

Фактори та процеси формування хімічного складу підземних вод

Формування хімічного складу підземних вод є результатом міграції речовин у земній корі. Виділяються дві групи факторів геохімічної міграції: внутрішні та зовнішні.

Внутрішні фактори (фізико-хімічні) пов'язані із проявом внутрішніх властивостей аніонів, молекул та іонів. До них належать: валентність, іонні радіуси, іонні потенціали, енергія кристалічної ґратки тощо. Внутрішніми факторами обумовлені: розповсюдженість елементів у земній корі і загальні закономірності формування хімічного складу підземних вод.

Зовнішні фактори визначають вплив зовнішнього середовища на формування хімічного складу підземних вод. До них належать: фізико-географічні, геотермічні, геологічні, гідрогеологічні, мікробіологічні та інші фактори.

Процес формування хімічного складу підземних вод відбувається лише внаслідок порушення рівноважного стану в системі порода – вода – газ – жива речовина. Найбільш динамічними факторами, які призводять до порушень рівноважного стану, є зовнішні, особливо фізико-географічні, гідрогеологічні, тектонічні.

Природні фактори обумовлюють середовище, в якому можуть проявитися певні фізико-хімічні процеси, основними з яких є: розчинення, вилуговування, дифузія, катіонний обмін, мікробіологічні процеси.

Розчинення – це процес переходу в розчин всіх елементів, які входять до складу мінералів, з руйнуванням кристалічної ґратки.

Вилуговуванням називається процес переходу в розчин деяких елементів із мінералів без руйнування їх кристалічної ґратки.

Під *дифузією* розуміють переміщення речовини в якомусь середовищі в напрямку зменшення її концентрації, яке обумовлене тепловим рухом молекул. Рух часток відбувається під впливом градієнта концентрації від місць більшого вмісту речовини до ділянок меншого вмісту. Так відбувається вирівнювання розчиненої речовини за всім обсягом розчину.

Катіонний обмін пов'язаний з фізико-хімічною поглинальною спроможністю тонко дисперсних порід (глини, суглинки). Обмінне поглинання відбувається таким чином: колоїди глинистих порід заряджені від'ємно завдяки тому, що мають на своїй поверхні ті чи інші катіони, які можуть обмінюватися на катіони, що містяться у воді. Обмінними катіонами на поверхні часток є Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , Na^+ тощо.

Мікробіологічні процеси відбуваються в земній корі внаслідок життєдіяльності бактерій. Найбільш населеною мікроорганізмами є ґрунтова зона глибиною від 0,5 до 1,5 м (аеробні бактерії). Але вони зустрічаються і на великих глибинах, до 4000 м (анаеробні бактерії). В окислювальних умовах велику роль відіграють сіркобактерії, залізобактерії, бактерії-амоніфікатори і нітрифікатори тощо. Сіркобактерії отримують енергію для свого існування внаслідок окислення сірководню та сірки до сірчаної кислоти. Звичайно у природних умовах сірчана кислота нейтралізується карбонатами. Залізобактерії джерелом енергії для своєї життєдіяльності використовують процес окислення заліза. Внаслідок цього залізобактерії мають відкладати велику кількість гідрату окису заліза, який при подальшому окисленні переходить у залізну руду. Бактерії-амоніфікатори сприяють окисленню амонію до нітритів, бактерії-нітрифікатори окислюють нітрити до нітратів.

У відновлювальних умовах найбільш розповсюдженими процесами є десульфатизація та денітрифікація, які відбуваються лише у присутності органічної речовини. Десульфатизація – це процес хімічного відновлення сульфатів води, внаслідок чого з води виводяться сульфати, а у воді накопичуються сірководень і гідрокарбонати. Денітрифікація – мікробіологічний процес розкладання нітритів і нітратів із виділенням вільного азоту.

Вимоги до якості підземних вод

Вимоги до якості підземних вод (щодо фізичних, хімічних властивостей, хімічного та бактеріологічного стану) встановлюються залежно від того, для

чого використовується підземна вода.

Найбільш суворі вимоги до *питних* вод. Питна вода має бути без запаху, кольору і з приємним смаком. Вода не повинна містити водні організми, що розрізняються неозброєним оком, і мати на поверхні плівку.

Сухий залишок не повинен перевищувати 1 г/дм^3 , загальна жорсткість знаходиться в рамках $1,5\text{-}7 \text{ мг-екв/дм}^3$, показник рН – в межах – $6,5\text{-}8,5$. Вміст хлоридів (Cl^-) не повинен перевищувати 250 мг/дм^3 , сульфатів (SO_4^{2-}) – 250 , заліза (Fe) – $0,3$, марганцю (Mg) – $0,1$, міді (Cu^{2+}) – $1,0$, цинку (Zn^{2+}) – $0,5$, поліфосфатів (PO_4^{3-}) – $3,5 \text{ мг/дм}^3$.

Концентрації хімічних речовин, які є токсикологічними показниками, визначаються такими нормами (не повинні перевищувати): алюміній (Al) – $0,5 \text{ мг/дм}^3$, берилій (Be) – $0,0002$, молібден (Mo) – $0,25$, миш'як (As) – $0,05$, свинець (Pb) – $0,03$, селен (Se) – $0,001$, стронцій (Sr) – $7,0$, нітрати (NO_3) – $45,0$, фтор (F) – $0,7 - 1,5 \text{ мг/дм}^3$.

Крім того, питна вода підлягає *бактеріальному аналізу*. Бактеріальний склад води оцінюють за трьома показниками: 1) за кількістю колоній, що виростають у живильному середовищі після додавання туди 1 см^3 досліджуваної води; 2) за колі-титром, який визначається за кількістю води, в якій спостерігається збільшення кишкової палички (бактерії Colis); 3) за колі-індексом, тобто за кількістю кишкових паличок, які є в 1 дм^3 води. Вода вважається придатною до питного споживання, якщо:

- загальна кількість бактерій в 1 см^3 нерозбавленої води не перевищує 100 ;
- колі-титр не менше 300 ;
- колі-індекс не більше 3 .

Можливість використання води для *зрошення* визначається загальною мінералізацією води, складом розчинних солей і частково температурою води.

Низька температура води негативно впливає на розвиток рослин. Тому підземні води перед поливом зазвичай прогріваються.

За величиною мінералізації воду вважають цілком придатною для зрошення при її мінералізації до $1,7 \text{ г/дм}^3$. При вмісті розчинених солей від

1,7 до 3 г/дм³ воду вважають умовно придатною, така вода потребує ретельного хімічного аналізу. Однак допустимі межі мінералізації можуть коливатися залежно від умов поливу, дренажу, кліматичних і агротехнічних факторів. Гранично допустимою нормою загального вмісту солей у воді вважається 5 г/дм³. Вимоги до води для зрошення в кожному конкретному випадку встановлюються проектною організацією. Найбільш небажаною є присутність у поливних водах солей Na₂CO₃, NaCl та Na₂SO₄.

Вода для паросилового господарства повинна мати нейтральну або слаболужну реакцію, в ній має бути якнайменше вільної вуглекислоти, сульфатів, азотнокислих, хлористих і деяких інших сполук. Не можна використовувати у парових котлах воду з підвищеною жорсткістю (максимально допустима норма жорсткості 7 мг-екв/дм³). Вона не повинна містити домішок, які викликають утворення накипу (іонів Al³⁺, Mg²⁺, CO₃²⁻, SO₄²⁻ та SO₃²⁻), спінювання котлової води, винесення солей з паром та корозію металу. Кислі води з рН < 7 сприяють роз'їданню стінок котла шляхом заміщення заліза воднем та переходом заліза в розчин.

Вода, що використовується для технічних потреб, може мати різноманітне призначення (видобуток, відмивання, сортування та збагачення корисних копалин, у металургійній, у бавовняній промисловості та ін.), у зв'язку з чим змінюються і вимоги до якості води.

Чинники екологічної небезпеки підземної гідросфери

Серед сукупності чинників екологічного неблагополуччя гідросфери можна виділити три групи, що різняться як за масштабами, так і за ступенем впливу на гідросферу: 1) фізико-хімічні чинники; 2) хімічні токсичні речовини; 3) хімічні необхідні сполуки.

Фізико-хімічні чинники — це теплове забруднення водойм, збільшення каламутності природних вод, зміна швидкості течії в поверхневих водних об'єктах.

Найпотужнішим джерелом теплового забруднення водойм є атомні електростанції.

Стічні води від кар'єрів і каменоломень, що надходять у водні об'єкти, значно збільшують каламутність природних вод. Унаслідок цього в них гірше проникає світло, зменшується концентрація розчиненого у воді водойми кисню тощо. Донні організми вкриваються шаром осаду і гинуть.

Будівництво гідротехнічних споруд спричинює зміну швидкості течії річок. Так, звуження річки призводить до порушення екологічної рівноваги, збільшення швидкості течії, внаслідок чого гине багато тваринних і рослинних організмів. І навпаки, через зарегулювання стоку річок у зв'язку з будівництвом гідроелектростанцій швидкість течії уповільнюється, концентрація біогенних елементів у воді збільшується. Це супроводжується масовим розвитком фітопланктону - динофлагелятів *Coryphaea*, *Pezidium*, синьозелених водоростей роду *Anabaena* тощо.

Токсин фітопланктону *Coryphaea* - сакситоксин - виділений, із морських і прісноводних мікроводоростей, є дигуанідиновим похідним із жорстким трициклічним скелетом і гідратованою 12-карбонільною групою в піролідиновому кільці (рис. 2.14). За біологічною дією належить до блокаторів натрієвих каналів елек-трозбуджених мембран нервових і м'язових клітин. Із прісноводної водорості *Anabaena* виділено анатоксин А, будову якого встановлено рентгеноструктурним аналізом (рис. 2.15). Це сильний нейротоксин, великі дози якого спричинюють швидку смерть організму (2-7 хв).

За масового розвитку синьозелених водоростей ці організми були причиною випадків масового отруєння водяних тварин і птахів. Окремі спалахи шлунково-кишкових захворювань із невідомою етіологією також пов'язані з масовим розвитком у водоймах синьозелених водоростей.

Хімічні токсичні речовини - це більшість речовин, що забруднюють гідросферу (важкі метали, ціаністи сполуки, вуглеводні тощо), є інгібіторами численних процесів у живих організмах. Вони пригнічують життєдіяльність водяних організмів, тому на великих ділянках річок процеси самоочищення відбуваються дуже повільно або не відбуваються зовсім.

Хімічні необхідні сполуки - це добрива, які потрапили у водойми в результаті змиву із сільськогосподарських полів, а також фосфати, що містяться в мийних засобах, пральних порошках тощо. Ці компоненти є джерелом біогенних елементів, насичують ними воду, що підвищує біологічну продуктивність водойм (евтрофікація). Подальший розвиток синьозелених водоростей супроводжується порушенням екологічної рівноваги й поступовим заболочуванням водойм, тобто їх загибеллю.