الطرق التقليدية فى معالجة مياه الشرب

تطهير مياه الشرب

مقدمة

يعتبر الماء ثانى أهم العناصر الضرورية للانسان بعد الأكسجين الذي نستنشقه من الهواء. وكما أن الماء لازم لاستمرار الحياة فقد يكون سببا في القضاء عليها إذا استعمل ملوثا بجراثيم الأمراض منل التيفود والدوسنتاريا والكوليرا أو غيرها .

والاهتمام بالماء وما ينقله من أمراض ليس وليد العصر الحديث فلقد أوصى به بقراط (اله الطب عند القدماء)

بغلي الماء الذى يستعمل للشرب كما ظهر واضحا على اللوحات الأثرية التى خلفا المصريين القدماء أنهم كانوا يقومون بغلى الماء قبل استخدامه للشرب .

ولقد أصبح من الصعب الحصول على مصدر المياه الآمن نظرا لأن بعض المدن تستعمل المجارى المائية المجاورة لها سواء كانت - انهارا أو بحارا أو مصارف - أو بحيرات لصرف مخلفاتها السائلة عليها سواء قبل أو بعد علاجها جزئيا أو كليا ، لذلك فان من واجب الحكومات أن تراقب مل هذه الحالات وعليها ايجاد الحلول اللازمة لتحفظ للمجرى المائي سلامته من أي تلوث قد يضر بالصحة العامة أو يؤذى الثروة المائية .

يتضح مما سبق إن تطهير مياه الشرب أمر حيوي وضروري حرصا علي صحة المواطنين وضمانا لسلامتهم. وعملية التطهير في معالجة المياه تهدف في المقام الأول إلى التخلص من كل أنواع الكائنات الحية الدقيقة .

عملية تطهير المياه

عملية تطهير المياه هى أهم خطوة من خطوات معالجة المياه فهى التى تضفى عليه صفة الصلاحية وتؤمنه ضد الأمراض المعدية المنقولة عن طريقه وتتم عملية تطهير المياه بطرق متعددة منها:-

المعالجة الحرارية

وهي أول طريقة تم اكتشافها منذ سنوات عديدة ويتم فيها غليان الماء، باستخدام الغليات، و لا تستخدم هذه الطريقة في إنتاج كميات كبيرة من المياه نظرا لارتفاع تكلفة الطاقة المطلوبة لها وإن كانت تستخدم في تحلية المياه المالحة .

المعالجة الاشعاعية

وتتم عن طريق مرور المياه علي لمبة تنتج أشعة فوق بنفسجية ويجب أن تكون المياه خالية من العكارة وقريبة جدا من اللمبه المشعة لذا لا تستخدم هذه الطريقة إلا فى إنتاج الكميات الصغيرة من المياه

المعالجة الكيماوية

يمكن استخدام العديد من المواد الكيمائية فى تطهير المياه ومنها: الكلور (لكلورة)، ثانى أكسيد الكلورو برمنجانات البوتاسيوم ، الأوزون الجير، البروم، اليود.

الشروط الواجب توافرها فى المواد المطهرة :

١. أن تكون قاتلة للجراثيم ولا تؤثر على صحة الإنسان.

٢. أن تكون رخيصة الثمن ومتوفرة محليا أو يسهل استيرادها طوال العام

٣. أن تكون استعمالها سهل ومأمونا.

٤. أن تكون تخزينها سهل وآمنأ.

التطهير بالكلور

عملية إضافة الكلور من أكثر الطرق انتشارا في عمليات تطهير المياه وقد كان لظهور عملية الكلوره في أواخر القرن الماضي اثر كبير في القضاء بدرجة كبيرة علي الأمراض التي ينقلها الماء وذلك بأقل التكاليف وابسط المعدات واقل عدد من العاملين ولولا عملية الكلورة لانتشرت أوبئة الكوليرا والتيفود والتى كان لظهور الكلور واستخدامه الفضل الأكبر فى القضاء عليهما .

ويتميز التطهير بواسطة الكلور بسهولة استعماله، وكذلك سهولة الحكم على مدي فاعليته بالتأكد من بقاء قدرا من الكلور في الماء بعد فترة من إضافته .

ولا يعرف علي وجه التحديد كيف يعمل الكلورين علي قتل البكتريا في الماء وإن كان المعتقد أن مركبات الكلور التي تتكون عندما يضاف الكلور ين إلى الماء تقضى على بعض الأنزيمات الضرورية للعمليات الحيوية فى هذه الكائنات و لقد تاكد عدم صحة الاعتقاد السائد بان البكتريا تتاكسد نتيجة اضافة الكلورين وذلك لان عملية التأكسد تحتاج الى كميات هائلة من الكلور، في حين أن التطهير الناتج الآن لا يتطلب إلا كميات ضئيلة منه. وهذا لا يمنع أن الكلو رين عابل مؤكسد قوي وعندما يستخدم كميات كافية فإنه يوقف نمو الطحالب فى المرشحات .

والكلور عنصر كيماوي ينتج خلال صناعة الصودا الكاوية ويدخل الكلور في كثير من الصناعات المدنية والحربية منها علي سبيل المثال صناعة البترول والمعادن والورق والمنسوجات والصناعات الكيميائية والصناعات الغذائية كما يستعمل الكلور في معالجة مياه الصرف الصحى وتطهير مياه الثرب .

صناعة الكلور

يتم تحضير الكلور في الصناعة بواسطة التحليل الكهربي لمحلول كلوريد الصوديوم (ملح الطعام). ويتجمع الغاز عند القطب الموجب ويتم سحبة حيث تتم إسالته ويحفظ في خزانات كبيرة إلى أن تتم عملية تعبئته في الاسطوانات المستخدمه في محطات المياه ومصانع النسيج و خلافه .

خصائص الكلور

يمكن أن يتواجد الكلور مثله مثل أى مادة فى ثلاث صور مختلفة: السائلة، الغازية. الصلبة ولكل منها خصائصه .

غاز الكلور

غاز لونه أصفر مائل إلى الخضرة وهو أثقل من الهواء مرتين و نصف له رائحة مميزة شديدة النفاذية ووزنه الذرى ٣٥.٥

الكلور الغازي ضعيف القابلية للذوبان في الماء (٦.٧ جم/لتر ماء عند ٢٠مْ ،١٤.٨ جم/لتر ماء عند صفر مْ ولذلك لا ينبغي رش الماء على الكلور المتسرب ، كما أن حفظ محلول الكلور في درجة حرارة باردة يحافظ على . تركيزه لفترة طويلة .

وبرغم أن الكلور ليس مادة ملتهبة قابلة للاشتعال أو الانفجار، إلا انه يمكن أن يساعد على الاشتعال تحت ظروف معينة .

كذلك فإن الكلور الجاف ليس مادة مسببة للتأكل ، إلا انه يتحول إلى ذلك بشكل مؤثر إذا ما تعرض للرطوبة.

غاز الكلور سام ومهيج للاغشية المخاطية المبطنة للانف والعين والجلد والرئتين ويسبب سعال وصعوبة فى التنفس.

يسال بالتبريد عند -٣٤.١ مْ، ضغط جوى ا بار(أو يسال تحت ضغط عالي)٧كجم/ سم ٢ ، في درجات الحرارة العادية(ولذلك يحفظ وينقل علي هيئة غاز مسال بالضغط في اسصوانات من الصلب تختلف سعتها من خمسين الى ١٠٠٠ كيلوجوام وتتوقف العبوة المستعملة علي الكمية المستهلكة في محطة المياه.

فى حالة وجود تسرب لغاز الكلور فى الجو فإن ٣ جزء فى المليون هى اقل نسبة يمكن حسها بالشم ء وعند ٥ ا جزء في المليون يصبح تأثيرها مهيج للعين والرئة، ويصبح خطرا إذا ما استشق لفترة من ٣٠ ـ ٦٠ دقيقه عند تركيز من٠ ٤ ـ ٦٠ جزء فى المليون، وإذا زاد التركيز فى الجو ليصل إلى ١٠٠٠ جزء في المليون فإنه يصبح مميت. أما الكمية المسموح بها لغاز الكلور في الجو وتكون آمنة لفترة الوردية الواحدة (ثماني ساعات) لا تتجاوز تركيز ٠ . ١ جزء في المليون.

الكلور السائل

عبارة عن محلول نقى كهرماني اللون وهو أثقل من الماء مرة ونصف تقريبا.
وللكلور السائل معامل تمد د عالي، إذ يزداد حجمه بسرعة كبيرة بازدياد درجة الحرارة، حيث يزداد تمدد السائل ليملاء الأسطوانة بالكامل عندما ترتفع درجة الحرارة إلى ٦٧.٥ مْ ولذلك يلتزم دائما بعدم ملء اسطوانات الكلور بأكثر من ٨٥ % من حجمها. وحيث أن الكلور السائل يتبخر بسرعة شديدة إذا ما تعرض للهواء الجوى، لذلك فهو نادرا ما يرى في صورته السائلة.
وعند تبخر الكلور السائل فإن وحدة الحجوم الواحدة منه تنتج حوالي ٤٥٦ وحدة حجم من الغاز النقى عند درجة حرارة ١٥ مْ وضغط ٠ ٧١ مم زئبق

و بالتالى عند حدوث تسرب فى اسطوانة الكلور يتحتم تعديل وضع الاسطوانة بحيث تكون منطقة التسرب فى اعلاه لكى يتسرب غاز الكلور و ليس السائل

الكلور الصلب

نظرا لان الكور السائل يتجمد عند درجة حرارة منخفضة جدا (-١٠٢ م°) فهو نادرا ما يوجد في صورته الصلبة ، غير انه يتواجد متحدا مع بعض العناصر الأخرى فى صورة مركبات على هيئة بودرة أو حبيبات .

مركبات الكلور

بخلاف الكلور النقى يتواجد الكلور علي هيئة مركبات سائلة أو صلبة :

محلول الكلور

ويسمي كيماويا (هيبوكلوريت الصوديوم وهو محلول يحتوي علي حوالي ١٥% من الكلور الحر ويباع في المحلات العامة كمنظف تحت أسماء مختلفة، ويمكن استعماله كمطهر للمياه بشرط أن لا يضاف إليه أي أنواع من المنظفات ويضاف مباشرة على الماء سواء بالصب المباشر من وعاء أو باستعمال مضخة مناسبة. (لا يستعمل بكثرة بالإضافة إلى آن محلوله يسبب تآكك في المواسير)

مسحوق أو أقراص الكلور:

ويسمي كيماوياً (هيبوكلوريت الكا لسيوم) و هذه المادة تحتوى علي حوالي ٦٠ – ٧٠ % من الكلور الحر. ويمتاز عن المسحوق المبيض بارتفاع نسبة الكلور الفعال وبان نسبة الكلور الفعال لا تتأثر بالتخزين لفترات ت ليست بالطويلة. وعند الاستعمال يحضر محلول مركز منه ثم يضاف إلى الماء بالجرعات اللازمه بواسطة أجهزة خاصة .

المسحوق المبيض:

ويسمي أحيانا (كلوريد الجير أو الجير المكلور وهو مسحوق ابيض مائل للاصفرار، له رائحة قوية نفاذة، الجديد منه يحتوي علي ٣٢ % من وزنة كلور فعال. إلا أن هذه النسبة تأخذ فى النقصان بمضي الوقت خصوصا إذا تعرض للجو أو للضوء، ولذلك يجب حفظة في عبوات خاصة محكمة القفل ، كما يجب اختباره لمعرفة نسبة الكلور الفعال قبل الاستخدام حتى يمكن تقدير الكمية التي تعطي جرعة الكلور المطلوبة.

وعموما فإن اسعمال مركبات الكلور اصبح غير شائع فى عمليات التطهيرللمياه نظرا لمتاعب التشغيل إلا انه يستعمل فى الحالات الآتية:-

١ . تطهير شبكات مواسير توزيع المياه بعد إنشائها او إصلاحها.

٢ . تطهير مرشحات وخزانات المياه

٣. في حالات الطوارئ مثل حالات الفيضانات.

استخدامات الكلور فى محطات المياه

يستخدم الكلور فى محطات المياه لغرض التطهير و للقضاء على مشاكل الطعم و الرائحة و لاكسدة الشوائب الكيميائية

١. التطهير:

يستخدم الكلور فى محطات مياه الشرب كمادة مطهرة. إذ أن إضافة اكلور تتسبب فى قتل البكتريا الضارة والمسببة للامراض. ولذلك تحدد اشتراطات جهات الصحة المختلفة ضرورة إضافة جرعات وافية من الكلور للماء تكفل توافر الكلور المتبقى حت ى نهايات شبكة التوزيع (فى حدود ٢ . ٠ ملجم/لتر)

٢. القضاء على مشاكل الطعم والرائحة:

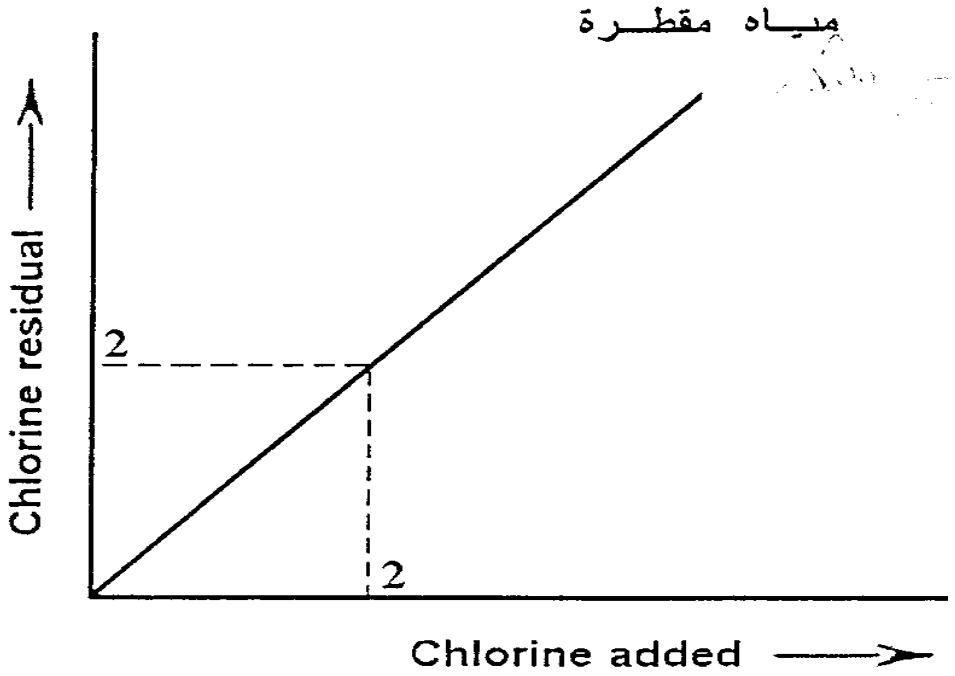
قد يستخدم الكلور للقضاء على بعض مشكلات الطعم والرائحة فى مياه الشرب. إذ أن معظم مشاكل الطعم والرائحة تتسبب عن بعض النباتات المجهرية الدقيقة التى تتواجد فى مصادر المياه السطحية. فيتفاعل الكلور كمادة مبيده للطحالب ويقضى على تلك النباتات المسببة للطعم والرائحة. إلا أن هناك أنواع قليلة من الطحالب لا تتفاعل مع الكلور بالشكل المرغوب ويترتب على ذلك زيادة حدة الروائح الطعم غير المقبول للماء.

٣. الأكسدة:

يقوم الكلور بأكسدة عدد من الشوائب الكيميائية الموجودة فى الماء كالحديد.
المنجنيز ، النيترات ، الأمونيا وكبريتيد الهدروجين . وبالتالى ازالتها من الماء. وتتواجد تلك الشوائب عادة فى مصادر المياه الجوفية .

نظرية عمل الكلور

لفهم تفاعلات الكلور في المياه الطبيعية . نفرض مبدئياً أن التفاعل سيحدث في مياه مقطرة . فإن كمية الكلور الحر المتبقية تتعلق مباشرة بكمية الكلور المضافة(الجرعة .)



وعلى سبيل المثال: إذا اضيف جرعة كلور بمقدار ٢ مجم/لتر لتلك المياه ستعطى نفس القيمة (٢ مجم/لتر) ككلور متبقى حر بعد انتهاء فترة المكث

وسيتم التفاعل كالتالى:

كلور + ماء ← حامض الهيبوكلورز + حامض الهيدروكلوريك

$$CL_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

نواتج التفاعل مركبات ضعيفة لا تلبث ان تتفكك إلى نواتج أخرى كالتالي:

حامض الهيبوكلورز ← أيون الهيبوكلوريت + ايون هيدروجين

(حامض ضعيف يتفكك)

$$HOCl \rightarrow OCl^- + H^+ \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

وحامض الهيدروكلوريك ← ايون كلور + ايون هيدروجين

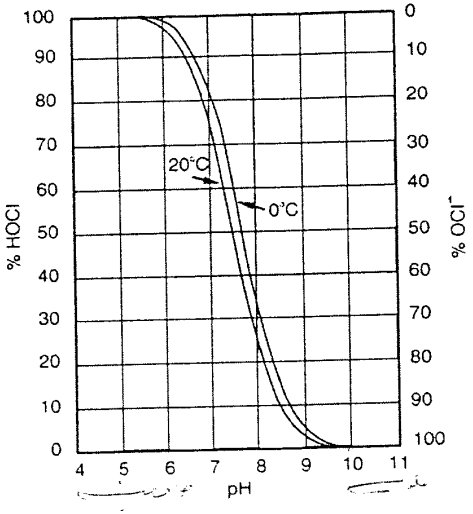
$$HCl \rightarrow Cl^- + H^+ \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

ويمثل حمض الهيبوكلورز HOCl أحد شكلين من أشكال الكلور الحر المتبقى وهو الأكثر فاعلية في عملية التطهر وعند تحلله كما في المعادله (٢) السابقه ينتج ايون الهيبوكلورت-OCl وهو الشكل الثانى من أشكال الكلور الحر التبقي وتأثيره في عمله التطهير تعادل ١% فقط من تأثير حمض الهيبوكلورز.

الشكل	فاعلية الكلور مقارنة بحمض الهيبوكلورز
HOCl	1
OCl –	1/100
NCl3	-
NHCl2	1/80
NH2CL	1/150

تأثير pH على التفاعل:

يتأثر التفاعل بالأس الهيدروجيني تأثيرا كبيرا فكلما كان الوسط اقرب للحامضية زاد حامض الهيبوكلوروز وكلما كان الوسط اقرب للقاعدية زادت أيونات الهيبوكلوريت.



فمثلا :-

عند الاس الهيدروجينى ٦.٧ تكون النسبة

٢٠ % ملح هيبوكلوريت + ٨٠ % حمض هيبوكلوروز

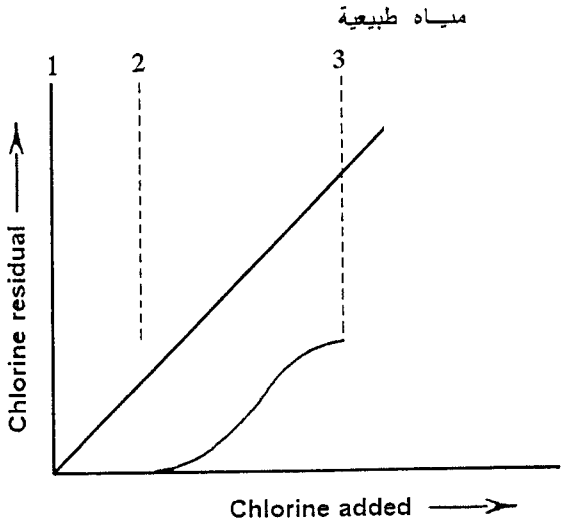
عند الاس الهيدروجينى ٧.٣ تكون النسبة

٤٠ % ملح هيبوكلوريت + ٦٠ % حمض هيبوكلوروز

عند الاس الهيدروجينى ٨.٣ تكون النسبة

٨٠ % ملح هيبوكلوريت + ٢٠ % حمض هيبوكلوروز

يتبين مما سبق انه قد يوجد كلور بالعينة. ولكن فاعليته تختلف بالزيادة او النقصان تبعا لاختلاف درجة تركيز الأس الهيدروجينى



أما بالنسبة للمياه الطبيعية فكما نعلم أن بها مواد ذائبة وشوائب عالقة وبالتالى فان تفاعل الكلور مع تلك المواد والشوائب سيتداخل ويؤثر على كمية الكلور المتبقى الحر كنتيجة لذلك.
وعلى سبيل المثال: إذا احتوى الماء على حديد، منجنيز، أمونيا، نيتريت ، أو أي مادة عضوية فسوف يتفاعل الكلور المضاف معها ليعطى انحراف في المنحنى يناسب تلك المتفاعلات ودرجة تركيزها بالمياه

من الشكل:- المسافة بين النقطتين ٢ و ١ الكلور المضاف يتحد مباشرة مع الحديد و المنجنيز و النيتريت كمواد مختزلة ولا يظهر تبعا لذلك أي كلور متبقى حتى الانتهاء من أكسدة كل تلك المواد بواسطه الكلور.

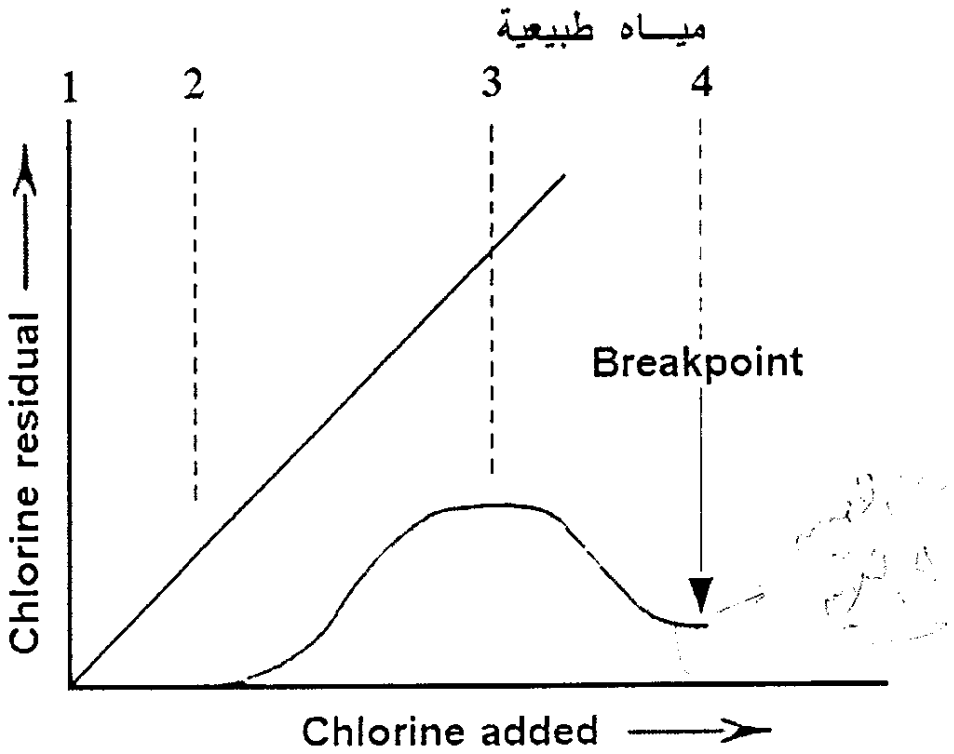
باستمرار إضافة الكلور نلاحظ انه على امتداد المسافة بين النقصتن ٣ ، ٢ يبدأ الكلور في التفاعل مع الأمونيا والمادة العضويه ليشكل مركب الكلورامين والمركبات الكلو وعضوية وهذه النواتج من أشكال الكلور تعرف بالكلور المتبقى المتحد ولكن فاعلة هذه الأ شكال كعامل مطهر تكون اضعف من الكلور الحر.

وفيما بين النقطتين ٣ و ٢ غالبا يكون أحادى الكلورامين هو شكل الكلور المتبقى كناتج التفاعل:

أمونيا + حمض الهيبوكلورز ← أحادى الكلورامين + ماء

$$NH_3 + HOCl \rightarrow NH_2Cl + H_2O \quad (pH > 7) \ldots\ldots (4)$$

يوضح الشكل التالى انه بمتابعة إضافة كلور للمياه ، يبدأ الكلور المتبقى من النقطة ٣ حتى النقطة ٤ في الانخفاض وذلك كنيجة لبدأ أكسدة مركبات أحادى الكلورامين الى مركبات ثاني وثالث الكلورامين و حتى تمام الأكسدة وتكون غاز النيتروجين .



ويوضح ذلك التفاعلات التالية:

في حالة إذا ما كان NH_3 بكمية وفيرة:

$$NH_2Cl + HOCl \rightarrow NHCl_2 + H_2O \quad (4 < pH < 6)..... (5)$$

$$NHCl_2 + HOCl \rightarrow NCl_3 + H_2O \quad (pH < 3)..... \quad (6)$$

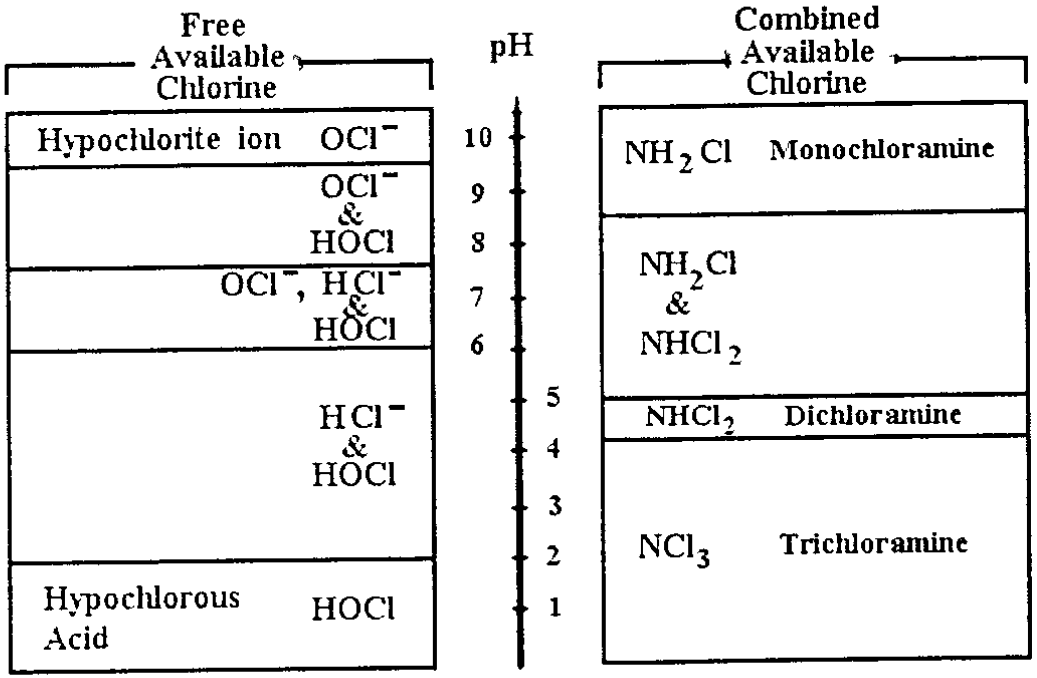
ونلاحظ من التفاعلات السابقة انه عند pH اكبر من ٧ يتكون أحادى الكلورامين ، وعندpH 6 يبدأ ثاني الكلورامين ببطئ في التكوين ويظهر بوضوح بين ٦ >pH>٧ أما ثالث الكلورامين فيتكون عند pH أقل من ٣ . كما أن الكلورامين ممكن أن يتك,ن مع أي Amine Organic منل البروتين، حيث يظهر الكلورامين بسرعة أولا ثم يعقبه ببطء ظهور ثاني وثالث الكلورامين مع الاحتياج إلى فترة تلامس أطول حتى يتم التفاعل.

إذا كان كمية NH_3 في الماء كافية فإن التفاعل سيكون ثابت ، وإذا ما كان كمية الكلور المضافة اكبر مع NH_3 فان الكلورامين سيتكسر إلى النير وجين

كما في المعادلة التالية : -

$$2NH_2Cl + HOCl \rightarrow N_2 + 3\,HCl + H_2O \ldots\ldots (7)$$

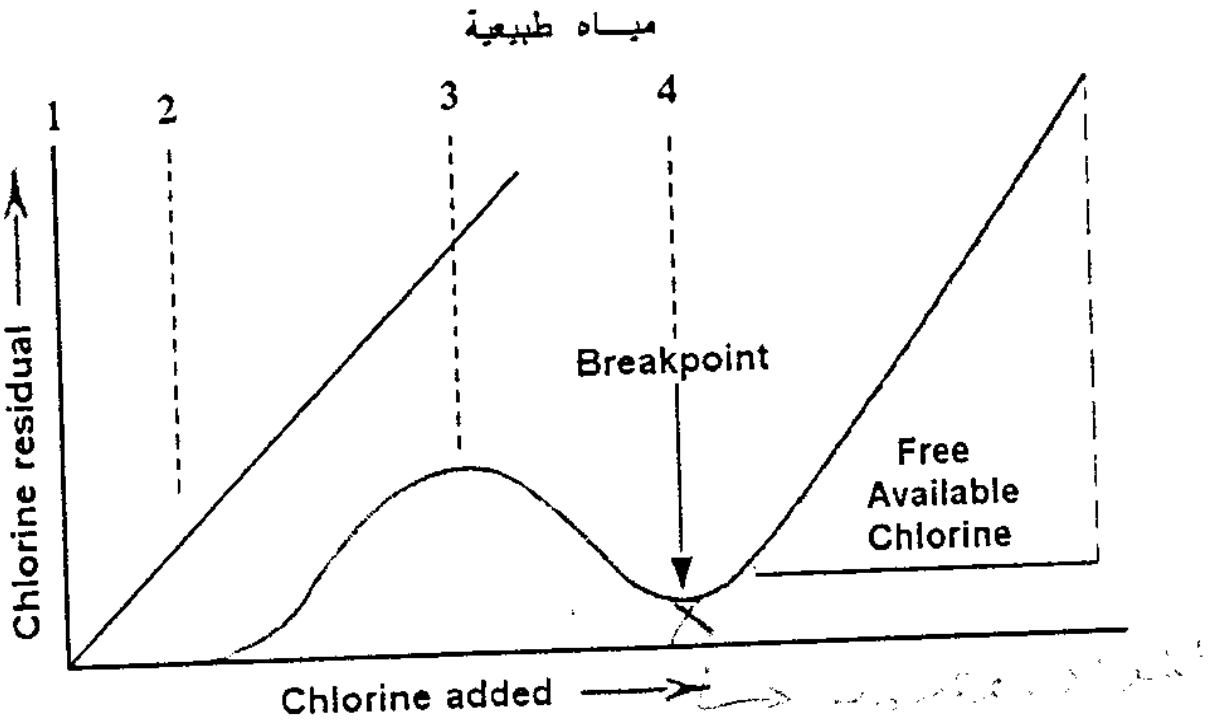
٦٠) يوضح علاقة pH بأشكال الكلـــور المحتمـــل تواجـــدها بالميـــاه



ويختلف مفعول كل نوع من مركبات الكلور السابقة عن الآخر في عمليات التطهير حيث يلاحظ أن الكلور الحر اقوي بكثير في قتل البكتريا عن الكلور المتحد. ويلا حظ أيضا أنه يلزم استخدام مقدار من الكلور المتحد اكبر ٢٥ مرة من الكلور الحر لتحقيق نفس القدرة علي القتل في نفس المدة الزمنية

علاوة علي ذلك فان التطهير بالكلورامين عملية بطيئة وتحتاج إلى فترة تلامس اطول.

النقطة ٤ هى أدنى قيمة يصل لها الكلور وتعرف باسم نقطة الانكسار. ثم يبدأ بعدها ظهور كلور حر متبقي ويزيد بزيادة جرعة الكلور المضافة . بمعنى انه بعد نقطة الانكسار أي إضافة للكلور تظهر في صورة كلور حر متبقي، وقيمة الكلور الحر المتبقى يجب أن تمثل ٨٥ -٩٠ % من مجموع الكلور المتبقى (حر + متحد) بالمياه المعالجة .



يجب أن نتذكر أن الكلور المتبقى المتحد يمثل مركات ثنائى و ثلاثى الكلورامين والمركبات الكورو- عضوية (As THMs

تتوقف فاعلية الكلور فى قتل البكتريا على العوامل الآتية:-

١. جرعة الكلور:

بديهي إن فاعلية الكلور فى القضاء علي البكتريا تزيد بازدياد جرعة الكلور المضافة الى المياه.

٢. مدة التفاعل بين الكلور والماء (فترة التلامس)

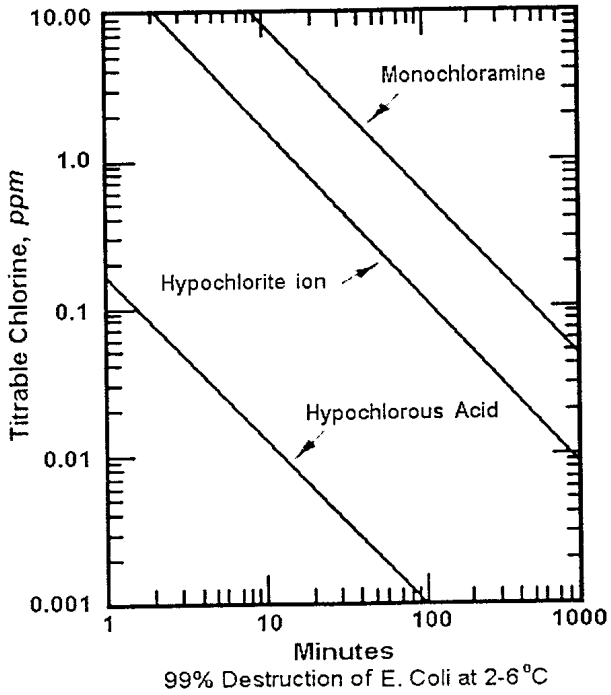
تزيد فاعلية الكلور كلما طال من التلامس . و نظرا لان مقاومة البكتريا للكلور باختلاف أنواعها . فوجد انه يجب أن تمر ثلاثين دقيقة على الأقل من إضافة الكلور وحتى استعمال الماء كفترة تلامس. وقد وجد أن قدرة الكلور على قتل البكتريا بالماء تتأثر تأثراً كبيراً بالعاملين السابقين (الجرعة، ووقت التلامس) طبقا للعلاقة التالية:

$$\text{Kill} \alpha \text{CXT}$$

ويؤثر كل منهما على الآخر فبزيادة تركيز الكلور يقل الوقت اللازم للقتل والعكس بالعكس.مع الأخذ في الاعتبار أن الكلور المتحد تأثيره اقل من الحر في عملية التطهير ولذلك يلزمه فترة تلامس أطول لإتمام عملية قتل البكتريا الموجودة بالماء.

من المهم معرفة فترة التلامس الملائمة لنوع الكلور المتبقى الموجود بالماء ، فمثلا نعتمد على الكلور الحر المتبقى في التطهير عندما يكون الوقت المقطوع من نقطة إضافة الكلور حتى نقطة استهلاكه قصير. الشكل (يبين العلاقة بين الوقت اللازم لقتل بكتريا E Coli بنسبة ٩٩ % عند درجة حرارة ٢ - ٦ م٠ ونوع الكلور المتبقى بالماء .

تذكر انه : يجب أن يتوفر ٢ . ٠ مجم/لتر كلور حر فى أطراف الشبكة التى تتغذى من محطة المعالجة.



٣. درجة الحراره:

بالرغم من أن درجة حرارة المياه المنخفضة تحتفظ أكثر بالكلور إلا أن الحرارة العالية أكثر فاعلية، ولذلك يجب تغيير جرعة الكلور مع تغير الفصول للحفاظ على نسبة الكلور المتبقى بالمياه، بمعنى إن جرعة الكلور تزيد بانخفاض درجة الحرارة للحصول علي نفس كفاءة التطهير.

٤. درجة تركيز أيون الهيدروجين:

لقد تبين أن المياه ذات التركيز الهيدروجيني المنخفض تلزهما جرعات كلور اصغر من المياه ذات التركيزالهيدروجين المرتفع للحصول علي نفس كفاءة التطهير.وتفسير ذلك ان الأس الهيدروجيني هو الذي يحدد النسبة بين تركيزي كل من $HOCl$ - OCl^- ويوضح الشكل السابق تلك العلاقة. لاحظ من الشكل أيضاً أن درجة الحرارة تأثيرها ضعيف على نسبة التحلل بالمقارنة بتأثير الأس الهيدروجيني.

استخدام مركبات الهيبوكلوريت في عمليات التطهير ترفع من قيمة pH قليلا أما استخدام غاز الكلور فيخفض من pH ، ولذلك من الأهمية متابعة القياس والتحكم في درجة الأس الهيدروجيني للمياه للمحافظة على درجة تأثير الكلور في عملية التطهير .

٥. عكارة الماء:

كلما زادت عكارة الماء زادت جرعة الكلور اللازمة إذ أن الميكروبات قد تحتمي بالمواد المسببة للعكارة من تأثير الكلور.

٦. قلوية وحامضية الماء:

وتقل فاعلية الكلور بزيادة قلوية الماء ولذلك يلزم استخدام جرعات كلور عالية كلما ارتفعت قلوية الماء.

٧. وجود المركبات الآزوتية في الماء:

عند تواجد مركبات الأمونيا في المياه تقل فاعلية الكلور في قتل الكائنات الحية في الماء ولذا يلزم إضافة جرعات اكبر أو إطالة وقت التفاعل بين الكلور والماء (فترة التلامس)

٨. وجود مركبات الحديد والمنجنيز:

وهذه أيضا تحد من فاعلية الكلور في قتل البكتريا.

اضافة الكلور

يتم إضافة الكلور للمياه بإحدى طريقتين:

- إضا فة الكلور بجرعات عالية ثم إزالة الكلور الراند.
- إضافة الكلور بعد تحديد النسبة بواسطة التجارب المعملية الدقيقة.

أولاً: إضاقة الكلور بجرعات عالية ثم إزالة الكلور الزائد :-

والمقصود بذلك إضافة الكلور بجرعات زائدة عن حد الطلب، وبهذا نضمن الحصول على كفاءة وفاعلية عالية لعملية التطهير وممكن أن نضطر إلى ذلك فى حاله الطوارئ أو إذا ما كان هناك شك في حدوث تلوث بكتيري لمصدر المياه.

و تتميز هذه الطريقة بالاتى :-

- كفاءة وفاعلية عالية لتأثير الكلور علي البكتريا.
- أكسدة الكلور للمواد العضوية التي قد تتواجد في الماء.
- الحد من الطعم والرائحة التي قد توجد في الماء.
- إبادة الكائنات الحية الدقيقة التي تقاوم الجرعات العادية للكلور، علي انه يلزم إزالة الكلور الزائد بعد التأكد من تمام قتل الكلور للبكتريا.

وطرق إزالة الكلور الزائد :

١. إضافة ثاني أكسيد الكبريت إلى الماء بجرعات حوالي ١.٥ جزء فى المليون لكل جزء في المليون من الكلور المراد إزالته وفي هذه الحالة يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع الكلور الزائد كما هو موضح بالمعادلة:

$$SO_2 + H_2O + Cl_2 \rightarrow 2HCl + H_2SO_4$$

كميات حامض الكبريتيك وحامض الهيدروكوريك الناتجة من التفاعل ضئيلة جدا ولا أهمية لها كما يجب أن تمر حوالي ١٥ دقيقة بعد إضافة ثانى اكسيد الكبريت قبل استعمال المياه.

٢. إضافة ثيوسلفات الصو.يوم إلى الماء ليتفاعل مع الكلور الزائد كما هو موضح بالمعادلة :

$$2\,Na_2S_2O_3 + Cl_2 \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2\,NaCl$$

٣. إضافة كبريتيت الصوديوم إلى الماء ليتفاعل مع الكلور الزائد كما هو موضح بالمعادلة:

$$Na_2SO_3 + Cl_2 + H_2O \rightarrow Na_2SO_4 + 2\,HCl$$

٤. تخزين الماء في أحواض مكشونة لمدة ثلاث أو أربع ساعات قبل الا ستعمال وفي هذه الفترة يتصاعد الكلور الزائد فى الجو .

٥. ترشيح الماء فى طبقة من الكربون المنشط الذى يمتص الكلور الزائد

٦. مزج المياه المضاف إليها جرعات عالية من الكلور بمياه لم يضاف إليها الكلور فتتعادلان .

ثانياً: إضافة الكلور بعد تحديد النسبة بواسطة التجارب المعملية

تحديد احتياج الكلور باختبار Break point

احتياج الكلور هو مقياس لمقدار الكلور الواجب إضافته لوحدة الحجوم من المياه تحت شروط محدودة للاس الهيدروجينى ودرجة الحرارة وفترة التلامس حتي يتم التفاعل الكامل بجميع مواد الكلور القابلة للتفاعل فى الماء ويحقق كلور حر متبقي، ويحسب احتياج الكلور بأنه الفرق بين كمية الكلور المستخدم والكلور المتبقى في المياه عند فترة التلامس

المصطلحات الفنية الخاصة بالكلور

جرعة الكلور

تعرف جرعة الكلور بأنها اقل كمية كلور تضاف إلى وحدة حجم من الماء تكفى للقضاء على اللكائنات الحية، وينتج عنها كلور متبتقى في حدود معينة (٠.٢ مجم/لتر)

ووحدة الجرعة ملجم كلور/لترماء أو جم كلور/ م٣ماء.

و يتم تحديد الجرعة المثلى للكلور عن طريق تجارب معملية حسب نوعية المياه المراد تنقيتها

كمية الكلور المطلوب اضافتها للماء

هى حاصل ضرب جرعة الكلورX كميه المياه وهى غالباً تحدد فى الساعة ووحدتها كجم/ساعة

$$\text{كمية الكلور المطلوبة} = \frac{٢٠٠٠٠م^{٣}/س \times ٥جم/م^{٣}}{١٠٠٠} = ١٠٠كجم/س$$

وفى حالة إضافة هيبوكلوريت الكالسيوم تركيز ٦٥% بدلاً من الكلور دون حدوث أى تأثير على المياه، فإنه يلزم أولاً معرفة كمية الكلور المطلوب إضافتها.

كمية الهيبوكلوريت التى تعوض كمية الكلور =

$$\frac{\text{كمية الكلور} \times ١٠٠}{\text{نسبة تركيز الهيبوكلوريت}}$$

مثـــال:

ما هى كمية هيبوكلوريت الكالسيوم (٦٥%) التى تضاف إلى المياه بدلاً من ١٠٠ كجم كلور.

$$\text{كمية هيبوكلوريت الكالسيوم (٦٥\%)} = \frac{١٠٠ \times ١٠٠}{٦٥} = ١٥٣,٨٥ \text{ كجم}$$

الكلور المستهلك

يعرف الكلور المستهلك بأنه الفرق بين كمية الكلور المضاف للماء وكمية الكلور الحر أو المتحد المتبقى في الماء فى فترة تلامس محددة

الكلور المستهلك = كمية الكلور المضاف – كمية الكلور المتبقى

مثال:

ما هى كمية الكلور المستهلك إذا كان الكلور المتبقى ٢ . ٠ جم/ م^{٣} بعد إضافة ١٠٠ كجم كلور لكمية مياه مقداره ٢٠٠٠٠ م^{٣} ؟

الحل

الكلور المستهلك = كمية الكلور المضاف – كمية الكلور المتبقى

كمية الكلور المتبقى =٢ . ٠ جم/ م^{٣} X ٢٠٠٠٠ م^{٣} = ٤٠٠٠ جم = ٤ كجم

اذا الكلور المستهلك = ١٠٠ – ٤ = ٩٦ كجم

هذه الكمية استهلكت بواسطة الكائنات الحية والمواد العضوية وغير العضوية والشوائب.. إلخ.

ولابد من وجود كلور متبقى بعد كل هذه الاستهلاكات. وهذا دليل على أنه لم يعد هناك أى كائنات حية أو خلافه وأن الماء اصبح خاليا منها و معقم تماما

الكلور المتبقى

هناك نوعان من الكلور المتبقى

١. الكلور المتبقى المتحد:

ينتج عن إضافة قدر من الكلور يكفى فقط للاتحاد مع الامونيا الموجودة بالماء .

وبرغم أن تلك البقايا المتحدة تحمل قدرات أكسده تفوق قدرة الكلور الحر إلا أن فعاليتها كمادة مطهرة تقل عن فاعلية الكلور الحر.

وللحصول على الكلور المتبقى المتحد لا يضاف إلى الماء إلا قدر الكلور الذى يكفى للاتحاد مع الأمونيا الموجودة فى الماء ، فإذا كان الماء يحتوى على قدر ضئيل من الأمونيا لا يكفى للاتحاد مع الكلور فإنه يتم إضافة الأمونيا أيضاً إلى. الماء .

٢. الكلورالمتبقى الحر:

ينتج عن إضافة الكلور إلى الماء بالقدر الذى يكفى لاستهلاك الأمونيا الموجودة فى الماء والقضاء عليها. والكلور المتبقى الحر كما ذكرنا قبل هذا أكثر فعالية من الكلور المتبقى المتحد كمادة مطهرة.

اماكن إضافة الكلور في محطات التنقية

يمكن إضافة الكلور إلى الماء في أكثر من موقع في محطات التنقية تبعا لحالة كل محطة وكذلك تبعا لصفات الماء المعالج في كل حالة وتبعا لتجارب وخبرات المشرف علي التشغيل.

اضافة الكلور المبدئى

اى حقن الكلور بعد عملية الحصول على المياه من المصد ر مباشرة وقبل الدخول الى عملية التنقية (المروقات والمرشحات)

تتميز هذه الطريقة بالاتى :-

- خفض تعداد. البكتريا في الماء قبل وصولها إلى المرشح مما يخفف الحمل البكتيرى على المرشح.
- تطهير رمل المرشح نظرا لمرور المياه بما فيها من كلور فى مسام الرمل أثناء عمله الترشح.
- كفاءه عاليه في إزاله اللون من الماء.
- نقص في كميات الكيماويات المروبه إذا أضيف الكلور قبل أحواض الترسيب.
- كفاءة عايله في إزاله الطعم والرائحه من الماء.
- الحد من نمو الكائنات الحيه الدقيقة داخل المرشح.

اضافة الكلور النهائى

أي إضافة الكلور إلى الماء بعد مرحلة الترشيح أي عند مدخل خزان المياه النقية ، وهي طريقة سهلة في تشغيلها ويكون الكلور أكثر فاعلية علي البكتريا بسبب خلو الماء من أي عكارة أو شوائب.

يضاف جرعة زائدة من الكلور النهائي في الخزانات الملحقة بالمحطات وذلك لضمان خروج الكلور بنسبة معينة مطلوبة إذا كانت شبكات مواسير التوزيع تمتد الى مسافات بعيدة ويخشى من تواجد البكتريا فى الأطراف البعيدة منها وحتى يصل الكلور ولو بنسبة ضئيلة إلى آخر متر في الشبكة.

إضافة الكلور في اكثر من موقع

وهذه الطريقة تتبع إذا كانت المياه رائقة والتلوث البكتيري عالي نسبيا إذ يحسن في هذه الحالة إضافة الكلور في أكثر من نقطة علي مسار الماء في محطة التنقية لضمان كفاءة عملية الكلوره كما تستعمل هذه الطريقة إذا خزنت المياه المرشحة في خزانات مكشو فةففى مثل هذه الحالة يجب إضافة الكلور في مخارج المياه من الخزانات .

** **تذكر انه من نتائج أضافه المواد المؤكسدة (الكلور) للمياه :**

١. تكسير أغلب المركبات المسببة للون .
٢. أكسدة الحديد والمنجنيز ومعظم المركبات الكبريتية
٣. تكسير بعض المركبات المسببه للرائحه .
٤. تكسير بعض المر كبات الحلقية .
٥. القضاء علي عدد كبير من البكتريا .