

## 2. AKTIVNÍ CHLOR

Chlorování se v technologii vody již dlouhodobě používá k hygienickému zabezpečení pitné vody a jako oxidační činidlo při úpravě vody a při čištění některých průmyslových odpadních vod. V současné době je velmi často chlorace využívána při domácí úpravě bazénových vod. Chlór ve vodě má chlorační i oxidační účinky. Chlorační účinky má zejména elementární chlor. Kyselina chlorná a chlornany, které převažují v alkalickém prostředí, mají především účinky oxidační. [1]

V hydrochemii a technologii vod se pod pojmem celkový aktivní chlór rozumějí všechny formy chloru, které v kyselém prostředí oxidují jodidy na jod (molekulární chlor, chlornany, chloraminy, oxid chloričitý). [1]

Celkový aktivní chlór =  $\Sigma$  molekulární chlor, chlornany, chloraminy, oxid chloričitý

Volný aktivní chlór =  $\Sigma$  molekulární chlor, chlornany,  $\text{ClO}_2$

Vázaný aktivní chlór =  $\Sigma$  chloraminy (mono-, di- a trichloramin) a organicky vázaný chlor

Pro hygienické zabezpečení pitné vody je nezbytná určitá zbytková koncentrace volného chloru ve vodě, ale vyšší koncentrace ovlivňují pach a chuť vody v závislosti na hodnotě pH. Mezní hodnota volného aktivního chloru po úpravě pitné vody chlorací je 0,3 mg/l. [1]

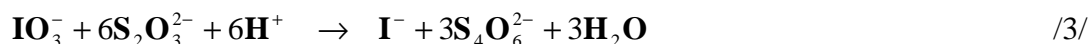
Ke stanovení aktivního chloru se nejčastěji používají metody odměrné, ampérometrické a spektrofotometrické. Jako metoda odměrná získalo největší uplatnění jodometrické stanovení. Pro stanovení celkového a volného aktivního chloru se donedávna nejčastěji používalo spektrofotometrické stanovení s o-tolidinem. Principem této metody je oxidace nadbytku (nejméně 3:1) bezbarvého o-tolidinu chlorem v kyselém prostředí ( $\text{pH} < 1,3$ ) za vzniku žlutého zbarvení. Zbarvení je možné hodnotit buď spektrofotometricky nebo kolorimetricky srovnáním s řadou barevných standardů. Pro karcinogenní a toxické vlastnosti o-tolidinu byla tato metoda nahrazena a pro stanovení celkového a volného aktivního chloru se v současnosti používá spektrofotometrické stanovení s N,N-diethyl-1,4-fenylendiaminem. [2]

### JODOMETRICKÉ STANOVENÍ

Metodu lze aplikovat při použití škrobového indikátoru pro hmotnostní koncentrace aktivního chloru větší než 1 mg/l. Zbarvení, zákal a vyšší obsah organických látek zhoršují postihnutelnost konce titrace. Minimální stanovitelná hmotnostní koncentrace při užití amperometrické titrace je 0,001 mg/l. [2]

#### Podstata zkoušky [2]

Aktivní chlor reaguje v kyselém prostředí s jodidem za vzniku volného jodu (rovnice 1). Vyloučený jod je možné stanovit titrací standardním roztokem thiosíranu na škrobový indikátor do odbarvení (rovnice 2). Nebo další možností stanovení je redukce vznikajícího jodu nadbytkem standardizovaného roztoku thiosíranu sodného podle rovnice 2. Přebytek thiosíranu lze stanovit standardním roztokem jodičnanu draselného na škrobový indikátor do modrého zbarvení. Reakce probíhá podle rovnice 3.



## Rušivé vlivy [2]

Silné oxidační látky, jod, jodaminy, brom, bromaminy, oxid chloričitý, manganistany, ozón, peroxid vodíku, způsobují při stanovení pozitivní chybu. Rušivý vliv redukujících látek (jodidy, bromidy, chloridy,  $\text{Mn}^{\text{II}}$ ,  $\text{Fe}^{\text{II}}$ , hydrogensulfidy, oxidovatelné organické látky apod.) je menší, jestliže se použije postup s nadbytkem thiosíranu.

## Chemikálie a roztoky [2]

### 1. Destilovaná voda pro stanovení chloru

Kontrola se provádí následovně: do dvou Erlenmayerových baňek o obsahu 250 ml se odměří 100 ml destilované vody, přidá se asi 1 g pevného KI, 2 ml kyseliny fosforečné a 1 ml škrobového indikátoru. Do jedné baňky se přidá asi 0,02 mg  $\text{Cl}_2$  (z komerčně dostupného prostředku). Baňka bez obsahu chloru zůstane bezbarvá, s chlorem se zbarví slabě modře. Nemá-li zkoušená voda požadovanou kvalitu, musí být chlorována (asi 10 mg/l  $\text{Cl}_2$ ) a po dostatečné době kontaktu dechlorována (UV zářením nebo slunečním světlem). Tato voda se používá pro přípravu všech roztoků potřebných pro stanovení chloru.

### 2. Kyselina fosforečná, roztok $c_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 0,87 \text{ mol/l}$

V 500 ml odměrné baňce se smíchá asi 250 ml destilované vody s 32 ml koncentrované kyseliny fosforečné. Po ochlazení se roztok doplní po rysku.

### 3. Jodid draselný, KI p.a. pevný

Kontrola čistoty: 5 g pevného KI nesmí po rozpuštění v 200 ml vody způsobit žluté zbarvení a po přidání 5 ml kyseliny fosforečné nesmí spotřeba thiosíranu o koncentraci 0,01 mol/l být větší než 0,5 ml.

### 4. Jodičnan draselný, standardní roztok $c_{\text{KIO}_3} = 1/600 \text{ mol/l}$

V 1000 ml odměrné baňce se v destilované vodě rozpustí 0,3567 g  $\text{KIO}_3$  vysušeného 1 hodinu při 105°C, roztok se zamíchá a doplní po rysku.

### 5. Thiosíran sodný, odměrný roztok $c_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = 0,01 \text{ mol/l}$

V 1000 ml odměrné baňce se rozpustí v asi 900 ml destilované vody 2,48 g  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , přidá se 0,2 mg  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  p.a. a po rozpuštění se doplní po rysku.

**Stanovení titru thiosíranu sodného se provádí denně, nebo před stanovením.**

6. Škrob, indikátor, roztok (5%)

5g škrobu se rozmíchá v asi 100 ml vody a za stálého míchání se přilije do asi 900 ml vařící vody. V případě potřeby se roztok chrání proti rozkladu přidávkem vhodného konzervačního činidla.

**Postup:**

a) Stanovení titru thiosíranu sodného

K 250 ml vody se přidá asi 1 g pevného KI a 10,00 ml odměrného roztoku thiosíranu sodného o koncentraci 0,01 mol/l, 2 ml kyseliny fosforečné a 1 ml škrobového indikátoru. Titruje se standardním roztokem jodičnanu draselného do modrého zbarvení. Výpočet se provádí podle rovnice 1.[2]

$$c_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = \frac{f_t \cdot V_{\text{t KIO}_3} \cdot c_{\text{KIO}_3}}{V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}} \quad /1/$$

$c_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$  - koncentrace standardizovaného roztoku  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  [mol/l]

$c_{\text{KIO}_3}$  - koncentrace standardního titračního roztoku  $\text{KIO}_3$  [mol/l]

$V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$  - objem standardizovaného roztoku  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  [ml]

$V_t$  - objem standardního titračního roztoku  $\text{KIO}_3$  spotřebovaného do konce titrace [ml]

$f_t$  - titrační faktor, zde  $f_t = 6$

b) Vlastní stanovení aktivního chloru

Do 500 ml Erlenmayerovy baňky se vzorkem se přidá v přesně předepsaném pořadí asi 1 g pevného KI, 2 ml kyseliny fosforečné, 10 ml standardizovaného roztoku thiosíranu o koncentraci  $c=0,01$  mol/l a asi 1 ml škrobu. Titruje se standardním roztokem jodičnanu draselného do modrého zbarvení.[2]

**Výpočet:**

Koncentrace aktivního chloru se vypočítá podle následující rovnice 1:

$$c_{\text{Cl}_2} = \frac{f_t \cdot [(V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot c_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}) - (6 \cdot V_t \cdot c_{\text{KIO}_3})] \cdot 1000}{V_{\text{vz}}} \quad /2/$$

kde

$c_{\text{Cl}_2}$  - látková koncentrace chloru [mmol/l]

$c_{\text{KIO}_3}$  - koncentrace standardního titračního roztoku  $\text{KIO}_3$  [mol/l]

$c_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$	- koncentrace standardizovaného roztoku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	[mol/l]
$V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$	- objem standardizovaného roztoku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	[ml]
$V_t$	- objem standardního titračního roztoku $\text{KIO}_3$ spotřebovaného do konce titrace	[ml]
$V_{\text{vz}}$	- objem vzorku	[ml]
$f_t$	- titrační faktor, zde $f_t=1/2$	

### Literatura:

- [1] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 4., aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009, 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [2] HORÁKOVÁ, Marta. *Analytika vody*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2000, 283 s. ISBN 8070803916.

KONCEPT