

RIDUZIONE DELLE CLOROAMMINE IN PISCINA TRAMITE RAGGI ULTRAVIOLETTI

Autore: Andrea Peluso

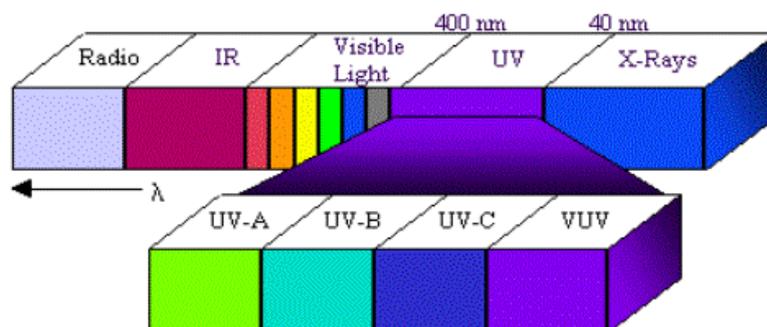
INTRODUZIONE:

La riduzione delle cloroammine in piscina tramite l'utilizzo di raggi ultravioletti è una pratica ormai assodata e diffusa da qualche anno. I meccanismi con cui questa possa avvenire sono certamente meno conosciuti in quanto complessi e probabilmente non ancora del tutto interpretati.

Innanzitutto è necessario brevemente spiegare cosa sono i raggi ultravioletti:

Le radiazioni elettromagnetiche, in generale, sono un trasferimento di energia che può essere modellizzato sotto forma di onde elettromagnetiche. Tutte le onde elettromagnetiche hanno la stessa natura nel senso che sono caratterizzate dalla medesima velocità (nel vuoto la velocità della luce come affermato dal secondo postulato della teoria della relatività di Einstein) e differiscono solo per la frequenza, ovvero per la lunghezza d'onda. Poiché la lunghezza d'onda e la frequenza di una radiazione sono inversamente proporzionali, tanto minore sarà la lunghezza d'onda, tanto maggiore sarà la frequenza e quindi l'energia del fotone (che equivale alla sua frequenza moltiplicata per la costante di Planck). Pur essendo lo spettro continuo, è possibile una suddivisione puramente convenzionale ed indicativa in vari intervalli o bande di frequenza. L'intero spettro è suddiviso nella parte di spettro visibile che dà vita alla luce e le parti di spettro non visibile a lunghezza d'onda maggiori e minori dello spettro visibile. Le onde di maggiore lunghezza d'onda dal visibile alle onde radio hanno poca energia, le radiazioni comprese tra l'ultravioletto e i raggi gamma invece hanno più energia ed hanno proprietà ionizzanti.

Le radiazioni con una lunghezza d'onda inferiore a 400 nm sono denominate luce ultravioletta, questa zona scende fino a una lunghezza d'onda di circa 10 nm.



La radiazione UV è suddivisa in quattro bande di differenti lunghezze d'onda chiamate UVA, UVB, UVC e VUV (Vacuum UV). Le esatte lunghezze d'onda in base alle quali vengono definite le quattro bande variano a seconda degli specifici ambiti di studio. La suddivisione più utilizzata è però la seguente:

UVA: 400-315 nm

UVB: 315-280 nm

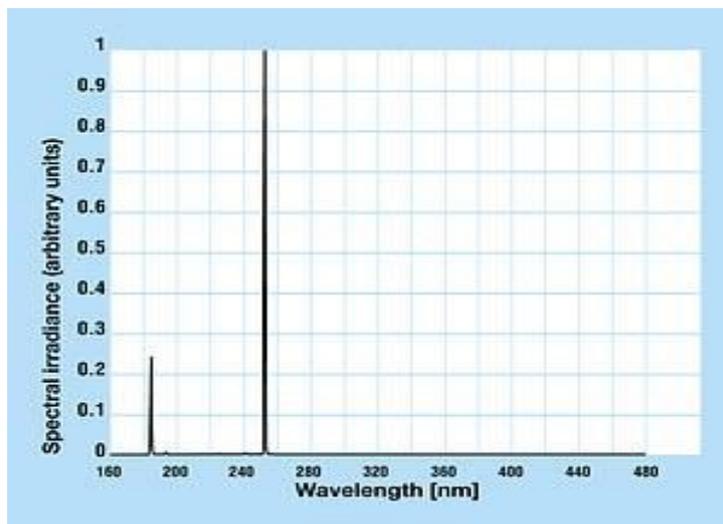
UVC: 280-100 nm

VUV: 100 – 10 nm

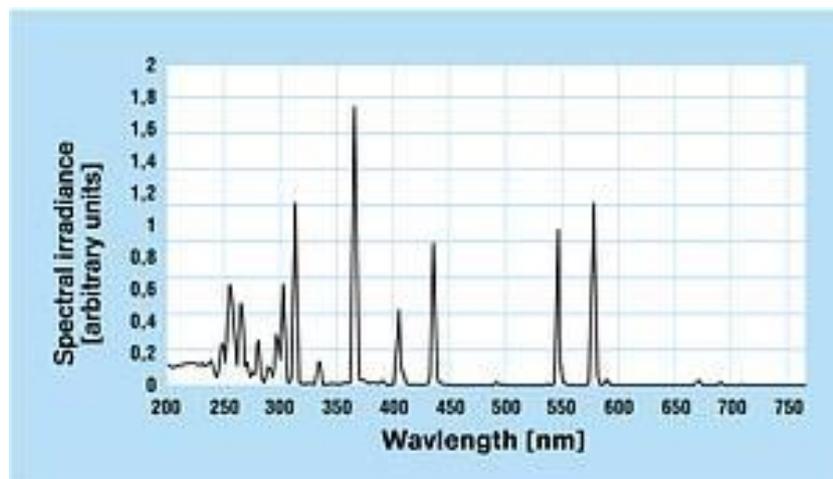
LA PRODUZIONE ARTIFICIALE E CONTROLLATA DI RAGGI UV:

La produzione artificiale di raggi UV avviene attraverso lampade a vapore di mercurio, queste si basano sull'emissione per luminescenza di raggi UV da parte del gas mercurio opportunamente ionizzato. La ionizzazione del gas è ottenuta per mezzo di una differenza di potenziale, che fa migrare gli elettroni liberi e ioni positivi ai diversi capi della lampada dove sono presenti gli elettrodi. Il gas mercurio eccitato rilascia poi l'energia ricevuta attraverso l'emissione di una radiazione elettromagnetica alla lunghezza d'onda dei raggi ultravioletti.

Vapori di mercurio a bassa pressione (0,01-0,001 bar) emettono a bassa intensità due picchi a 253,7 (efficienza 30-40%) e 185 nm (efficienza 10%):



Vapori di mercurio a media pressione (1 bar) emettono con bassa efficienza ed elevata intensità uno spettro policromatico.

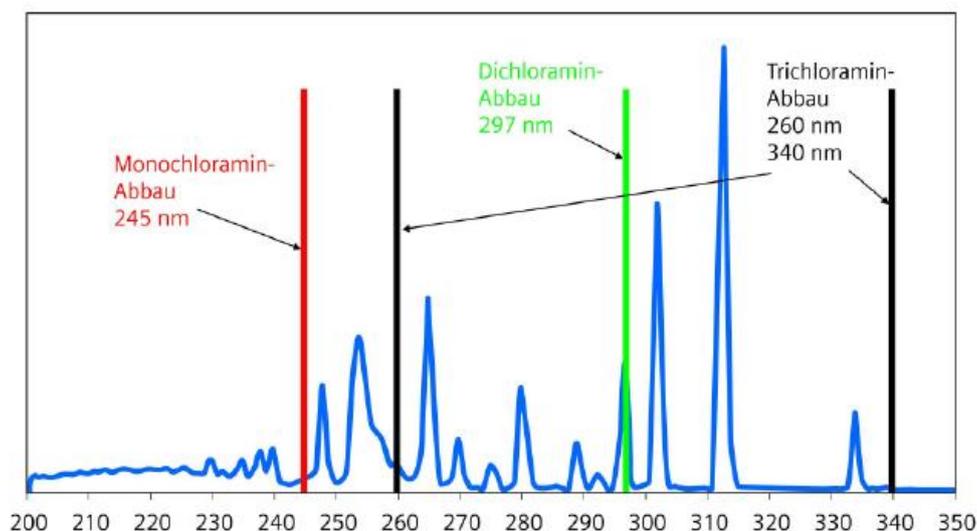


ASSORBIMENTO UV DELLE CLOROAMMINE E LORO DEGRADAZIONE:

Ogni sostanza è caratterizzata dalla capacità di assorbire l'energia associata alla radiazione elettromagnetica che si propaga all'interno di essa. Si tratta dell'energia dei fotoni che viene ceduta agli elettroni, atomi e molecole della sostanza stessa. L'energia del campo elettromagnetico si trasforma in questo modo in energia interna della sostanza determinando diversi fenomeni tipici di tale processo. L'assorbimento dipende sia dalla natura della sostanza, sia dalla frequenza della radiazione, pertanto l'assorbimento di una sostanza è spesso utilizzato per conoscere la natura della stessa.

Le cloroammine assorbono la luce ultravioletta in maniera differente a seconda della tipologia della cloroammia, in particolare:

- Monocloroammine: assorbimento massimo a 245 nm
- Dicloroammine: assorbimento massimo a 297 nm
- Tricloroammine: due picchi di assorbimento a 260 e 340 nm



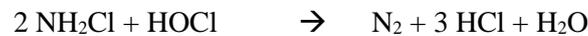
La riduzione delle cloroammine ad opera dei raggi ultravioletti è dovuta al meccanismo chiamato fotodegradazione.

La fotodegradazione è un processo di degradazione di una sostanza per effetto di radiazioni luminose o più in generale di radiazioni elettromagnetiche.

Le radiazioni elettromagnetiche agiscono sulle molecole della sostanza tramite l'assorbimento di fotoni, provocandone cambiamenti nella sua struttura chimica: per esempio le molecole si possono spezzare in parti più piccole (fotodissociazione), oppure ne viene cambiata la forma, o infine viene provocata l'aggiunta di altri atomi o molecole.

Fotodegradazione della monocloroammina a 245 nm:

La monocloroammina in presenza di acido ipocloroso subisce una fotodegradazione secondo la seguente formula:



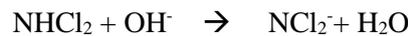
Un secondo meccanismo di fotodegradazione della monocloroammina in assenza di cloro è:



Come si vede in tutti i casi l'energia assorbita dalla monocloroammina sotto forma di fotoni attraverso la radiazione ultravioletta porta alla rottura del legame cloro-azoto Cl-N. I sottoprodotti che si formano da tale processo sono cloruri, nitrati, ammoniaca ed acido cloridrico. Il rilascio di acido cloridrico porta ad una lieve riduzione del pH.

Fotodegradazione della dicloroammina a 297 nm:

Il processo di fotodegradazione della dicloroammina passa attraverso alcuni stadi intermedi con la formazione di dicloruro di azoto in forma idrolizzata



Il dicloruro di azoto reagisce con la dicloroammina portando alla formazione di tricloroidrazina



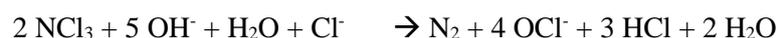
Sempre grazie all'azione dei raggi UV, la tricloroidrazina si scinde creando un doppio legame azoto-azoto N=N formando un composto intermedio la dicloroimmina N_2Cl_2 che in presenza di acido cloridrico infine porta alla completa trasformazione della dicloroammina in azoto, cloro ed acido cloridrico:



Anche in questo caso il rilascio di acido cloridrico porta ad una lieve riduzione del pH.

Fotodegradazione della tricloroammina a 260 nm e 340 nm:

Il processo di fotodegradazione della tricloroammina si può chimicamente riassumere nella seguente formula:



Come si vede i prodotti finali di questa fotodegradazione sono azoto, ione ipocloroso ed acido cloridrico con conseguente diminuzione del pH, questo processo di degradazione della tricloroammina quindi favorisce il processo di disinfezione ad opera del cloro.

CONCLUSIONI:

Le cloroammine, nelle forme presenti in piscina (mono, di e tricloroammina) assorbono radiazione ultravioletta. Tale caratteristica permette il processo di fotodegradazione delle cloroammine stesse ad opera dei raggi UV a specifiche lunghezze d'onda e intensità di energia.

La riduzione delle monocloroammine avviene per opera di raggi ultravioletti a 245 nm quindi si possono usare lampade a bassa pressione di vapore di mercurio, la di e tricloroammina invece assorbono radiazioni a 297, 260 e 340 nm per cui si rendono necessarie lampade a media pressione di vapore di mercurio.

I processi di fotodegradazione sono complessi da descrivere ed ancora non del tutto conosciuti, in ogni caso essi portano alla formazione di azoto, cloro, nitrati ed acido cloridrico favorendo in alcuni casi i processi di disinfezione legati al cloro stesso.

Bibliografia:

- Der Abbau von Chlorstickstoffverbindungen in Schwimmbeckenwasser durch UV-Bestrahlung. *Csontos et al, Baedertechnik, 2008.*
- UV photolysis of DBPs in chlorinated recreational water. *Ernest R. Blatchley III, Jing Li, School of Civil Engineering and Division of Environmental and Ecological Engineering Purdue University.*
- UV Photodegradation of Inorganic Chloramines, *Jing Li and Ernest R. Blatchley III, Environ. Sci. Technol., 2009*