

ВОДА

Будова речовини. Молекулярна формула води – H_2O , структурна $\text{H}-\text{O}-\text{H}$.

Оксиген електронегативніший за Гідроген, тому атоми Гідрогену та Оксигену зв'язані ковалентним полярним σ -зв'язком. Кут між зв'язками $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ становить $104,5^\circ$, тобто молекула води має дипольний момент. Внаслідок цього, а також того, що Оксиген містить дві неподілені електронні пари, на ньому виникає від'ємний електричний заряд, на атомах Гідрогену – позитивний. Диполь у молекулі води утворюється за такою схемою:



Вода – полярний розчинник, в якому багато речовин розчиняється, а також дисоціює на іони. Є небагато розчинників, що мають полярність, вищу за полярність води. До них належать пероксид водню, сірчана кислота, фтороводень, ціановодень, метилформамід, метилацетамід. Внаслідок великої реакційної здатності ці сполуки (за винятком двох останніх) як розчинники не використовуються, тому вода є унікальним розчинником.

Вода в твердому стані (лід) має тетраедричну структуру – кожна молекула з'єднана водневими зв'язками з чотирма іншими молекулами води. Існують різні уявлення про структуру рідкої води. Згідно з одними, рідка вода – це суміш різних асоціатів типу $(\text{H}_2\text{O})_n$, де $n = 2, 4, 8$, згідно з іншими, в рідкій воді зберігається структура льоду.

Поширення в природі. Вода – найпоширеніша у природі речовина. З неї складається гідросфера. У зв'язаному стані вона міститься в мінералах, гірничих породах, ґрунті, атмосфері (об'ємна частка 0,1–2,8 %), живих організмах (50–99 %).

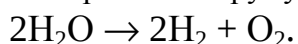
Вода посідає особливе місце серед усіх сполук. Вона необхідна для життя та діяльності людини. Тому вода є найбільш вивченою сполукою. Деякі її властивості покладено в основу вимірювання фундаментальних фізичних величин: маси, густини, температури, теплоти тощо.

Фізичні властивості. Вода – це безбарвна прозора речовина без запаху та смаку. Температури, за яких вода змінює свій агрегатний стан, прийнято за сталі точки термометрів: $T_{\text{пл}} = 0^\circ\text{C}$, або 273K ; $T_{\text{кип}} = 100^\circ\text{C}$, або 373K . Деякі фізичні властивості води є аномальними. Так, всупереч закономірності зростання леткості водневих сполук від Te до S (у межах головної підгрупи шостої групи), вода має не найбільшу, а найменшу леткість. Ця аномалія пояснюється дією водневих зв'язків у рідкій воді. Внаслідок цих аномалій водойми не промерзають до дна.

Вода здатна розчинювати багато речовин. З газів, як правило, добре розчиняються ті, що взаємодіють з водою (NH_3 , CO_2 , SO_2 тощо), з неорганічних речовин – електроліти (солі, кислоти, основи), з органічних – такі, в молекулах яких є полярні функціональні групи $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$; $-\text{COOH}$ тощо (спирти, аміни, кислоти, вуглеводи).

Хімічні властивості. Дисоціація. Вода зазнає дисоціації – термічної, фотохімічної, радіолітичної, електролітичної.

Термічна дисоціація відбувається за температури більше за 1500°C або під час пропускання електричного струму:



Фотохімічна дисоціація спричинюється дією ультрафіолетових променів (протікає за цим же рівнянням).

Радіолітична — впливом іонізуючого випромінювання (α -, β -, γ -променів, нейтронів) за схемою:



Електролітична дисоціація відбувається в рідкому стані (спонтанно) за схемою:



Вода – дуже слабкий електроліт. В одному літрі води з 55 молей H_2O , що там містяться, дисоціює (при 22 °C) лише 10^{-7} моля:

$$\text{іонний добуток води } I_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}^+] [\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

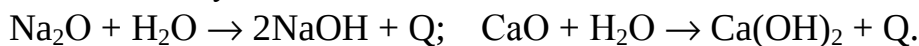
Гідратація та гідроліз. Вода має велику реакційну здатність за рахунок двох неподілених пар електронів на кисні та полярності її молекул. Під час розчинення у воді речовин одночасно відбуваються такі процеси: гідратація, електролітична дисоціація та гідроліз.

Гідратація – перший процес, який починається після занурення будь-якої речовини у воду.

Гідратація – це приєднання молекул води до молекул або іонів розчиненої речовини з утворенням гідратів і часто виділенням теплоти.

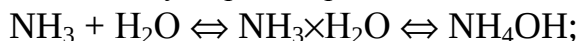
Гідрати – продукти приєднання молекул води до молекул або іонів речовини.

Оксиди лужних і лужноземельних металів утворюють гідрати цих оксидів – гідроксиди металів, які є лугами:

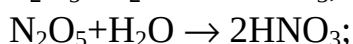
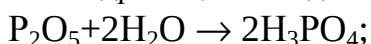
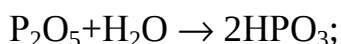


Остання реакція — гашення вапна (CaO – негашене вапно, Ca(OH)_2 – гашене) широко використовується в будівництві та сільському господарстві.

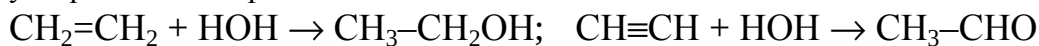
Аміак NH_3 утворює гідроксид амонію $\text{NH}_3 \times \text{H}_2\text{O}$, або NH_4OH :



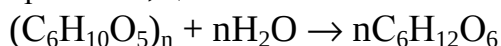
Майже всі кислотні оксиди утворюють гідрати цих оксидів – кисневмісні кислоти:



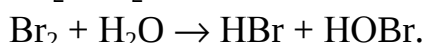
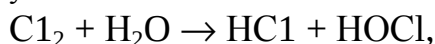
У реакції гідратації вступають також органічні речовини. Так, з ненасичених вуглеводнів утворюються спирти або альдегіди:



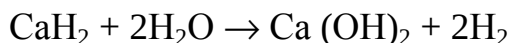
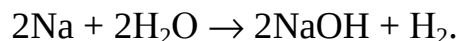
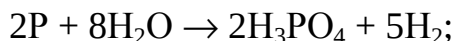
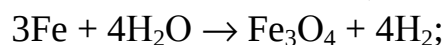
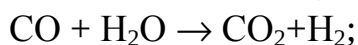
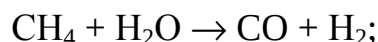
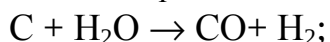
Гідроліз – це реакція обмінного розкладу речовин під час взаємодії з водою. Приклади гідролізу: гідроліз солей, складних ефірів, зокрема жирів, і полісахаридів – сахарози, крохмалю, целюлози.



До реакцій гідролізу належить також взаємодія галогенів з водою (крім фтору) за звичайних умов:

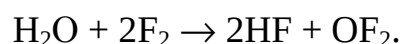
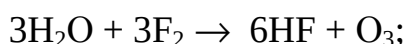
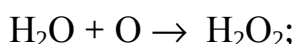


Окисні властивості. Вода проявляє слабкі окисні властивості за рахунок атома Гідрогену у вищому ступені окиснення +1. За високих температур і наявності каталізаторів вода окиснює Карбон, метан, карбон(II) оксид, Ферум, Фосфор, за звичайних умов – лужні і лужноземельні метали, гідриди металів:

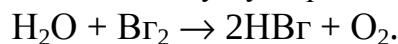
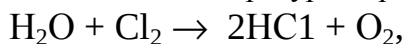


Перші чотири реакції використовуються в промисловості для одержання водню, перші дві – для одержання водяного газу.

Відновні властивості. Вода виявляє слабкі відновні властивості за рахунок атома кисню у нижчому ступені окислення –2. Під дією сильних окисників – атомарного кисню, фтору вода окислюється:



За високих температур хлор і бром теж окислюють воду з утворенням кисню:



Вода бере участь у фотосинтезі: $6n\text{CO}_2 + 5n\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + 6n\text{O}_2.$

Каталітичні властивості. Багато реакцій відбувається лише за наявності слідів води – взаємодія лужних металів з хлором, ланцюгова реакція водню з хлором тощо.

Використання. Життя не може існувати без води. Велика кількість води витрачається для задоволення потреб людини. Вона використовується як реагент, розчинник, охолоджувач, теплоносії у гідрометалургії, виробництві продуктів харчування, ліків тощо.

Очищення води. Внаслідок побутової, промислової та сільськогосподарської діяльності людини річки, струмки, озера, моря та океани забруднюються твердими відходами, різними хімічними речовинами – добривами, пестицидами, синтетичними миючими засобами, целюлозою (відходами паперової промисловості), фенолами, важкими металами (свинцем, кадмієм, ртуттю), хлор- та фосфорорганічними сполуками, нафтою, кислотними дощами, радіоактивними відходами атомних електростанцій, пароплавів, мікробіологічними організмами (бактеріями) тощо.

Для очищення води використовують сукупність методів: фізичних, хімічних або фізико-хімічних і біохімічних. Фізичні методи полягають у вилученні домішок без перетворень речовин. Наведемо приклади деяких.

Зрешечування. Це – перша стадія водоочищення, що полягає у вилученні з води великих плаваючих предметів та сміття за допомогою решіток різного розміру.

Аерування. Метод полягає в насиченні води повітрям. Воду пропускають через водопадні каскади або занурюють у неї систему трубок, через які проганяють повітря. Внаслідок цього з води вилучаються гази —карбон(IV) оксид, сірководень, леткі олії, нафта, а також окиснюються іони феруму(II) і мангану(II), утворюючи нерозчинні сполуки – ферум(III) гідроксид і манган(IV) оксид.

Флокуляція. Метод полягає в обережному збовтуванні води із застосуванням спеціальних речовин – флокулянтів (кремнієвої кислоти, крохмалю), що викликає утворення великих часток забруднюючих речовин, які швидше осаджуються на дно.

Відстоювання. Під час відстоювання одночасно відбуваються два процеси: флотація – спливання легких сполук (нафта, олія) і седиментація – осадження важчих за воду домішок.

Речовини, що спливли, вилучають за допомогою спеціальних пристроїв – нафтопасток тощо. Для прискорення процесу відстоювання використовують центрифугування.

Фільтрування. Метод полягає у пропусканні води через шар піску — чистого або змішаного з меленим деревним вугіллям, антрацитової або мармурової кришки. Він використовується для вилучення дрібних нерозчинних часток – ферум(III) гідроксиду і манган(IV) оксиду.

Дистиляція. Це – випаровування та конденсація води в спеціальних установках – дистиляторах. За допомогою такого способу одержують дистильовану воду, позбавлену солей. Він застосовується для перетворення морської води на прісну.

Виморожування. Метод полягає в заморожуванні 2/3 або 3/4 об'єму води. Внаслідок цього розчинні у воді домішки залишаються в рідкій фазі. Виморожування можна використовувати для очищення води в домашніх умовах (у морозильній камері побутового холодильника).

Екстракція. Метод застосовується для вилучення з води забруднюючих речовин (олій, мастил тощо) за допомогою органічних розчинників, які не змішуються з нею.

В основу хімічних або фізико-хімічних методів покладено хімічні перетворення. Наведемо приклади деяких з них.

Коагуляція. Метод полягає в об'єднанні колоїдних часток у великі асоціати, які можна відділити седиментацією, за допомогою спеціальних речовин – коагулянтів, таких, як сульфат алюмінію $Al_2(SO_4)_3$ і метаалюмінат натрію $NaAlO_2$.

Дезинфекція. Хлорування. Це – пропускання через воду хлору Cl_2 . Спосіб призводить до знешкодження мікроорганізмів, однак має недоліки – з органічних речовин, що містяться у воді, утворюються токсичні хлоропохідні, наприклад діоксин (з гербіцидів), токсичність якого перевищує токсичність ціанідів (використання «хлорного вапна» та «щавелевої води»).

Озонування. В багатьох розвинених країнах замість хлорування впроваджують озонування – обробку води озоном O_3 . Метод не має недоліків хлорування. Озонуванням можна знешкоджувати токсичні речовини, наприклад ціаніди, перетворенням їх на ціанати ($CN^- \rightarrow CNO^-$).

Воду дезінфікують також ультрафіолетовим випромінюванням.

Пом'якшення та обезсолювання води. Метод полягає у вилученні солей магнію та кальцію. Для цього на водопровідних станціях у воду додають гідроксид, карбонат або фосфат натрію; використовують також іоніти.

Сорбція. Метод заснований на поглинанні одних речовин поверхнею інших – сорбентів. Так, органічні речовини сорбуються активованим вугіллям, фторид-іони – оксидом або гідроксидом алюмінію, солі металів – іонітами.

Біохімічні методи полягають у розкладі речовин (ацетону, нафти, фенолу, формальдегіду, сірководню) під дією мікроорганізмів. Цей процес посилюється під час пропускання повітря через відстійники. Мул, що утворюється, багатий на азот та фосфор, використовують як добриво.

Очищення стічних вод має поєднуватися із зменшенням споживання води, запровадженням її повторного використання, створенням безвідхідних технологій, виробництв з замкненими циклами водопостачання або безводних технологій, а також підвищенням екологічної культури населення.