

المقدمة

يتناول هذا البحث بعض الطرق المستخدمة لمعالجة مياه الشرب وخاصة إزالة الحديد من الماء عن طريق الأكسدة بعدة عوامل تقوم بأكسدة الحديد (II) إلى الحديد (III) حتى يسهل التخلص منه. حيث يوجد الحديد في الماء بكميات مختلفة وذلك اعتماداً على التكوينات الجيولوجية للمنطقة والمكونات الكيميائية للمجرى المائي. عندما يتجاوز الحد المسموح يسبب مشاكل في المياه حيث يؤثر على قابلية المياه للشرب ويظهر طعم معدني في المياه ويغير لون الماء ويكون مركبات عضوية معقدة , كما يؤدي لتقليل فعالية الكلور المستخدم في التعقيم .

في هذا البحث تم شرح طريقتين من طرق الأكسدة وهما الأكسدة بالكلور و الأكسدة بالهواء كما أشير إلى الأكسدة بالاوزون , ومن خلال النتائج العملية لعمليتي الإزالة عن طريق الأكسدة بإستخدام الكلور والهواء تم التوصل لنتائج وتمت مقارنتها لكي نصل لطرق معالجة أفضل حتى نستطيع توفير مياه شرب نقية لا تشكل أي خطورة على الإنسان .

1-2 الحديد :

يعتبر الحديد رابع العناصر التي تدخل في تكوين قشرة الأرض من حيث الوزن والحديد عنصر شائع في الصخور والتربة وهو جزء أساسي في التربة الطينية ويوجد في الماء بكميات مختلفة وذلك اعتماداً على التكوينات الجيولوجية للمنطقة والمكونات الكيميائية للمجرى المائي والحديد عنصر ضروري لنمو وحياة النبات والحيوانات وتتراوح حاجة الجسم اليومية من عنصر الحديد من 1 إلى 2 مجم إلا أن معدل الحاجة الغذائية يجب أن تكون أعلى من هذا ليعوض عن ضعف امتصاص أملاح الحديد.

وتأتي مخلفات الصناعة في مقدمة مصادر التلوث بالحديد مثل تصريف مياه المناجم والمياه الجوفية الخاملة للحديد ويترسب الحديد في الماء في وجود الأوكسجين علي هيئة هيدروكسيد الحديد الأصفر أو أوكسيدالحديد الأحمـر الذين يكونان كتلا هلامية أو شمعية يمكن لها أن تضر بالأسماك و الأحياء البحرية الأخرى عند تعلقها في الماء.

وقد أوردت التقارير أن هيدروكسيد الحديد يكسو خياشيم الأسماك و يسبب إختناقها .

وتغطي هذه الكتل القاع عن ترسبها مبيدة حيواناته اللاقارية وكذلك بيض الاسماك , وبمرور الوقت فإن تلك الكتل تتضافر على شكل مواد شبه أسمنتية متماسكة مع حصوات القاع مدمرة أماكن فقس البيض ومن المعروف أن الحديد المذاب يترسب بسرعة في ماء البحر القلوي.

أما المرسبات فإن تأثيرها الضار على الأنواع التجارية من أحياء الأعماق مثل المحار وبلح البحر. وقد ورد أن تركيز الحديد بنسبة عالية في الغذاء يمكن أن يكون ذا تأثير سام على المواشي وكذلك يتدخل سلبيا في إستخدام الجسم لعنصر الفسفور.

2-1-1 عنصر الحديد :

عنصر فلزي وفي حالته النقية يبدو فضيا رماديا لامعا قابل للطرق والسحب و موصلا جيدا للحرارة. نشطا كيميائيا يذوب في الاحماض ويصدأ في الهواء الرطب ويتحد مباشرة مع كبريت , فسفور, كربون و سيليكون و مع الهالوجينات.الحديد منتشر في الطبيعة ويحتل المركز الرابع بين العناصر و الثاني بين الفلزات من حيث النسبة الوزنية في القشرة الارضية. يوجد في خامات هيماتيت وماجننتيت وسدرت و غيرها. الحديد يحتل المركز الاول في الانتاج التجاري للفلزات. يكون اهم سبائكه مع الكربون حيث ينتج الحديد الزهر بنسبة كربون 2% و تتكون سبيكة الفولاذ بتركيز كربون أعلى من 0.05% في وجود عناصر أخرى مثل كبريت ,فسفور و سيليكون.المغناطيسية من اهم خصائص الحديد , فالعنصر سهل المغنطة ويصبح مغناطسيا دائما باضافة فلزات مثل نيكل و المونيوم وكوبالت .والحديد عنصر محوري في صناعه اهم المعدات الالكترونية والمحركات الكهربائية.الحديد هو العنصر الرئيس في الصبغة الناقلة للأوكسجين في الدم (هيموجلوبين) ولعدد من الخمائر (إنزيمات).اهم المصادر الغذائية تشمل البقوليات , نخالة, القمح,الكبد,الفاصوليا,بذرة الكاكو,السهم, صفار البيض.نقص الحديد يسبب الأنيميا (فقر الدم).ومن اهم مثبطات إمتصاصه في الجسم القهوة و الشاي والسبانخ.يرجع علماء الفلك و علوم الارض(الجيولوجيا) أن لا أصل للحديد في الارض. وافترضوا أن كوكبا صخريا قد انفجر اثناء المراحل الأولى لتكوين النظام الشمسي وبدأ يمطر الأرض بوابل من سبيكة الحديدوالنيكل بصورة مكثفة وبنهج يومي.واقر البروفيسور آر مسترونج من وكالة الفضاء الامريكية ناسا بحقيقة تميز ذرة الحديد والنيكل بأعلى طاقة ربط بين جميع العناصر هي الطاقة اللازمة لتكوين ذرة عنصر من الجسيمات الاساسية (البروتونات والنيوترونات والالكترونات).واوضح آر مسترونج أن طاقة الربط لذرة الحديد تعادل اضعاف الطاقة المتوفرة في المجموعة الشمسية باكملها.

2-1-2 الصفات الفيزيائية والكيميائية للحديد :

55.87	الكثافة النسبية الذرية	Fe	رمز العنصر
1534	نقطة الانصهار (درجة مئوية)	26	الرقم الذري
2749	نقطة الغليان (درجة مئوية)	8	المجموعة
0.449	الحرارة النوعية (جول/جم.كلفن)	4	الدورة
+2,+3	أعداد الأكسدة	العناصر الإنتقالية	السلسلة
1.83	السالبية الكهربية (باولنج)	صلب	الحالة الفيزيائية (20 درجة مئوية)
80.2	الموصيلة الحرارية (واط/متر.كلفن)	124.1	نصف قطر الذرة (pm)
14.9	حرارة الانصهار كجول مول ⁻¹	نظام تكعيبي مركزي الجسم	الشكل البلوري
759.3	جهد التأين الأول (كجول مول ⁻¹)	[Ar]3d ⁶ 4s ²	التوزيع الالكتروني
1561	جهد التأين الثاني (كجول مول ⁻¹)	7.09	حجم المول (273K) سم ³ /مول
2957	جهد التأين الثالث (كجول مول ⁻¹)	7.874	الكثافة (جم/سم ³)
351.0	حرارة التبخر	16	عدد النظائر

	(كجول مول ⁻¹)	
--	---------------------------	--

الحديد (Fe) :

أقصى تركيز مسموح	0.3mg/l
التأثير	لون غامق - مذاق معدني - بكتيريا الحديد - يزيل اللون المياه الغازية
المصادر	تجمعات سكنية: غسيل الحديد من المواسير وتوزيع المياه. طبيعية: جيولوجية
طرق المعالجة	الكلور - تبادل أيوني - ترشيح ميكانيكي - تقطير

3-1-2 وجود الحديد :

يعتبر الحديد العنصر الأساسي في تشكيل الكتلة الأرضية ويساهم بنسبة 34% من كتلة الأرض. وهو يوجد في جميع طبقات الأرض ويتناقص تركيزه في بنية الكتلة الأرضية من الحديد النقي (الكريستال). و على الأرجح خليط نقي من الحديد والنيكل في المركز ليصل حدود 5% في القشرة الأرضية , وهذا التركيز الهائل للحديد يساهم بدرجة كبيرة في تشكيل الحقل المغنطيسي للكرة الأرضية , وقد تصل نسبة الحديد في بعض خاماته إلى (65%) كما هو الحال في الخامات الموجودة في القارة الأفريقية .والخامات التي تصلح للتعدين تحتوي عادة على نسبة لا تقل عن (50%) من الحديد.

يعتبر الحديد العنصر الرابع الأكثر وفرة في القشرة الخارجية للصخور ويعتقد أنه من العناصر العشرة الأكثر وفرة في الكون. رغم أن كميته في التربة لا تتجاوز (0.6%),

ويتحدد مدى وجوده في التربة تبعاً لنسجتها ومحتواها من المادة العضوية إضافة إلى الظروف البيئية , فمثلاً يمثل أكسيد الحديد الثلاثي الشكل الأكثر وفرة في الطبقة السطحية .

أما أشكال الحديد الأكثر إختزالا وهي (Fe^{+2}) فإنها تتأكسد بسهولة إلى الصورة الأكثر ثباتا وهي Fe_2O_3 .

وفي الصخور الرسوبية يتواجد الحديد على شكل سلكات مائية ويمثل أكسيد الحديد الثلاثي الشكل الرئيسي للحديد في الاجزاء المؤكسدة من التربة أما الآفاق المحتوية علي نسبة عالية من المواد العضوية فيمكن أن تؤدي ظروف الغرق ونقص الأوكسجين إلي سيادة الحديد الثنائي على الثلاثي .

2-1-4 أشكال الحديد في التربة :

يتواجد الحديد في التربة بعدة أشكال وهي :

أ/ الحديد الفلزي :

يتواجد في الشبكة البلورية للعديد من الفلزات الأولية السليكاتية المنجنيزية مثل الأوليفين , الامفيبول , البيروكسين , الهوربنلانند .

ب/ حديد الفلزات الثانوية :

ينتج عن تجوية الفلزات الأولية الذي يكون على شكل أكاسيد حديد مترافق مع تحلل الفلزات الحديدية المنجنيزية واهم هذه الأكاسيد :

- الجيوتيت Goetuite :

يتواجد بشكل عام في تربة المناطق الجافة ويلاحظ في المعتدلة و تتميز التربة المحتوية عليه بلون مائل للأصفر.

-الليبيدكروسييت Lepidocrocit :

لونه برتقالي و يترافق عادة مع ترسبات منجنيزية ويميز التربة الغدقة .

- الهيماتيت Hematite :

يعطي التربة لون أحمر ويتواجد عادة في التربة المتوسطة وفي المناطق الحارة و الاستوائية .

- الماغنتيت Magnetite :

يظهر في الأتربة الناتجة عن الصخور البركانية الإندفاعية.

- ماءات الحديد غير المتبلورة $Fe(OH)_3$:

يعتبر هذا الجزء مؤشرا أساسيا على مخزون التربة من الحديد القابل للأمتصاص .

ج/ الحديد العضوي :

يتواجد في المناطق الباردة والمعتدلة الغنية بالمادة العضوية التي تشكل معقدا أكثر ثباتا من معقداتها مع غالبية العناصر الأخرى .

د/ الحديد الذواب :

يتواجد في محلول التربة , وهو أقل بكثير من الحديد الكلي وله عدة أشكال Fe^{+3} , Fe^{+2} ,
 $Fe(OH)_2^+$, $Fe(OH)^{+2}$.

2-1-5 إزالة الحديد من الماء:

يؤثر الحديد على قابلية المياه للشرب و هو كذلك يكون ترسيبات. الشكل العام للحديد هو كربونات الحديد وإيدروكسيد الحديدوز وعند تعرض مياه الآبار المحتوية على هذه الاملاح الى الهواء الجوي فإنها تتحول الى اوكسيد الحديدك ذو اللون الاحمر الطوبي التي لا تذوب في الماء وهي مواد عالقة هلامية. ويمكن إزالة أملاح الحديد من الماء عن طريق الترويب والترسيب والترشيح و احيانا الاكسدة باستخدام الكلور او البيرومنجنات ويمكن إزالة الحديد بالتبادل الايوني الغشائي.

2-1-5-1 إزالة الحديد والمنجنيز :

يوجد الحديد عموما في إمدادات المياه من المصادر السطحية والجوفية إما في شكل مركب عضوي معقد (في حالة المياه السطحية) أو في شكل أملاح الحديدوز ثنائية التكافؤ (في حالة المياه الجوفية).

الحديد و المنجنيز هما مكونات كيميائية للحجر الرملي والمحار الموجود في التربة. عند توفر ظروف الإختزال, فان املاح الحديد والمنجنيز الغير مذاب تتحول من حالة عدم الإذابة والتكافؤ العالي إلى الحالة المذابة ذات التكافؤ الثنائي.

يتم هذا في الطبيعة بتحلل المواد العضوية في التربة, التي تستهلك الاوكسجين وبذا تمجد حالة إختزال وإنطلاق ثاني أوكسيد الكربون. مع حركة المياه في التربة فإن ثاني أوكسيد الكربون يذوب مكونا حمض الكربونيك. وبذا ينخفض الرقم الهيدروجيني والذي يزيد من ظروف الإختزال.

في المياه التي تعرضت لهذه الظروف في التربة أسفل سطح الأرض وبعيدة عن الالتصاق بالهواء (كما في حالة الآبار) , فإن كلا من الحديد و المنجنيز يظل مذاب في الماء . حتى في حالة ضخ الماء خارج البئر إلى نقطة المعالجة فإن الحديد يكون راسب جيلاتيني وجزء من العكارة. تتكون المركبات العضوية المعقدة من الحديد و المنجنيز بإتحاد أيونات مع الوحدات العضوية سالبة الشحنة. هذه المركبات المعقدة يمكن رؤيتها حيث الحديد أو المنجنيز في المنتصف محاط بالمواد العضوية . عموما هذه من الصعب أكسدتها بالمركبات المعقدة الغير عضوية بسبب طبقة الغلاف من المواد العضوية. هذه المركبات المعقدة من الحديد و المنجنيز توجد عادة في إمدادات المياه من المصادر السطحية.

2-5-1-2 الحديد و المنجنيز الغير مذاب:

عندما يكون الحديد في الحالة الغير مذابة فانه ليس من الضروري اكسدته. حيث يمكن إزالتها بكفاءة بعملية ترويب بسيطة (في حالة عدم الحاجة إلى إزالة الحديد العسر في وحدة التصاق المواد الصلبة) يلي ذلك الترشيح .

في حالة استخدام طريقة الجير الصودا لإزالة العسر فإن الحديد الغير مذاب سيتم إزالة طبيعيا في الروبة السابحة . كما انه يمكن الإزالة بالترشيح فقط في حالة المحتوى الغير مرتفع من الحديد الغير مذاب.

2-5-1-3 الحديد و المنجنيز المذاب:

الطرق الآتية يمكن استخدامها لإزالة الحديد و المنجنيز المذاب.

1/ الأكسدة بالهواء , الهيبوكلوريت , الكلور أوثاني أكسيد الكلور ثم الترشيح. الأكسدة بالهواء تتم عادة باستخدام جهاز إزالة الغازات بالصواني الخشبية.

أملاح الهيبوكلوريت تستخدم في شكل محلول الصوديوم أو بلورات الكالسيوم والذي يتحلل إلى حامض الهيبوكلورس , وهو مؤكسد أقوى من الأوكسجين في الهواء. لذلك فإن الحديد والمنجنيز المذاب يتم أكسدتهم تماما بسرعة أكبر. لهذه العملية حدود معينة نظرا لأن حامض الهيبوكلورس لا يؤكسد بكفاءة الحديد والمنجنيز المرتبط بالمواد العضوية في شكل مركبات معقدة. الكلور مثل أملاح الهيبوكلوريت حيث يلزم أولا أن يتفاعل مع الماء مكونا حامض الهيبوكلورس العامل المؤثر في الأكسدة . وبذا فإنه يكون له حدود معينة مثل الهيبوكلوريت. ثاني أكسيد الكلور (ClO_2) عامل مؤكسد قوى والذي يؤكسد الحديد والمنجنيز المذاب بسرعة ولكنه نادرا ما يستخدم لارتفاع تكلفة إنتاجه.

2/ عملية إزالة العسر بالجير والصودا:

عند استخدام أي من الجير أو الجير -الصودا فإن الرقم الهيدروجين للمياه المعالجة يرتفع بما يكفي لتنشيط تفاعل إزالة العسر, حيث يرسب الحديد والمنجنيز كأكسيدات. أحيانا تتم التهوية قبل عملية إزالة العسر لتوفير الأوكسجين المطلوب للأكسدة.

3/ التبادل الأيوني (Ion Exchange):

في أنواع معينة من المياه يستخدم مبادل الصوديوم لإزالة الحديد والمنجنيز المذاب. إزالة الحديد بالتبادل الكاتيوني يشبه بإزالة الكالسيوم والمغنسيوم ويتزامن معه. ولتجنب الترسيبات في طبقة المبادل بالأيديروكسيدات المرسبة, يكون من الضروري وجود كلا من الحديد والمنجنيز في الحالة المذابة. يجب منع وصول والتصاق الهواء مع مبادل الصوديوم الكاتيوني في كل الاوقات. يمكن كذلك إزالة بيكربونات وكربونات وكبريتات الحديد بمبادل الهيدروجين كجزء من نظام إزالة الملوحة (demineralization).

4/ استخدام زيوليت المنجنيز- برمنجنات البوتاسيوم:

في هذا النظام يستخدم زيوليت المنجنيز لكل من الأوكسدة وكذلك كوسط ترشيحي. يصنع زيوليت المنجنيز من زيوليت الرمل الأخضر المعالج (Green sand Zeolite) حيث تتم المعالجة تبادلية بكل من كبريتات المنجنيز وبرمنجنات البوتاسيوم, الآتي شكل مبسط لتحضيره.

هذا يوفر أكاسيد عالية للمنجنيز في و على حبيبات الرمل الأخضر. في عملية زيوليت المنجنيز, يحدث إزالة عسر الماء , حيث طبقة الترشيح هذه تؤكسد بيكربونات الحديدوز والمنجنيز إلى الاكاسيد عالية التكافؤ الغير مذابة وفي الوقت يتم ترشيح هذه الأوكاسيد خارج المياه.

هذا النظام يمكن كذلك أن يعمل بطرق أخرى لإزالة الحديد مثل التهوية . في هذه الحالة فإن زيوليت المنجنيز يؤكسد فقط الحديد المتبقي و المنجنيز.

2-1-5-4 الحديد والمنجنيز العضوي (Organic Iron and manganese):

يزال الحديد والمنجنيز بمروب الشبة ثم الترسيب والترشيح. استخدام زيوليت المنجنيز- برمنجنات البوتاسيوم يفيد كذلك في هذه المركبات. كما أن هذه الطريقة تفيد في إزالة الحديد و المنجنيز المذاب والغير مذاب والعضوي.

2-1 مصادر المياه:

بالرغم ان الماء يغطي 80% من سطح الارض الا اننا لا يمكننا استخدام هذا الكم الهائل استخداما مباشرا إذ أن 97% من هذا الماء موجود في البحار والمحيطات وان 2% منه مجمد في الطبقات الجليدية في القطبين الشمالي والجنوبي.

ويقسم الماء حسب مصادره الى الاقسام التالية:

1/ مياه سطحية وتنقسم الى :

أ/ مياه تجري في مسارات مثل الانهار, تمتد من منابع عالية وتاخذ طريقها الى مصابها وتاتي هذه المياه من الامطار التي تهطل على أعالي الجبال, او تنتج عن ذوبان الثلوج الموجودة على قمم المرتفعات, سواء كانت من مطر او ثلج فمائها اصلا من انقى انواع المياه, ولكنه يتخرف في الصخور التي يجري خلالها فتحمله بمواد متعددة بكميات تختلف حسب نوع هذه الصخور وطبيعتها, ويبقى بعضها عالقا في الماء فيما يذوب البعض الآخر فيه .

كما أن النهر يتعرض خلال مساره من المنبع حتى المصب إلى تغيرات في تكوينه ومحتواه بما قد يتسرب إليه من مواد صلبة كانت أم سائلة.

ب/ مياه تتجمع ع هيئة بحيرات, وهذه إما أن تكون مياهها عذبة أو مالحة, ويبقى محتوى هذه البحيرات ثابتا في نوعيته إذا ما كانت تصب فيه الأنهار ما يعوض الذي تفقده من مياهه من طريق التبخير.

إما إذا كان ما يصلها من مياه عذبة أقل مما يتبخر منها فإنها تزداد علي الأيام تركيزا.

ج/ مياه البحار و المحيطات, وهي مياه مالحة تختلف ملوحتها من مكان إلى آخر.

د/ مياه متجمدة في المناطق القطبية وهذه مياه عذبة على أكبر جانب من النقاء.

2/ مياه جوفية تتكون مما يتسرب خلال طبقات الأرض المسامية من المياه السطحية, وهذه

تختلف في نوعيتها حسب نوعية المياه السطحية التي بدأت منها وحسب نوعية الصخور

التي ترسبت خلالها وتجمعت بينها. تمثل المياه الجوفية ذلك الجزء من المياه المحجور في

الخران الجوفي المسامي والنتائج من شرب وتخلخل مياه الأمطار إلى التربة والطبقات السفلى

, ومن المصادر الهامة للمياه الجوفية: تسرب مياه الأمطار أو المياه السطحية إلى المخزون

الجوفي , والتغذية الصناعية لزيادة المخزون الجوفي , والترسب من الخزانات و شبكات المياه

وأحواض التحليل وغيرها من المنشآت, وترسب مياه الري والبحيرات أو الآبار المثقوبة التي

تستخدم للتخلص من الفضلات السائلة, ومن العوامل المؤثرة علي زيادة المخزون الجوفي

:خواص الماء(مثل: الكثافة واللزوجة) وخواص الوسط الذي تنساب من خلاله المياه

(مثل: المسامية والنفذية) والشروط الحدودية. ومن الطبيعي الإعتماد على المياه الجوفية لاسيما

وتمثل مصدر مياه جيد خاصة من النواحي البكتريولوجية كما ويقل تأثير التغيرات الموسمية

على كمياتها . ويمكن تقسيم الماء الجوفي طبقا لمصادره إلى:

1/ ماء جوي (Metcoric Water) وهذا يتعلق بالمياه في الغلاف الجوي.

2/ ماء توليد (Juvenile Water) ويعبر عن مياه صهيرية تخرج إلى سطح الأرض مع

مقذوفات البراكين.

3/ ماء متجدد (Rejuvenated Water) ويعبر عن الماء المستخرج مؤقتا من الدورة الطبيعية

(بفعل التجوية) ثم عاد إليها (بواسطة التحول والأنضغاط).

4/ ماء حبيس (Connate Water) عند حدوث الانخفاض العظيم في قشرة الأرض تمتلئ

مسامات الصخور الرسوبية بالماء المالح . وعند ارتفاع الصخور تخرج المياه العذبة لتحل

محل الماء المالح. عادة تزداد ملحية الماء الحبيس أكثر من مياه البحار وذلك لإذابة مواد

معدينية أخرى عبر الحقب الزمنية الطويلة.

2-2 معالجة المياه:

يتم تعقيم مياه الشرب في معظم دول العالم باستخدام غاز الكلور أو مركبات الكلور لصعوبة التعقيم بمواد أخرى ومن مزايا استخدام الكلور و مركبات الكلور الأخرى مثل كلوريد الجير أو هيبوكلوريت هو قلة التكاليف وكفاءة التعقيم إستمرار فعاليته لفترات طويلة وهناك طرق أخرى أقل شيوعاً مثل استخدام غاز الأوزون والاشعة فوق البنفسجية .

1-2-2 المعالجة بالكلور:

الهدف من إضافة الكلور إلى الماء:

1/ قتل مسببات الأمراض.

2/ أكسدة الحديد والمنجنيز وكبريتيد الايدروجين.

3/ التخلص من بعض المواد التي تسبب لون او طعم للمياه.

4/ التحكم في إعداد الطحالب الداخلة في عملية المياه.

5/ يساعد على تحسين عملية الترويب.

و سواء تم استخدام غاز الكلور أو مركبات الكلور الأخرى فإن الجزء الفعال الكلور الذي يقوم بتعقيم المياه. وتعتمد كفاءة التعقيم على :

- إنتشار غاز الكلور وتخلله لجميع اجزاء المياه المراد تعقيمها.

- إضافة الكلور بطريقة منتظمة و مستقرة دون إنقطاع.

- تحديد كمية الكلور اللازمة بكل دقة.

- التحكم في عملية التعقيم بحيث تكون المياه خالية من مسببات الأمراض وفي الوقت نفسه لها قبول لدى جمهور المستهلكين. و المياه الطبيعية تحتوي على مركبات و مواد منها ما يؤثر على عملية التعقيم كالآتي:

المواد العالقة تقي مسببات الأمراض من تأثير الكلور. المواد العضوية تستهلك الكلور الذي يؤكسد هذه المواد وبالتالي فإن ما يتبقى يكون تأثيره و فعاليته في تعقيم المياه ضئيلة. الامونيا تتحد مع الكلور الحر مكونة مركب الكلور أمين او كلور متحد متبقي و هما أقل فعالية في تعقيم المياه من الكلور الحر. يتفاعل الحديد مع الكلور ليتحول إلى حديدك وبالتالي يستهلك كميات من الكلور المضاف لتعقيم المياه وبالتالي تقل فعالية الكلور في تعقيم المياه. إذا كانت نسبة الحديد حوالي 1 جزء في المليون أو أكثر فإن المياه تعطي قراءة خاطئة في إختبار الأرتو توليديين. ولتصويب القراءة الخاطئة السابق ذكرها يستعمل إختبار الأرتو توليديين الأرسيتيت لتقدير الكلور الحر.

هيبوكلوريت الصوديوم (NaOCl):

هو سائل يحتوي على كلور بنسبة تتراوح ما بين 3-15% والكلور ثابت لارتفاع درجة قلوية السائل . ويمكن تخفيضه إلى 0.5-1% ثم استخدامه في تعقيم المياه ويوجد في الأسواق بأسماء مختلفة .

هيبو كلوريت الكالسيوم (المركز) $Ca(OCl)_2$:

يحتوي المسحوق على نسبة عالية من الكلور تتراوح ما بين 65-70% بالوزن.

2-2-2 المعالجة بالأوزون (O₃):

يستخدم غاز الأوزون في تعقيم المياه في الدول الأوروبية لفعاليتها في قتل مسببات الأمراض وإزالة اسباب الطعم و الرائحة في المياه يستعمل الأوزون في عمليات المياه الكبرى و الصغيرة وحمامات السباحة ويستخدم في تعقيم المياه المعباه. هو غاز قابل للذوبان في الماء بسهولة ويضاف بجرعات حتى 4 جزء في المليون وفترة تماس 10-15 دقيقة. يراعى عند تعقيم المياه بالأوزون زيادة الكمية المضافة قليلا للتخلص من أي مواد تسبب تغييرا في الطعم والرائحة ومن عيوب هذه الطريقة أن الأوزون المتخلف لا يبقى في الماء أكثر من 30 دقيقة حيث يتحول الأوزون إلى أكسجين وبالتالي فإن المياه بالشبكة لا تحتوى على أوزون لحماية المياه من التلوث. وإنتاج الأوزون من الهواء الجوي يحتاج إلى أجهزة كهربائية خاصة لتوليد الأوزون غالية الثمن بالإضافة إلى أعمال الصيانة والتشغيل التي يجب أن تتم على أرقى مستوى فنى. ولهذا فإن هذه الطريقة غير شائعة في دول العالم الثالث.

3-2-2 الازالة بالتهوية :

تطبق تهويه الماء من أجل :

1- التخفيف او الازالة الاليه للشوائب الغازية او الطيارة مثل ثاني اوكسيد الكربون او كبريتيت الهيدروجين او الروائح .

2- الاكسدة الكيميائية لشوائب مثل الحديد ثنائي التكافؤ او المنجنيز الثنائي .

أن تهوية المياه التي تحتوي على الحديد هي تطبيق شائع لأن أكسدة الحديد الثنائي الى هيدروكسيد الحديد الثلاثي يحول الحديد الذواب الى مادة غير ذوابة, يمكن إزالتها بالترسيب والترشيح وفي معظم المياه التي تحتوي على قدر ملحوظ من قلوية البيكربونات, تتحول بيكربونات الحديد الذوابة بسرعة كبيرة إلى هيدروكسيد الحديد.

1-3 المواد والطرق:

1-1-3 المواد الكيميائية :

1- كبريتات الحديد النشارية سداسية ماء التبلىر.

- Ammonium Ferrous Sulphat

2- برمنجنات البوتاسيوم.

- Potassium Permanganate

3- حمض الكبريتيك المخفف (2M)

Diluted Sulfuric Acid

4- ماء مقطر

Distilled Water

5- ماء الصنوبر

Tap Water

6- هيبوكلوريت الكالسيوم

Calcium Hypochlorite

7- Poly aluminum chloride(PAC)

2-1-3 الأجهزه والأدوات :

- ميزان حساس Balance

- جهاز Mini Air Compressor

3-1-3 الادوات الزجاجية :

- سحاحة Burette

- ماصة Pipette

- ورق ترشيح Filter Paper

- دورق معايرة Conical Flask

- حامل Stand

- قمع Funnel

- قطارة Dropper

- كأس Beaker

- ساق زجاجية Glass rod

2-3 تحضير المحاليل الكيميائية :

1-2-3 تحضير محلول الحديد (558PPm):

حضر محلول من كبريتات الحديد النشادرية

(558PPm) 0.01M بتركيز $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

بإذابة 11.7639g من كبريتات الحديد النشادرية سداسية ماء التبلى في ماء في كأس سعة 100ml ثم نقلت نقلا كيميا لدورق حجمي سعة 3L واكمل حتى العلامة .

2-2-3 تحضير برمنجنات البوتاسيوم:

تم وزن 0.79015g من برمنجنات البوتاسيوم الصلبة في كأس سعة 100ml ثم اذيت في قليل من الماء المقطر. سخن المحلول قليلا ثم رشح للتخلص من الأجزاء الصلبة ثم نقل المحلول نقلا كيميا لدورق حجمي سعة 250ml وأكمل الحجم بالماء المقطر حتى العلامة.

3-2-3 تحضير الكلور (6500PPm):

وزن 1g من هيبوكلوريت الكالسيوم في كأس سعة 100ml ثم ذوب بقليل من الماء المقطر ونقل نقلا كيميا لدورق حجمي سعة 50ml وأكمل الحجم حتى العلامة بالماء المقطر.

3-3 الطرق :

1-3-3 الأوكسدة بالهواء

عرض المحلول 1-2-3 للهواء المتولد من mini Air compressor ثم اخذ 10ml من المحلول وعویر ضد محلول برمنجنات البوتاسيوم (المحضرة حديثاً) في ازمدة مختلفة 0،5،10، 30 دقيقة وذلك بإضافة 1ml من حمض الكبريتيك المخفف 2M .

2-2-3 الاكسدة بالكلور :

اخذت اربعة كاسات واضيف لكل كاس 100 ml من المحلول 1-2-3 وإضيفت إليها أحجام مختلفة من المحلول 3-2-3 0,1,2,3 ml. ثم سحبت 10 ml واضيف اليها 1mL من حمض الكبريتيك المخفف 2M وعویر ضد محلول برمنجنات البوتاسيوم المحضرة حديثاً.

1-4 النتائج :

: 1-2-2-3

- قبل الأكسدة:

الحجم المستهلك $\pm 0.05 / \text{ml}$	القراءة النهائية $\pm 0.05 / \text{ml}$	القراءة الابتدائية $\pm 0.05 / \text{ml}$	رقم التجربة
1.00	8.00	7.00	1
1.00	9.00	8.00	2
1.00	10.00	9.00	3

الحسابات :

$$(M.V/n)_{\text{Fe}^{+2}} = (M.V/n)_{\text{MnO}_4^-}$$

$$M * 10 / 5 = 0.02 * 1 / 1$$

$$M_{\text{Fe}^{+2}} = 0.01M$$

$$\text{g/L} = M * M.Wt$$

$$= 0.01 * 55.8$$

$$= 0.558 \text{ g/L}$$

$$\text{Ppm} = 0.558 * 1000$$

$$= \mathbf{558 \text{ ppm}}$$

- بعد مرور 5 دقائق :

الحجم المستهلك ± 0.05 /ml	القراءة النهائية ± 0.05 /ml	القراءة الابتدائية ± 0.05 /ml	رقم التجربة
1.00	16.00	15.00	1
1.00	17.00	16.00	2
1.00	18.00	17.00	3

$$(M*10/5)Fe^{+2} = (0.02*1)MnO_4^-$$

$$MFe^{+2} = 0.01M$$

$$g/L = M*M.Wt$$

$$= 0.01*55.8$$

$$= 0.558 g/L$$

$$ppm = g/L*1000$$

$$ppm = 0.558*1000$$

$$ppm = 558 ppm$$

- بعد مرور 10 دقائق:

الحجم المستهلك ± 0.05 /ml	القراءة النهائية ± 0.05 /ml	القراءة الابتدائية ± 0.05 /ml	رقم التجربة
0.90	16.90	16.00	1
0.90	17.90	17.00	2
0.90	18.90	18.00	3

$$(M*10/5)Fe^{+2} = (0.02*0.9)MnO_4^-$$

$$MFe^{+2} = 0.009M$$

$$g/L = 0.009*55.8$$

$$= 0.5022 g/L$$

$$ppm = 0.5022*1000$$

$$= 502.2 ppm$$

$$\%10 = 100 * (558 / (502.2 - 558)) = \text{نسبة الإنخفاض}$$

- بعد مرور 15 دقيقة:

رقم التجربة	القراءة الابتدائية ±0.05 /ml	القراءة النهائية ±0.05 /ml	الحجم المستهلك ±0.05 /ml
1	18.00	18.90	0.90
2	20.00	20.80	0.80
3	21.00	21.80	0.80

$$0.83 \text{ ml} = 3 / (0.8 + 0.8 + 0.9) = \text{متوسط الحجم}$$

$$(M \cdot 10 / 5) \text{Fe}^{+2} = (0.02 \cdot 0.83) \text{MnO}_4^-$$

$$M \text{Fe}^{+2} = 0.0083 \text{M}$$

$$\text{g/L} = 0.0083 \cdot 55.8$$

$$= 0.4631 \text{ g/L}$$

$$\text{ppm} = 463.1 \text{ ppm}$$

$$\%17 = 100 \cdot (558 / (463.1 - 558)) = \text{نسبة الإنخفاض}$$

- بعد مرور 20 دقيقة:

الحجم المستهلك ± 0.05 /ml	القراءة النهائية ± 0.05 /ml	القراءة الابتدائية ± 0.05 /ml	رقم التجربة
0.70	22.70	22.00	1
0.70	23.70	23.70	2
0.70	26.70	26.70	3

$$(M \cdot 10/5)Fe^{+2} = (0.02 \cdot 0.7)MnO_4^-$$

$$M_{Fe^{+2}} = 0.007 \text{ M}$$

$$g/L = 0.007 \cdot 55.8$$

$$= 0.3906 \text{ g/L}$$

$$ppm = 0.3906 \cdot 1000$$

$$= 390.6 \text{ ppm}$$

$$\%30 = 100 \cdot (558 / (390.6 - 558)) = \text{نسبة الإنخفاض}$$

بعد مرور 25 دقيقة :

الحجم المستهلك ± 0.05 /ml	القراءة النهائية ± 0.05 /ml	القراءة الابتدائية ± 0.05 /ml	رقم التجربة
0.70	30.70	30.00	1
0.70	31.70	31.00	2
0.70	32.70	32.00	3

$$(M \cdot 10/5) \text{Fe}^{+2} = (0.02 \cdot 0.7) \text{MnO}_4^-$$

$$M \text{Fe}^{+2} = 0.007 \text{ M}$$

$$\text{g/L} = 0.007 \cdot 55.8$$

$$= 0.3906 \text{ g/L}$$

$$\text{ppm} = 0.3906 \cdot 1000$$

$$= 390.6 \text{ ppm}$$

$$\%30 = 100 \cdot (558 / (390.6 - 558)) = \text{نسبة الإنخفاض}$$

بعد مرور 30 دقيقة :

رقم التجربة	القراءة الأبتدائية ± 0.05 /ml	القراءة النهائية ± 0.05 /ml	الحجم المستهلك ± 0.05 /ml
1	1.00	1.60	0.60
2	1.60	2.20	0.60
3	2.20	2.80	0.60

$$(M*10/5)Fe MFe+2 = (0.02*0.6)MnO4-$$

$$MFe+2 = 0.006 M$$

$$g/L = 0.006*55.8$$

$$= 0.3348 g/L$$

$$ppm = 0.3348*1000$$

$$= 334.8 ppm$$

$$\%40 = 100 * (558 / (334.8 - 558)) = \text{نسبة الإنخفاض}$$

مناقشة النتائج :

من النتائج اعلاه إتضح أن عملية الأكسدة بالهواء تظهر بوضوح بعد مرور عشرة دقائق على الأقل وتزداد عملية الأكسدة مع مرور الوقت مما يؤدي لانخفاض نسبة الحديد الموجودة في الماء وللحصول على نسبة إنخفاض 40% يجب تعريض الماء المحتوي على الحديد لعملية تهوية لمدة لا تقل عن 30 دقيقة مما يعني أن معدل إزالة الحديد بالاكسدة بالهواء تتناسب مع فترة تعرض الماء للهواء .

: 2-2-2-3

- قبل إضافة الكلور :

الحجم المستهلك ± 0.05 /ml	القراءة النهائية ± 0.05 /ml	القراءة الابتدائية ± 0.05 /ml	رقم التجربة
1.00	8.00	7.00	1
1.00	9.00	8.00	2
1.00	10.00	9.00	3

$$(M*10/5)Fe^{+2} = (0.02*1)MnO_4^-$$

$$MFe^{+2} = 0.01 M$$

$$g/L = 0.01*55.8$$

$$= 0.558 M$$

$$ppm = 0.558*1000$$

$$= 558 ppm$$

- بعد إضافة 1ml من الكلور :

رقم التجربة	القراءة الأبتدائية ± 0.05 /ml	القراءة النهائية ± 0.05 /ml	الحجم المستهلك ± 0.05 /ml
1	23.00	23.80	0.80
2	23.80	24.60	0.80
3	24.60	25.40	0.80

$$(M*10/5)Fe^{+2} = (0.02*0.8)MnO_4^-$$

$$MFe^{+2} = 0.008 M$$

$$g/L = 0.008*55.8$$

$$= 0.4464 g/L$$

$$ppm = 0.4464*1000$$

$$= 446.4 ppm$$

$$\%20 = 100 * (558/(446.4 - 558)) = \text{نسبة الإنخفاض}$$

بعد إضافة 2ml من الكلور :

الحجم المستهلك ± 0.05 /ml	القراءة النهائية ± 0.05 /ml	القراءة الابتدائية ± 0.05 /ml	رقم التجربة
0.40	28.10	27.70	1
0.40	28.50	28.10	2
0.40	28.90	28.50	3

$$(M*10/5)Fe^{+2} = (0.02*0.4)MnO_4^-$$

$$MFe^{+2} = 0.004 \text{ M}$$

$$g/L = 0.004*55.8$$

$$= 0.2232 \text{ g/L}$$

$$ppm = 0.2232*1000$$

$$= 223.2 \text{ ppm}$$

$$\%30 = 100 * (558/(223.2 - 558)) = \text{نسبة الإنخفاض}$$

بعد إضافة 3ml من الكلور :

الحجم المستهلك ± 0.05 /ml	القراءة النهائية ± 0.05 /ml	القراءة الابتدائية ± 0.05 /ml	رقم التجربة
0.30	3.30	3.00	1
0.30	3.60	3.30	2
0.30	3.90	3.60	3

$$(M \cdot 10/5)Fe^{+2} = (0.02 \cdot 0.3)MnO_4^-$$

$$M_{Fe^{+2}} = 0.003M$$

$$g/L = 0.003 \cdot 55.8$$

$$= 0.1674 \text{ g/L}$$

$$ppm = 0.1674 \cdot 1000$$

$$= 167.4 \text{ ppm}$$

$$\%70 = 100 \cdot (558 / (167.4 - 558)) = \text{نسبة الإنخفاض}$$

مناقشة النتائج :

من خلال النتائج المتحصل عليها إتضح أن نسبة الحديد الموجود في الماء تنخفض تدريجيا مع زيادة تركيز الكلور المضاف أي كلما زاد تركيز الكلور تزايد عملية الأكسدة , كما يلاحظ أن عملية الأكسدة تتم في فترة وجيزة.

مقارنة بين الأكسدة بالكلور والأكسدة بالهواء :

بناء على النتائج المتحصل عليها من الطريقتين إتضح أن الأكسدة بالهواء تتم في زمن أطول مقارنة بزمن الأكسدة بالكلور وأن معدل إنخفاض الحديد في حالة الأكسدة بالهواء يساوي تقريبا نصف الكمية في حالة الأكسدة بالكلور. الأكسدة بالكلور تتم في فترة وجيزة مقارنة بالأكسدة بواسطة الهواء.

2-4 المناقشة :

من النتائج إتضح أن إزالة الحديد عن طريق أكسدته في مياه الشرب باستخدام الهواء عند أزمنة مختلفة تزيد عملية الأكسدة مع زيادة زمن التعرض للهواء (يقل تركيز الحديد (II) في المياه) . وعند أكسدة الحديد باستخدام الكلور عند أزمنة ثابتة تزيد عملية الأكسدة بزيادة تركيز الكلور المضاف .

ووجد أن الطريقة الأفضل لإزالة الحديد من الماء هي أكسدته بواسطة الكلور .

1-5 الخاتمة:

الحمد لله الذي تتم بنعمته الصالحات ،الذي وفقنا بإتمام هذا البحث المتواضع في هيئة وصورته النهائية ، فإن كان لابد من قصور في اي عمل بشري فاننا نقدم هذا البحث في إطار الأهتمام بقضايا تنقية المياه ومعالجته .

ونتمني أن يمثل إضافة قليلة في هذا المجال والذي تناول وجود الحديد في الماء والترربة والمشاكل التي يسببها وكيفية ازالته من الماء باستخدام طريقتي الأكسدة بالهواء والكلور .

2-5 التوصيات :

- نوصي بإتمام هذا البحث وذلك بإجراء عمليات إزالة بطرق أكسدة أخرى.
- كما نوصي بإجراء عمليات تقدير أكثر دقة في تحديد تركيز الحديد خاصة بالطرق الآلية الأكثر تطورا .
- نوصي بزيادة الإهتمام بطرق معالجة المياه والبحوث المتعلقة بها .
- نوصي بإجراء أكسدة عن طريق الهواء في اوساط مختلفة .

المراجع

1/ دكتور/ السيد أحمد الخطيب ،كتاب تلوث الماء الجوفي ، المكتبة المصرية للطباعة والنشر 2004م .

2/ دكتور/ عبدالرحمن البشير ، عالم العناصر .

3/ دكتور /عصام محمد عبدالماجد ، الدكتور الطاهر محمد الدرديري، مرجع الماء ، آفاق للطباعة والنشر 1999م .

4/ مهندس/ إستثمار/ محمد أحمد السيد خليل ، مرجع الماء في الصناعة ، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع 2003م .

5/ مقدمة في كيمياء المياه الطبيعية ، تأليف غوردن باكنكوف ، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع .

ترجمة:

دكتور / صابر السيد منصور المسماري

دكتور/ سعد عبد محمد الجساني

6/ مشكلات مياه الشرب الدكتور محمد إسماعيل بدوي ،الدكتور شحاته السباعي حسن دار هبة النيل للنشر والتوزيع 2001م .

7/ روي هنتر ، مرجع الاسمدة ومحسنات التربة ، جامعة المختار البيضاء 1990م .

Water treatment for Industries ,Tarek Kakhia