

A VÍZ KÉMIAI JELLEMZŐI

A természetes vizek összetételében szerepet játszik az oldott szervetlen és szerves anyagok minősége és mennyisége, vagyis a só-koncentráció. Ezt a víz a talajból, a mederanyagból, illetve a levegőből oldja ki, vagy benne keletkezik, a vízi élet anyagcsere folyamatának, a biokémiai láncreakcióknak eredményeként.

A kémiai jellemzők meghatározása, vagyis a víz kémiai analízise tájékoztatást ad a vízminőség legfontosabb gyakorlati kérdéseinek elbírálásához. Ennek alapján megállapíthatjuk, hogy az előírt minőségi követelményeknek megfelel-e a természetes víz. A kémiai meghatározások a következőkre terjednek ki: oxigénfogyasztás, ammónia, nitrit, nitrát, klorid, szulfát, szilfid, lúgosság, összes keménység, kalcium, magnézium, vas, mangán, szabad szén-sav, pH érték, oldott oxigén.

Oxigénfogyasztás

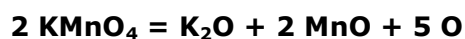
A szerves anyagok természetes vizekbe rendszerint állati és növényi eredetű bomlástermékként kerülhetnek. Ma mind több szerves anyag kerül az ipari szennyvizek révén is a felszíni vizekbe. Ezek a szerves anyagok és számos könnyen oxidálható szervetlen anyag is, mind a kénhidrogén, szulfidok, két-vegyértékű vas, stb. a víznek bizonyos oxidálható tulajdonságot kölcsönöznek. Minthogy a vizek oxigénfogyasztását főképpen a vízben lévő szerves anyagokra vezetjük vissza, ennek folytán megállapítjuk azt az oxigén-mennyiséget, amely a vízben oldott szerves anyagoknak eloxidálásához szükséges. Így olyan közvetett adathoz jutunk, amelyből arra következtethetünk, hogy a víznek milyen mennyiségű a szerves anyag tartalma.

A nem szennyezett felszínközeli talajvizek oxigénfogyasztása csak 1-2 mg/l körüli, míg az erősen szennyezett vizeké a 10 mg/l-t is meghaladhatja. A mélységi rétegvizek szerves anyag tartalma, ami többnyire régen a föld alá került állati, növényi eredetre vezethető vissza, nagyobb mennyiséget tehet ki. Ezért oxigénfogyasztása 10 mg/l fölé is emelkedhet. Azonban anélkül, hogy az ivóvízben kifogás alá esne. A felszíni vizek oxigénfogyasztása a tiszta vizűek 1-2 mg/l-jétől kezdve a szennyeződések fokának megfelelően 20 mg/l fölé is emelkedhet.

Koaguláló szerekkel és szűréssel kezelt víz oxigénfogyasztásának a csökkenéséből a tisztítás határfokára is következtetni lehet. Így pl. egyes felszíni vizek oxigénfogyasztása a kezelés után 40-60 %-kal is csökkenhet. A felszín közeli talajvízből származó ivóvíz oxigénfogyasztása 2,5 mg/l-ig fogadható el.

Meghatározás

A vízben előforduló sokféle oldott szerves anyagra való tekintettel egyszerűség kedvéért a kálium-permanganát (KMnO_4) mint oxidálószer által leadott oxigén mennyiségét határozzuk meg lúgos, vagy savas közegben, amely a szerves anyagok oxidációjára elfogyott. Ezt az oxigén mennyiséget nevezzük a víz oxigénfogyasztásának. A fogyott oxigén mennyiség a szerves anyag tartalommal, bár nem teljesen azonos mértékben arányos, de hasonló körülmények között végezve az oxidációt, összehasonlítható eredményeket kapunk. A kálium-permanganát oxidációs reakciójában 5 oxigén atom vesz részt.



A vízhez ismert mennyiségben, de feleslegben hozzáadott kálium-permanganátból az oxidáció megtörténte után megmaradt mennyiséget könnyen oxidálható szerves savval,

az oxálsavval ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) kénsavas közegben elbontjuk a következő reakcióegyenlet szerint:



Eljárás

A vizsgálathoz használandó 250 ml-es Erlenmeyer-lombikot előzőleg kb. félig megtöltjük híg kálium-permanganát-oldattal és 10 percig forraljuk. Ezután a lombikot desztillált vízzel kiöblítve, 100 ml vizsgálandó vizet mérünk bele és azt 2 ml 8 %-os nátriumhidroxiddal (NaOH) meglúgosítjuk, mivel az oxidációt lúgos közegben végezzük. A lúg hozzáadása után kissé megzavarosodott oldatot felforraljuk és forralás közben 10 ml 0,01 n kálium-permanganát oldatot pipettázunk a vízbe és utána még pontosan 10 percig tovább forraljuk. A forralás közben az oldat elszíntelenedne, vagy nagyon elhalványodna, azonnal még 10 ml 0,01 kálium-permanganát oldatot pipettázunk bele. Pontosán 10 percig tartó forralás után c10 ml 1:4 arányban hígított kénsavval megsavanyítjuk és 10 ml 0,01 n oxálsavat pipettázunk hozzá és az elszíntelenedett oldatban az oxálsav feleslegét 0,01 n kálium-permanganáttal visszatitráljuk.

Számítás

A vízhez pipettázott kálium-permanganát oldat ml-einek számához hozzáadjuk a visszatitrálásnál elfogyott kálium-permanganát ml-einek számát és levonjuk belőle a vízhez hozzáadott oxálsav ml-einek a számát. Az így nyert eredmény megadja 100 ml víz által elfogyasztott 0,01 n kálium-permanganát oldat ml-einek a számát. Minthogy 1 ml 0,01 n kálium-permanganát oldatnak a reakció szerint 0,08 mg oxigén felel meg, az előbbi eredményt 0,8-del megszorozva megkapjuk 1 l víznek az oxigénfogyasztását mg-okban kifejezve.

Oldatok

híg kálium-permanganát oldat, (kb. 0,1 %-os),
8 %-os NaOH-oldat,
0,01 n kálium-permanganát oldat
hígított kénsav: 4 térfogat desztillált vízhez 1 térfogat koncentrált kénsavat adunk,
0,01 n oxálsav oldat.

Az oxigénfogyasztásnak ilyen módon való meghatározása azonban nem tökéletes. A szerves anyagoknak per-manganáttal való kezelése után az oxigénfogyasztás nem mindig egyforma. Sőt egyes szerves anyagokat alig lehet per-manganáttal oxidálni. Ezért a kálium-permanganátos módszerrel a vízben lévő szerves anyagoknak csupán mintegy 50 %-át lehet csak meghatározni. Ezért az oxigénfogyasztásnak ilyen módon való meghatározása csupán hozzávetőleges támpontot ad a vízben lévő szerves anyagok mennyiségére vonatkozóan. Értékét tehát alapként lehet csak felhasználni a különböző helyeken lévő vizek különböző időben vett mintáinak minőségi összehasonlítására. A természetes vizekben előforduló szerves anyagok tökéletesebb, sokszor 90-95 %-os oxidálását lehet elérni akkor, ha per-manganát helyett bikromáttal oxidálunk.

Ammónium-ion (NH_4^+)

Az ammónium vegyületek a nitrogéntartalmú anyagok, a főleg fehérje vegyületek bomlásaként keletkeznek. A vizekben legfeljebb csak kis mennyiségben szoktak előfordulni, és ilyenkor jó fokmérői a felszín közeli talajvizek szerves eredetű friss szennyeződésének, amikor még a patogén baktériumok is életben lehetnek. Ezért a felszín közeli talajvízben észlelt ammónia mindig arra enged következtetni, hogy a vizet emberi, állati eredetű ürülék, házi, vagy ipari szennyvíz szennyezte be. Az ammónia néha szerves eredetű is lehet. Ilyenkor nitrátokból és nitritekből kénhidrogénnel, két-vegyértékű vassal, humusztartalmú organikus anyagokkal (stb.) való redukció eredményeképpen keletkezik. Ha a vízben oldott ammónia fehérjeanyagok rothadására,

illetve bomlására vezethető vissza, akkor a víz ivásra nem alkalmas. A felszín közeli talajvízből származó ivóvízben még nyomokban sem engedhető meg.

Mélységi rétegvizekben az ammónia tartalom több mg/l-t is elérhet, azonban ilyenkor tekintettel arra, hogy régen a föld mélyébe került állati, növényi eredetű bomlástermékekből származik, nem szennyeződésnek a jele és ezért a mélységi rétegvizekből származó ivóvizekben az ammónia nem esik kifogás alá.

Meghatározás

Meghatározása azon alapszik, hogy az ammónium-sók Nessler-oldattal, ha kisebb mennyiségben vannak jelen, sárgásbarna színeződést, ha nagyobb mennyiségben, vörösbarna csapadékot hoznak létre. Hogy a Nessler-oldatban lévő lúg a vízmintákból a bennük előforduló kalcium- és magnézium-ionokat ki ne csapja, megelőzőleg Seignette-só (kálium-nátrium-tartarát) oldatot adunk a vízhez, amely a kalcium- és magnézium-ionokat komplexsó formájában, oldatban tartja.

Eljárás

Szín-összehasonlító hengerbe mért 50 ml vízhez kb. 2 ml 50 %-os Seignette-só oldatot, majd kb. 2 ml Nessler-oldatot adunk. Ha sűrű, vagy barna szín jelentkezik, ammónia van a vízben és pedig annál több, minél erősebb és barnább a szín. A keletkezett színeződésből az alábbi táblázat szerint következtetünk a minta ammónium tartalmára.

Színeződés		Ammónium-tartalom	
felülről	oldalról	jelölése	mennyisége mg/l
nézve			
Színtelen	Színtelen	Nincs	0
Észrevehető sárgás színeződés	Színtelen	Gyenge nyom	0 ÷ 0,05
Világossárga	Alig észrevehető sárgás színeződés	Nyom	0,05 ÷ 0,2
Sárga	Halványsárga	Erős nyom	0,2 ÷ 1,0
Vörösesbarna	Határozott sárga	Sok	1,0 ÷ 3,0
Sötét vörösesbarna	Vörösesbarna elszíneződés	Igen sok	> 3,0

Oldatok

Nessler oldat: porceláncsészébe 10 g Hg-jodidot (HgJ_2) mérünk és az előre lemért 100 ml víz csekély részével eldörzsöljük. A lemért víz egy további részével, amelybe előzőleg 5 g K-jodidot (KJ) oldottunk, a porceláncsésze tartalmát megfelelő nagyságú palackba öblítjük át. A víz még fennmaradó részletében 20 g Na-hidroxidot (NaOH) oldunk és a szobahőmérsékltre lehűlt oldatot a palack tartalmával együtt egyesítjük. A meghatározásokhoz a néhány nap múlva kitisztult oldatot használjuk.

Seignette-só (kálium-nátrium-tartarát) oldat: 100 ml forrásig felmelegített desztillált vízbe 50 g Seignette-sót oldunk, megsűrjük, majd 5 ml Nessler-oldatot elegyítünk hozzá. A kitisztult oldatot 1-2 napi állás után az üledékről leszívátjuk.

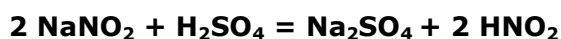
Nitrit-ion (NO_2^-)

A természetes vizekben az ammónia nem képez stabil vegyületet, mivel oxigénnek a jelenlétében nitrifikáló baktériumok hatására nitritté alakul. Nitrit-ion a vizekben

rendszerint csak kis mennyiségben van jelen, vagy egyáltalán nincs. Gyakorlati jelentősége abban áll, hogy víznek szerves anyagokkal való szennyeződésére utal. Ezért felszín közeli talajvízből származó ivóvíz esetében a nitrit gyenge nyomokban is kifogás alá esik. Mélységi rétegvizekben nitrit nem szokott előfordulni, mivel oxigén és nitrifikáló baktériumok hiányában az ammónia oxidációja nem következik be. A felszíni vizek nitrit szennyeződése szintén csekély, legfeljebb néhány tized mg/l.

Meghatározás

A meghatározás azon alapszik, hogy a nitritek savanyú közegben oxidáló hatást fejtenek ki és így jodidot tartalmazó oldatból, pl. K-jodidból (KJ) vagy cink-jodidból (ZnJ₂) szabad jódot választan le, amely keményítővel élénk kék színt hoz létre. A kémszer-oldat hosszabb eltarthatósága céljából inkább cink-jodid oldat használatos. A lejátszódó reakciók a következők:



Színeződés		nitrition (NO ₂) - tartalom	
felülről	oldalról	jelölése	mennyisége mg/l
nézve			
Színtelen	Színtelen	Nincs	0
Halványkék	Színtelen	Gyenge nyom	0 ÷ 0,03
Világoskék, még átlátszó	Halványkék	Nyom	0,03 ÷ 0,1
Sötétkék, átlátszatlan	Világoskék	Erős nyom	0,1 ÷ 0,3
Fekete, átlátszatlan	Sötétkék	Sok	0,3 ÷ 0,5
Fekete, átlátszatlan	Kékeszöld	Igen sok	> 0,5

Eljárás:

Szín-összehasonlító hengerbe töltött 50 ml vízhez kb. 2-3 ml jód-cink-keményítő-oldatot és 5 csepp hígított (1:4) kénsavat adunk. Félóráig sötétben állni hagyjuk. Ha kék szín keletkezik, akkor nitrit van a vízben, mégpedig minél sötétebb a színeződés, annál több. A keletkezett színeződésből következtetünk a minta nitrition-tartalmára.

Oldatok

Jód-cink-keményítő-oldat: 20 g cinkkloridot forralás közben 100 ml desztillált vízben feloldunk. 4 g oldható keményítőt szintén forralás közben 800 ml desztillált vízben oldunk fel. 1 g cinkport 10 ml- vízzel elkeverünk, majd lassú keverés közben 2 g jódot adagolunk hozzá. Ezután mind a három oldatot hagyjuk kihűlni. Kihűlés után a cinkklorid-oldatot a keményítőoldathoz öntjük, és ebbe szűrjük bele a cinkjodid-oldatot. Ezután az összetöltött oldatokat desztillált vízzel 1 literre egészítjük ki.

Nitrát-ion (NO_3^-)

Felszín közeli talajvizekben előfordulása gyakori. A nitrogén tartalmú szerves anyagok oxidációjának végső terméke. Ez esetben a nitrát-ion jelenléte azt mutatja, hogy a felszínközeli talajvíz szerves hulladékkal már előzően szennyeződött. Eredet visszavezethető szerves nitrátot tartalmazó ásvány (salétrom) kilugzására is. Mélységi eredetű rétegvizekben nitrát legfeljebb csak nyomokban fordul elő, de sokszor teljesen hiányzik is, mivel az ammónia átalakulása oxigén és nitrifikáló baktériumok hiányában nem következik be. A felszínközeli talajvizek nitrát-tartalma azonban egyes települések belterületén a több száz mg/l-t is elérheti. Nitrát-ion a kútvekben 60 mg/l-ig, a vízvezetékek vizében 30 mg/l-ig fogadható el.

Meghatározás

A nitrátok koncentrált kénsav jelenlétében melegen, oxidáló hatást fejtenek ki és mennyiségükkel arányos mértékben leadott oxigénnek megfelelő mennyiségű indigó-szulfó-savas nátriumot (indigókarmint) szintelenítenek el oxidálás útján.

Eljárás

10 ml vizsgálandó vizet kb. 100 ml-es Erlenmeyer-lombikba mérünk, és óvatosan 20 ml tömény kénsavat csurgatunk hozzá. A keletkezett forró oldathoz folytonos keverés közben bürettáblából addig engedünk indigó-szulfó-savas nátriumot, amíg a próba maradandóan halványkék színű nem lesz.

Számítás

1 ml indigó-oldat 0,2 mg nitrát-ionnal felel meg. A titráláshoz fogyott indigó-oldat ml-einek számát 20-szal szorozva, kapjuk a vizsgált víz nitrát-ion tartalmát mg/l-ben kifejezve.

Oldatok:

Tömény kénsav, 1,84 fajsúlyú indigó-oldat, kb. 1,2 g indigó-szulfó-savas nátriumot (indigókarmint) 1 l desztillált vízben oldunk és az oldatot kálium-nitrát alapoldattal beállítjuk. Kálium-nitrát alapoldat: 0,3260 g K-nitrátot desztillált vízben oldunk, és 1 l-re feltöltjük. 1 ml alapoldat 0,2 mg nitrát-ionnal felel meg.

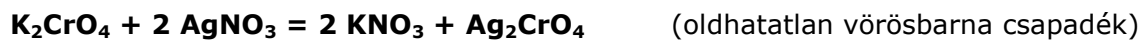
Klorid-ion (Cl^-)

A klorid-ion a vizekben igen elterjedt. A fémek ionjai közül rendszerint a nátriumnak a kísérője (*konyhasó*). Szerves úton a klorid-ion a felszín közeli talajvizekbe és a felszíni vizekbe házi és ipari szennyvizekkel kerülhet. Ebben az esetben ammónia és nitrit is kimutatható a vízben, és azon kívül megnő az oxigénfogyasztás is. Jelenléte ebben az esetben a víz bakteriológiai szennyezettségére enged következtetni. A felszín alatti vizekben a klorid-ionnak forrásai lehetnek még a kősótelepek, továbbá a kálium- és nátrium-kloridos, főleg agyagos kőzetek. Ilyen esetben a klorid csak egymagában képez kiugró értéket, a vízben tehát nem szennyeződés jele. A kloridokat jó oldhatóságuk következtében a felszíni és talajvizek áramlásuk közben magukkal szállítják, és ezért a tengerekben és óceánokban gyülemlenek fel. A tiszta felszínközeli talajvizekben a kloridok mennyisége jóval 100 mg/l alatt szokott maradni. Szennyezett vizekben a több 100 mg/l-t is elérheti. Mélységi rétegvizekben néhány mg/l-től több 1000 mg/l-ig fordulhat elő.

Meghatározás

A meghatározás azon alapszik, hogy a vízben lévő klorid-ionok ezüst-nitráttal (AgNO_3) ezüst-kloridból (AgCl) álló fehér csapadékot képeznek. Ha az ezüst-ionok már minden klorid-iont megkötöttek, akkor az ezüst-nitrát feleslege a vízhez már előzőleg hozzáadott

kálium-kromáttal (K_2CrO_4) vörösesbarna ezüst-kromátból (Ag_2CrO_4) álló csapadékot képez. A reakció egyenletek:



Eljárás

250 ml-es Erlenmeyer lombikba mért 100 ml vizsgálandó vízhez 1 ml kálium-kromát oldatot adunk. Ezután bürettából addig csepegtetünk a vízmintához ezüst-nitrát mérőoldatot, amíg annak sárga színe vörös színárnyalatba át nem csap.

Számítás

1 ml ezüst-nitrát mérőoldat 1 mg klorid-ionnak felel meg. Az elfogyott ezüst-nitrát mérőoldat ml-einek száma 10-zel szorozva, adja a víz klorid-ion tartalmát 1 l-re vonatkoztatva.

Oldatok

Kálium-kromát oldat 10 %-os

Ezüst-nitrát mérőoldat: 4,8 g ezüst-nitrátot desztillált vízben 1 l-re oldunk. Az oldatot NaCl törzsoldattal állítjuk be úgy, hogy 1 ml mérőoldat 1 mg klorid-ionnak feleljen meg. Nátrium-klorid törzsoldat 1,649 g NaCl-ot desztillált vízben oldunk, és 1 l-re feltöltjük. 1 ml törzsoldat 1 mg klorid-ionnak felel meg.

Szulfát-ion (SO_4^{2-})

Szulfát-ion rendszerint található a vizekben többnyire, mint a kalcium- és magnézium-ion kísérője. Jól oldódó vegyületeket képező szulfát sók a Na-szulfát (Na_2SO_4) és Mg-szulfát ($MgSO_4$). Kalcium-ionnal képzett sója a gipsz ($CaSO_4 \times 2 H_2O$), rossz oldhatósága miatt kevésbé fordul elő. A szulfát-ion főleg üledékes kőzetek oldódás útján kerül a vízbe. Gyakran a szulfát-ionok a fém-szulfidok és a természetes kén oxidációjának eredményeképpen keletkezhetnek a vízben, de belekerülhetnek ipari és háztartási szennyvizek útján is. Az utóbbi esetben a szulfát-ion a fehérjék kéntartalmának az oxidációjából is származhat, és mint ilyen, régebbi eredetű szennyeződésre utal, amikor már a vízbe került patogén baktériumok elpusztulhattak. Ezért az ivóvízben 200-300 mg/l szulfát nem esik kifogás alá.

Sötét alapon		szulfát-ion (SO_4^{2-}) tartalom	
felülről	oldalról	jelölése	mennyisége mg/l
nézve			
Zavarosodás nem látszik	Zavarosodás nem látszik	Nincs	0
Gyenge zavarosodás	Zavarosodás nem látszik	Nyom	0 ÷ 12
Fehér zavarosodás	Gyenge zavarosodás	Kevés	12 ÷ 40
Fehér zavarosodás	Ülepedés megfigyelhető	Közepes	40 ÷ 200
Fehér	Erősen ülepedő csapadék	Sok	200 ÷ 1000
Fehér	Fenéken porszerű csapadék	Igen sok	> 1000

Meghatározás

Meghatározása azon alapszik, hogy a vízben oldott szulfátok bárium-kloriddal (BaCl_2) savanyú közegben oldhatatlan fehér csapadékot képeznek a következő reakció egyenlet szerint:



Eljárás

Szín-összehasonlító hengerben 25 ml vízhez 25 ml sósavas bárium-klorid oldatot adunk és lóballással elkeverve, negyedóra állás után a keletkezett fehér csapadék mennyiségéből a fenti táblázat szerint következtetünk a víz szulfát-ion tartalmára, amit nincs, nyom, kevés, közepes, sok, igen sok jelzőkkel fejezünk ki.

Oldatok

Sósavas bárium-klorid oldat: 50 g bárium-kloridot ($\text{BaCl}_2 \times 2 \text{H}_2\text{O}$) kb. 300 ml desztillált vízben oldunk, 500 ml 10 %-os sósavat adva hozzá, desztillált vízzel 1 l-re feltöltjük és elegyítjük.

Szulfid-ion (S^{2-})

A természetes vizekben előforduló kénhidrogén (H_2S) eredet lehet szerves, amikor is részben szerves maradványok rothadása, részben pedig fehérjék bomlása következtében keletkezik.

A szerves eredetű kénhidrogén friss szennyeződésre vall, amikor még a patogén baktériumok is életben lehetnek, tehát jelentősége azonos az ammónia- és a nitrit-tartalommal, és ezért a víz ilyenkor egészségügyi szempontból kifogás alá esik.

A szervetlen eredetű kénhidrogén ásványi sók, mint gipsz, pirit, stb. redukciója és bomlása folytán keletkezik. Ebben az esetben nem szennyeződés jele, de ivóvízként mégsem használható fel, mert a kénhidrogén kellemetlen szagúvá teszi a vizet. A természetes vizek kénhidrogén tartama legfeljebb néhány tized mg szokott lenni. Egyes ásványvizekben fordul elő hazánkban 10 mg/l-t is meghaladó mennyiségben. Felszíni vizekben jelenléte ritka, mert könnyen oxidálódik. Gyakran kénhidrogén érzékelhető a felszíni víztárolók fenékhez közel eső rétegeiben, amikor is kénbaktériumok hatására képződik. A víz ízének és szagának a romlása, valamint korróziós hatása miatt a kénhidrogént el kell távolítani a vízből, hogy az ivó-, vagy ipari vízellátási célokra használhatóvá váljék.

Meghatározás

Meghatározása a következő reakción alapszik:



Eljárás

Kémcsőbe mért kb. 20 ml vízhez kb. 1 ml lúgos ólom-nitrát oldatot adunk. A kiváló ólom-szulfid által okozott sárgásbarnától egészen a feketéig terjedő színeződésből következtetünk a kénhidrogén mennyiségére, melyet igen gyenge nyom, gyenge nyom, nyom, erős nyom, sok és igen sok jelzőkkel fejezünk ki.

Oldatok

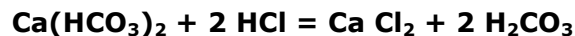
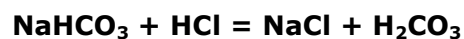
Lúgos ólom-nitrát oldat: 27 g kristályos Seignette-sót, 5 g nátrium-hidroxidot és 1 g ólom-nitrátot 100 ml vízben oldunk, és az oldatot leszűrjük.

Lúgosság

A víz lúgosságát a benne oldott kalcium-, magnézium-, nátrium- és kálium-hidrogénkarbonátok okozzák $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2, \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2, \text{NaHCO}_3, \text{KHCO}_3]$. Nátriumkarbonát, kalcium-, magnézium- és nátrium-hidroxid $[\text{Na}_2\text{CO}_3, \text{Ca}(\text{OH})_2, \text{Mg}(\text{OH})_2, \text{NaOH}]$ a természetes vizekben ritkán szokott előfordulni, és ezért a természetes vizek lúgossága rendszerint hidrogénkarbonátokra (HCO_3^-) vezethető vissza. A hidrogén-karbonát a vizekben többnyire a kalcium és magnézium-ionokat kíséri és a nagymértékben elterjedt hidrogén-karbonátos vizeket képezi. A kalcium-magnézium-hidrogénkarbonátok csekélyebb oldhatósága következtében a vizek hidrogénkarbonát-ion tartalma általában nem nagy, karbonát-ion tartalma pedig rendszerint nincs. A hidrogénkarbonát-ionok csak nátrium jelenlétében növelhetik jelentékenyen a víz összes oldott alkatrészét, szikes vizeket képezve.

A nátrium- hidrogénkarbonát megjelenése a vizekben magmatikus kőzetek intenzív kilúgzódásával, vagy kalcium- hidrogénkarbonátos vizek és nátriumot tartalmazó kőzetek közötti cserebomlásokkal (permutációkkal) hozható kapcsolatba. A vizekben lévő hidrogénkarbonát-ionok keletkezése összefügg a karbonátos kőzeteknek (mészkö, dolomit) szénsavas víz jelenlétében végbemenő oldódásával is. A hidrogénkarbonátoknak egészségügyi szempontból jelentőségük nincs, pusztán a víz ízét előnytelenül befolyásolják, ha a víz lúgossága 16-nál nagyobb. Általában a természetes vizek lúgossága 1-10 közötti. A víz lúgosságának 1 l víz közömbösítéséhez, metilnarancs indikátor jelenlétében, szükséges normál sósav ml-jeinek számát nevezzük.

A lúgosságot 0,1 n sósavval való titrálással határozzuk meg. A titráláskor lejátszódó kémiai reakciók a következők:



Eljárás

Erlenmeyer-lombikba mért 100 ml vizsgálandó vízhez 2 csepp metilnarancs indikátoroldatot adunk, 0,1 n sósavval kezdődő vörös színig titráljuk, majd a vízmintát felforraljuk és teljes lehűlés, vagy lehűlés után szükség szerint újból kezdődő vörös színig titráljuk.

Számítás

A fenti két titrálásra összesen elfogyott sósav ml-jeinek a száma adja a víz összes lúgosságát.

Oldatok

Metilnarancs indikátor oldat: 1 g metilnarancsot 1 l desztillált vízben oldunk, sósav 0,1 n.

Összes keménység

A természetes vizek keménységét a bennük oldott kalcium- és magnézium-ionok okozzák. Bár

a víz keménységét előidéző sók abban a mennyiségben, amennyiben a vízben előfordulnak, nem károsak az emberi szervezetre, mégsem kívánatos, hogy a víz keménysége bizonyos mértéket meghaladjon. A keménységet okozó sók ugyanis megnehezítik a víznek háztartási és számos ipari célra való felhasználását. A kemény vízben nehezen főnek meg a zöldségfélék és a mosásnál is a szokottnál több mosószer szükséges. A kemény víz kazántápvízként való felhasználásra sem alkalmas.

A keménységet okozó kalcium- és magnézium-sók a talajban, mint karbonátok általában mindenütt megtalálhatók, de csak akkor oldódnak, ha a víz agresszív széndioxidot

tartalmaz. Elsősorban a szennyezett talajokból, ahol az oxidáció végterméke a széndioxid, fog nagyobb mennyiségben keménységet okozó só a vízben oldódni. A víz keménysége tehát nem egyedül a talaj összetételétől, hanem a víztartó rétegben található kémiai körülményektől is függ. Szennyezetlen vizek is lehetnek nagyobb keménységűek, különösen akkor, ha szénsavasak.

A víz összes keménységét karbonát és nem karbonát keménysége okozza. A vezetékes vizekben a keménység elfogadható, illetve tűrhető határa 25-35 német keménységi fok.

Meghatározás

A víz összes keménységének pontos meghatározása azon alapszik, hogy a dinátrium-etilén-diamin-tetraacetát, amelyet nátruim-verzenátnak, vagy komplexonnak neveznek, gyengén lúgos közegben mind a kalcium-, mind a magnézium-ionokkal egy vízben jól oldódó, de igen rosszul disszociáló komplex vegyületet képez. A titrálás végpontját indikátorral állapítjuk meg. Indikátorként eriokrom-feketét használunk. Ez a festék égszínkék színnel oldódik a vízben, melyből a magnézium-ionok jelenlétében élénk borvörös színű vízdoldható magnéziumkomplex keletkezik. Ha ilyen oldathoz komplexon-oldatot csepegtetünk, a komplexon először megköti a kalcium-, majd a szabad magnézium-ionokat, majd fokozatosan kivonja az indikátorfestékből is azokat, és az oldat színe kékre változik. A titráláshoz legkedvezőbb a 10 körüli pH érték, amit puffer-oldattal állítunk be.

Eljárás

100 ml vizsgálandó vizet kb. 200 ml-es Erlenmeyer-lombikba mérünk. Azután 1 ml-rel több 0,1 n sósavat adunk hozzá, mint amennyi a víz lúgosságának megfelel. A keletkezett szén-dioxidot a vízből forralással eltávolítjuk. Utána a mintát kb. 50 C-ra hűtjük le, majd melegen hozzáadunk 4 ml pufferoldatot és egy késhegynyi eriokrom-fekete T indikátort. Ezután a borvörösre színeződött oldatot komplexon mérőoldattal lassan kék színig titráljuk. Közvetlen az átcsapási pont előtt az oldat ibolyáskék színt ölt. Az átcsapás éles. További komplexon mérőoldat hozzáadására a próba színe már nem változik.

Számítás

A titráláshoz fogyott komplexon mérőoldat (0,1-del és 10-zel szorozva) adja a víz összes keménységét német keménységi fokokban kifejezve.

Oldatok és kémszerek

Komplexon III mérőoldat: 7-8 g komplexon III-at (dinátrium-etilén-diamin-tetraacetát) ÉS 0,1 g magnézium-kloridot ($MgCl_2 \cdot x + 6 H_2O$) kb. 500 ml desztillált vízben oldunk, majd 0,77 g nátrium-hidroxidot adunk hozzá és desztillált vízzel 1 l-re feltöltjük. A komplexon mérőoldatot kalcium-törzsoldattal állítjuk be úgy, hogy 1 ml-es 0,1 német keménységi foknak feleljen meg.

Kalcium-törzsoldat: 1,7848 g kalcium-karbonátot vagy víztiszta, színtelen kalcit kristályt 1 l-es mérőlombikba mosunk és 10 %-os sósavval oldjuk, majd 10 %-os NaOH-dal lakmuspapír indikálása mellett közömbösítjük, és 1 l-re feltöltjük. 1 ml törzsoldat megfelel 1 mg CaO-nak, azaz 0,1 német keménységi foknak.

Pufferoldat: 67,5 g ammónium-kloridot és 570 ml tömény ammónium-hidroxid oldatot (0,91 fajsúly) desztillált vízben oldunk és 1 l-re hígítjuk.

Eriokrom-fekete T indikátor: 0,3 g eriokrom-fekete T festéket 100 g száraz, porított nátruim-kloriddal dörzscsészében összekeverve finomra eldörzsolünk.

Karbonát keménység (változó keménység)

A víz lúgosságát a kalcium-oxid egyenérték súlyának 1 tized részével, azaz 2,8-del megszorozva kapjuk a víz karbonát keménységét. Ha ez a szorzat Nagyobb, mint a meghatározott összes keménység, akkor a víz szikes. Ilyenkor az összes keménység felel

meg a karbonát keménységnek is. A nem karbonát keménység (maradvány- vagy állandó keménység) ez esetben nulla.

Nem karbonát keménység (maradvány- vagy állandó keménység)

A nem karbonát keménység az összes keménység és a karbonát keménység különbsége.

Kalcium-ion (Ca^{2+})

A kalcium-ion igen elterjedt a vizekben, de mennyisége viszonylag nem jelentős. Ez a körülmény az egyszerű Ca-sók (kalcium-hidrogénkarbonát $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, kalcium-szulfát CaSO_4) csekély oldhatóságával magyarázható. A kalcium-ion főleg magmatikus kőzetek kilugzódásából, vagy pedig másodlagos úton mészkő (CaCO_3), dolomit (CaCO_3 és MgCO_3), gipsz (CaSO_4) oldódása folytán kerül a vízbe, amelyben mennyisége gyakorlatilag 0-tól több 100 mg/l-ig terjedhet.

Meghatározás

A meghatározás szintén komplexon III mérőoldattal történik, de indikátorként murexidot használunk.

Eljárás

100 ml vízben a hidrogénkarbonátokat elbontjuk. (1 ml-rel több 0,1 n sósavval, mint amennyi a víz lúgosságának megfelel.) A keletkezett szén-dioxidot forralással eltávolítjuk, az oldatot kb. 50 C-ra lehűtjük és még melegen 4 ml normál nátrium-hidroxidot és egy késhegynyi murexid indikátort adunk hozzá. A keletkezett rózsaszínű oldatot állandó keverés közben komplexon mérőoldattal lassan megtitráljuk. Közeledve az átcsapási ponthoz, a próba bíborárnyalatúvá válik, mely a titrálás befejezésekor teljesen lila színűvé alakul. Ha a normál NaOH hozzáadása után az oldat megzavarosodik, akkor desztillált vízzel kétszeresére hígított vízből újabb vizsgálatot végzünk.

Számítás

A fogyott komplexon mérőoldat ml-jeinek a számát 7,147-del szorozva kapjuk a vízminta kalcium-ion tartalmát mg/l-ben kifejezve.

Oldatok és kémszerek

Komplexon III mérőoldat (lásd: összes keménység)

A mérőoldatot kalcium-törzsoldattal állítjuk be úgy, hogy 1 ml mérőoldat 0,7147 mg kalcium-ionnak feleljen meg.

Kalcium-törzsoldat (lásd: összes keménység)

1 ml törzsoldat megfelel 0,7147 mg kalcium-ionnak.

Murexid-indikátor: 0,2 murexidot (ammónium-purpurát) 100 g száraz, porított nátrium-kloriddal dörzscsészében összekeverve finomra eldörzsölünk.

Puffer-oldat: 1 n nátrium-hidroxid

Sósav: 0,1 n

Magnézium-ion (Mg^{2+})

A magnézium a természetes vizekben rendszerint kisebb mértékben van elterjedve, mint a kalcium-ion. Ezért ritkán fordulnak elő olyan édesvizek, amelyekben a kationok között a magnézium-ion van túlsúlyban. Ilyen ritka esetnek tekinthető hazánkban az állóvizek, mint pl. a Balaton, de különösen a Velencei-tó. A magnézium-ion eredete a vízben hasonló a kalcium-ionéhoz.

Meghatározás

A meghatározást szintén komplexon III mérőoldattal végezzük.

Eljárás

A kalcium-ion titrálásának befejezése után az oldatot 6 ml 5n sósavval megsavanyítjuk, ekkor a murexid elbomlik, és az oldat elszíntelenedik. A színtelenné vált oldathoz 12 ml ammónia-oldatot és 1 késhegynyi eriokrom-fekete T indikátort adunk. A borvörösre színeződött oldatot komplexon mérőoldattal lassan kék színig titráljuk. Közvetlen az átcsapási időpont előtt az oldat ibolyáskék átmeneti színt ölt. Az átcsapás éles, további komplexon mérőoldat hozzáadására apróba színe nem változik tovább.

Számítás

A titráláshoz fogyott komplexon mérőoldat ml-jeinek a számát 4,343-del megszorozva kapjuk a víz magnézium-ion tartalmát mg/l-ben kifejezve.

Oldatok és kémszerek

Komplexon III mérőoldat: (lásd kalcium-ion meghatározást)

1 ml mérőoldat megfelel 0,4343 mg magnézium-ionnak.

Sósav 5 n.

Eriokrom-fekete indikátort (lásd összes keménység)

Ammónia-oldat: tömény (0,91 fs)

Nátrium-ion (Na^+)

A nátrium-ion igen elterjedt a vizekben és elsősorban a klorid-ionnak a kísézője. Gyakran kíséri a nátrium-iont a nátrium-karbonát-ion (HCO_3 szikes vizek), ritkábban a szulfát-ion (Na_2SO_4 glaubersós vizek). Minden nátriumsó a vízben jól oldódik és ezért a tengerekben gyülemlik fel. A Na-ion előfordulás a vizekben elsősorban ásványoknak, kősótelepeknek, illetve nátriumot tartalmazó üledékes kőzeteknek a kilúgzódásával függ össze. A természetes vizekben többnyire az egészségre nem ártalmas 300 mg/l alatti mennyiségben fordul elő.

Kálium-ion (K^+)

Eredet legtöbb esetben hasonló a nátrium-ionéhoz. Egyes esetekben a kálium-ion szerves anyagok útján is kerülhet vízbe, ami szennyeződés lehetőségére utal. A természetes vizek kálium-tartalma általában jóval kisebb a nátrium-tartalmuknál, ami azzal van összefüggésben, hogy a káliumot egyrészt jobban adszorbeálja a talaj, másrészt mert igen jó növényi tápsó és ezért a vízből a föld kérgét borító növénytakaró jobban kivonja.

Meghatározás

A nátrium- és kálium-tartalmat számítás útján állapítjuk meg nátrium-ionban kifejezve a következő módon. Kiszámítjuk a vízben meghatározott kationok és anionok mg-egyenértékeit olyképpen, hogy az egyes ionok 1 literben megadott és mg-ban kifejezett mennyiségeit elosztjuk az ionok egyenértéksúlyával. Az így kapott mg-egyenértékeket, külön a kationokét és külön az anionokét összeadjuk. Az anionok mg-egyenértékeinek összegét és a különbséget megszorozva kereken 23-mal (Na-egyenértéksúly), kapjuk a kálium- és nátrium-ionok összegét nátriumban kifejezve mg/l vízre vonatkoztatva. A számítás csak közelítő, de a célnak megfelelő pontosságú eredményt ad.

Vas-ion (Fe^{2+})

Néha már a talajvíz is, de a mélységi vizek többnyire tartalmaznak kisebb-nagyobb mennyiségben oldott vasvegyületeket. A vas legtöbbször vastartalmú talajokból és kőzetekből kerül a vízbe, főleg a hidrogénkarbonát- és szulfát-ionok kísérőjeként. Oldott oxigént nem tartalmazó vízben redukációs folyamatok közben szénsav hatására oldódik. Ezért mélyfúrású kutak vizében, vagy szennyezett területről származó vízben, amelyben oldott oxigén már nincs, szintén előfordul. Hazánk fúrt kútjai jelentős részének vastartalma túlnyomórészt a vascsőből ered. A vas mennyisége a vízben igen tág határok között mozoghat ($0 \div 20 \text{ mg/l}$), de előfordulhatnak még nagyobb vastartalmú vizek is. A két-vegyértékű formában oldott vas a talaj szintje alól a felszínre kerülő vízben levegő jelenlétében oxidálódik, három-vegyértékűvé alakul, és kicsapódik. Már egész csekély mennyiségű vas ($0,3 \div 0,5 \text{ mg/l}$) zavarossá teheti és kellemetlen, vasas, fanyar ízt kölcsönözhet a víznek, de az egészségre nem ártalmas. Az oldott vastartalmú vizekben a vasbaktériumok elszaporodhatnak és nyúlós, nyálkás eltömődést okozhatnak. Az ivóvíz megengedhető, illetve tűrhető vastartalma $0,2 - 0,3 \text{ mg/l}$.

Meghatározás

Meghatározása a kálium-szulfo-cianiddal (kálium-rodaniddal KSCN) képezett vérpiros sója útján történik, mely a három-vegyértékű ferri-ionnal savanyú közegben a következőképpen keletkezik.



Eljárás

Szín-összehasonlító hengerbe 50 ml vizsgálandó vizet mérünk be. Ugyanakkor egy másik, hasonló szín-összehasonlító hengerbe 50 ml desztillált vizet töltünk. Ezután mindkét vízhez 5 csepp konc. sósavat (HCl) és 3 csepp 1 n kálium-permanganát (KMnO_4) oldatot adunk, hogy a két-vegyértékű vas-iont három-vegyértékűre oxidáljuk. Utána 2 ml 2 n kálium-szulfocianidot pipettázunk mindkét szín-összehasonlító hengerbe, és lassú mozdattal elkeverjük. Ekkor a vizsgált víz a vastartalmától függően halvány rózsaszíntől egészen a vörösig terjedő színeződést mutat, míg a desztillált víz elszíntelenedik. Ezután mikro-bürettából, vagy 2 ml-es beosztott pipettából annyi ismert (ml-enként $0,05 \text{ mg}$ vasat tartalmazó) alapoldatot csepegtetünk a desztillált vizet tartalmazó hengerbe, lóbalás közben, míg a folyadék színe eléri a vizsgálandó víz színerősségét.

Számítás

Az elfogyott vas-alapoldat ml-jeinek a száma adja 1 liter víz vastartalmát mg-ban kifejezve.

Oldatok

Sósav (HCl) tömény

1 n kálium-permanganát oldat (KMnO_4)

2 n kálium-szulfocianid oldat: 200 g kálium-szulfocianidot (KSCN) 1 l desztillált vízben oldunk, és utána megszűrjük.

Vas-mérőoldat: $0,05 \text{ g}$ tiszta vasat híg sósavban oldunk, pár csepp 30 %-os hidrogén-peroxiddal oxidáljuk, majd a hidrogén-peroxidot kiforraljuk. Kihűlés után az oldatot desztillált vízzel elegyítve 1 l-re feltöltjük. 1 ml mérőoldat megfelel $0,05 \text{ mg}$ Fe-ionnak.

Mangán-ion (Mn^{2+})

Előfordulása és jelentősége a vaséval azonos. Főleg mélységi vizekben a vas kísérőjeként szokott előfordulni. Ivó- és ipari-vízvezetékben zavarokat idézhet elő, s ezért mennyisége nem haladhatja meg a $0,1 - 0,2 \text{ mg/l}$ -t. Mangán-tartalmú vizekben a

vasbaktériumokhoz hasonlóan, a mangánbaktériumok egész serege fejlődhet ki, a melyek a mangán-sókat oxidálva, azokat a vízből kiválasztják, s a vízvezeték eldugulását idézhetik elő. Jelenlétük a víz ízét is erősen befolyásolja.

Meghatározás

Meghatározása azon alapszik, hogy a vízben lévő két-vegyértékű mangano-ionok kálium-peroxidi-szulfáttal ($K_2S_2O_8$) salétromsavas közegben ibolyás piros permanganát-ionokká oxidálódnak. A természetes vizekben mindig jelenlévő kloridok savanyú közegben a permanganát-ionokat redukálni képesek, ezeknek megkötéséről gondoskodni kell.

Eljárás

Szín-összehasonlító hengerbe 50 ml vizsgálandó vizet, egy másik szín-összehasonlító hengerbe pedig 50 ml desztillált vizet mérünk. Ezután mindkét vízhez kb. 10 csepp híg (25 %-os) salétromsavat (HNO_3) és kb. 5 csepp (kloridos vizekbe többet) n ezüst-nitrát ($AgNO_3$) oldatot adunk, hogy a kloridokat megkössük. Ezután mindkét szín-összehasonlító hengerbe kb. 0,5 g (késhegynyi) kálium-peroxidi-szulfátot teszünk, és 20 percre vízfürdőbe helyezzük, majd lehűtjük. Ezután az összehasonlító próbához színegyenlőségig, lóbalás közben, 0,01 n kálium-permanganát mérőoldatot csepegtetünk.

Számítás

1 ml 0,01 n kálium-permanganát 0,11 mg mangánnak felel meg. A kolorimetráláshoz elfogyott 0,01 n kálium-permanganát-oldat ml-jeinek a számát 2,2-del megszorozva, kapjuk a vizsgált víz mangántartalmát mg/l-ben kifejezve.

Oldatok

hígított salétromsav (HNO_3) 25 %-os
n ezüst-nitrát ($AgNO_3$) oldat
kálium-peroxidi-szulfát ($K_2S_2O_8$) porított
0,01 kálium-permanganát ($KMnO_4$) mérőoldat

Nitrogén (N) és foszfor (P)

A szén és hidrogén mellett az „élőanyag”, a protoplazma (a sejt) építőkövei közé tartozik a nitrogén és a foszfor is. Keletkezésük, vegyületeik és származékaik a foszfor- és a nitrogén-tartalmú szerves anyagok bomlásakor a nitrifikáló és foszforifikáló baktériumok tevékenységével függ össze. A természetes vizek foszfor-tartalma elenyészően csekély, mégis nagy jelentősége van a vízben levő növényi élet szempontjából.

Szilícium-dioxid (SiO_2)

A vízben, mint kovasav (H_2SiO_3) fordul elő. Nélkülözhetetlen számos vízben élő moszatnak és állat vázának felépítésében. A kovasav vizeinkben ritkán fordul elő 20 mg/l-nél nagyobb mennyiségben. Az egészségre nem ártalmas. Nagy nyomású kazánok tápvizének még kis szilícium-tartalmú víz sem alkalmas, mivel összefüggő szilikátos kazánkő-rétegek képződhetnek.

Alumínium-ion (Al^{3+})

A vízben csak csekély mennyiségben (0,1 – 0,2 mg/l) szokott előfordulni. Egészségügyi szempontból egészen kivételes esetektől eltekintve, jelentősége nincs.

Réz-ion (Cu^{2+})

A természetes vizekben csak egészen csekély mennyiségben fordulhat elő. Ha nagyobb mennyiség található a vízben, akkor az bányavíz eredtre utal, vagy a víz a rézcső falából oldja. Az ivóvízben egészségügyi szempontból 2 mg/l-ig nem esik kifogás alá.

Ólom-ion (Pb^{2+})

A természetes vizekben nem fordul elő, legfeljebb bányavízben található. Ólomcsövekből kioldódik, ha a víz lágú és szabad szén-savat tartalmaz. Az ólom az emberi szervezetben felhalmozódik, és felgyűlve, mérgezést okozhat. Az ivóvízben megengedhető mennyisége 1 $\mu\text{g/l}$.