделеева в одном ряду с кислородом, – теллуrom Te, селеном Se и серой S, – температура замерзания и кипения воды оказывается необычно высокой. Учитывая закономерную связь температуры замерзания и кипения с массовым числом упомянутых веществ, следовало бы ожидать у воды значения температуры замерзания около  $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а температуры кипения около  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Аномально высокие значения температуры замерзания и кипения определяют возможность существования воды на планете как в твердом, так и в жидком состоянии и служат определяющими условиями основных гидрологических и других природных процессов на Земле.

Да и сам облик нашей планеты (огромный Мировой океан, обширные ледники, реки и озера) есть следствие этих особенностей

# 3. Химический состав и минерализация воды

Вода в естественных условиях не встречается в химически чистом виде и представляет собой раствор, так как в ней всегда оказывается растворенным то или иное количество различных веществ.

Еще находящиеся в атмосфере мельчайшие капли воды содержат некоторое количество растворенных веществ, в том числе газы ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  и окислы азота), ионы хлора, натрия, кальция, аммония, а также твердые частицы минерального и органического происхождения.

## Химический состав природной воды определяется значением:

- рН,
- общей и карбонатной жесткости,
  - сухого остатка
- и других компонентов химического состава:  
 $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  
 $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ .

**Все вещества, растворенные в природной воде, содержатся в виде сложного комплекса минеральных и органических веществ в разных формах, а именно, в ионно-молекулярном и коллоидном состоянии, которые принято разделять на 6 групп:**

1. основные ионы, содержащиеся в наибольшем количестве. К таким ионам относятся: натрий, калий, кальций, магний, сульфаты, карбонаты, хлориды, гидрокарбонаты;
2. растворенные газы ( $N_2$ ,  $O_2$ , оксид углерода  $CO_2$ , сероводород  $H_2S$  и др.);
3. биогенные элементы (соединения фосфора, азота, кремния);
4. микроэлементы (соединения всех остальных химических элементов);
5. органические вещества;
6. загрязняющие вещества – нефтепродукты, фенолы, пестициды, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), детергенты и др.

ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА  
АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ ПРОИСХОДИТ ПОД  
ВЛИЯНИЕМ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ, ПОЧВЕННО-  
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ, МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ,  
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ, БИОЛОГИЧЕСКИХ И  
ИСКУССТВЕННЫХ ФАКТОРОВ.

В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОСОБЕННОСТЕЙ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОДНИ ФАКТОРЫ  
ЯВЛЯЮТСЯ ОСНОВНЫМИ, ДРУГИЕ -  
ВТОРОСТЕПЕННЫМИ.

В ПРЕДЕЛАХ КОНТИНЕНТОВ ВАЖНАЯ РОЛЬ  
ПРИНАДЛЕЖИТ АЭРОЗОЛЯМ  
КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ, СОСТАВ

В последние годы все большее значение имеет искусственный фактор. Так, например, ежегодно на нашей планете сжигается около 2 млрд. т угля, нефти, дров и газа, при этом расходуется 6 млрд. т кислорода. Кислые агенты продуктов горения изменяют ионный состав и понижают рН атмосферных осадков. Все чаще выпадают кислые дожди. Атмосфера интенсивно снабжается такими компонентами, как сероводород, серный и сернистый ангидрид, окислы азота, двуокись углерода.

В промышленных районах в атмосферных осадках содержится значительно больше сухого остатка, чем в районах, расположенных далеко от промышленных центров.

Химический состав воды во многом зависит также от характера почвы.

Если вода фильтруется через бедные солями подзолистые, супесчаные или торфянистые почвы, то она в очень малой мере обогащается солями.

Значительно больше солей в воде с водосбора на черноземных или каштановых почвах.

Присутствие в воде растворенных и взвешенных в ней веществ определяет условия существования гидробионтов.

В свою очередь, в результате деятельности живых организмов, населяющих водоемы, изменяется химический состав воды, особенно содержание растворенных в воде газов, биогенных и органических веществ.

Громадную роль в этом процессе играют микроорганизмы, разлагающие органическое вещество на более простые неорганические соединения или способствующие образованию его из неорганического вещества.

*Химические параметры* используются для классификации вод по минерализации, составу (преобладанию тех или иных ионов); оценки обеспеченности водных объектов питательными веществами, необходимыми для развития водной флоры и фауны; определения степени загрязненности воды и ее соответствия требованиям конкретных водопотребителей и водопользователей; выявления источников загрязнения и др.

В гидрохимии широко распространен термин *минерализация воды*, под которым понимают общее содержание в воде всех найденных при анализе минеральных веществ.

Существует близкое к минерализации понятие сумма ионов ( $\Sigma$ и), то есть арифметическая сумма всех содержащихся в исследуемой воде ионов в миллиграммах или граммах на литр, концентрация которых больше 0,1 мг/л.

Понятие сумма минеральных веществ кроме суммы ионов включает недиссоциированные неорганические вещества –  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и др.

В океанологии для характеристики минерализации воды пользуются термином соленость, значение которой близко к сумме ионов, и хлорность.

Под *соленостью (S ‰)* понимается суммарное содержание в граммах твердых минеральных веществ, растворенных в 1 кг морской воды при условии, что все твердые вещества высушены до постоянной массы при 480 °С, органические вещества полностью сожжены, бромиды и иодиды замещены эквивалентной массой хлорида, а все углекислые соли переведены в оксиды.

**Хлорность (Cl‰)** – это суммарная масса в граммах галогенидов (хлорид, бромид, иодид, за исключением фторида), содержащихся в 1 кг морской воды, в пересчете на эквивалентное содержание хлорида (по определению Серенсена).

М. Кнудсен установил следующую связь между хлорностью и соленостью океанической воды;  $S‰ = 0,030 + 1,805 Cl‰$ .

Лаймен и Флеминг с целью устранения условностей в понятии солености пересмотрели соотношение между  $S‰$  и  $Cl‰$ , учли новые атомные массы, выразили оксиды кальция и магния в виде карбонатов, бромиды и иодиды в виде соответствующих ионов и вывели зависимость суммы главных ионов от хлорности:

$$\Sigma_{и} ‰ = 0,069 + 1,8112 Cl ‰.$$

Значение солености  $S ‰$  отличается от суммы главных ионов ( $\Sigma_{и} ‰$ ) на  $0,16‰$  (приблизительно  $0,45 ‰$ ).

Величина  $\Sigma_{и}‰$  ближе к истинной солености, чем  $S‰$ .

Щелочную и кислую среду выражают обычно концентрацией водородных ионов, так как их легче определять, чем концентрацию гидроксильных ионов.

Если вода не содержит других ионов, то при температуре 22 °С она имеет нейтральную реакцию. В этом случае  $pH = 7$ .

Если раствор кислый, то  $pH < 7$ ,  
если раствор щелочной,  $pH > 7$ .

## Природные воды в зависимости от рН принято делить на семь групп:

- 1) сильнокислые воды ( $\text{pH} < 3$ );
- 2) кислые воды ( $\text{pH} 3\text{--}5$ );
- 3) слабокислые воды ( $\text{pH} 5\text{--}6,5$ );
- 4) нейтральные воды ( $\text{pH} 6,5\text{--}7,5$ );
- 5) слабощелочные воды ( $\text{pH} 7,5\text{--}8,5$ );
- 6) щелочные воды ( $\text{pH} 8,5\text{--}9,5$ );
- 7) сильнощелочные воды ( $\text{pH} > 9,5$ ).

Для большинства природных вод рН определяется главным образом соотношением концентраций угольной кислоты и ее ионов.

Природные воды всегда содержат растворенные газы. Наиболее широко распространены в поверхностных водах кислород  $O_2$  и диоксид углерода  $CO_2$ , а в подземных – сероводород  $H_2S$  и метан  $CH_4$ . Кроме того, во всех природных водах постоянно присутствует азот  $N_2$ .

***Спасибо за внимание!***

