الفصل الرابع

تنقية مياه الشرب

الفصل الرابع

تنقية مياه الشرب

يكمن فى الماء سر حياة الكائنات على الأرض ، وعليه يعتمد إستمرار الحياة وإزدهارها. ويدخل الماء بصوره أساسية فى تركيب جسم الانسان ، فأجسامنا تحتوى على نسبة ٦٠-٧٠٪ من وزنها ماءً ، ولايقتصر وجود هذا الماء على سوائل الجسم كالدم أو الليمف ، بل إنه يدخل أيضا فى تركيب الأنسجة على إختلاف أنواعها بنسب متفاوته تبعاً لطبيعة هذه الأنسجة.

والمحتوى المائى لجسم الانسان له أهمية كبيرة فى بقاء الجسم سليما وفى إنتظام الأعضاء فى آداء وظائفها الفسيولوجية بشكل منتظم ، فإذا فقد الجسم ١٠٪ من محتواه المائى حدث إختلالا فى وظائفه الفسيولوجية ، أما إذا وصلت تلك النسبة إلى ٢٠٪ فإنها قد تؤدى إلى الموت . ولذلك فإن معرفة مصادر الحصول على مياه الشرب للإنسان وكيفية معالجتها لتصبح صالحة للإستعمال الأدمى له أهمية كبيره خاصة فى الزمن القادم حيث بدأت موارد المياه العذبه تقل بالنسبة للزياده المتصاعده فى أعداد السكان، حتى بدأت تنشب الحروب بين الدول للسيطره على مصادر المياه.

والتعريف الفيزيائى للماء أنه سائل عديم اللون والطعم والرائحة ، له خصائص طبيعية متفرده عن باقى السوائل المعروفه ، كماأن له قدره فائقه على اذابة الكثير من المواد. أما من الناحية الكيميائية فالماء يتكون من اتحاد ذرتين من الهيدروجين وذرة من الأكسجين ، وهو لايوجد على الحالة النقية إطلاقا فى الطبيعة ، ولكنه يكون محتويا على بعض الشوائب أو الأملاح المعدنية أو الموادالكيماوية تبعا لمصدر الماء ، ولنتعرف الآن على أهم مصادره الطبيعية :

١- ماء المطر : وهو أنقى أنواع الماء الطبيعى وأقلها إحتواءً على الشوائب ، وأهم تلك الشوائب هى الغازات القابله للذوبان فى الماء مثل ثانى أكسيد الكربون والاكسجين وأكاسيد الكبريت والنيتروجين ، وتزداد تلك الشوائب بالطبع عند هطول المطر على المناطق الصناعية والمدن التى تنتشر فى سماءها الغازات والابخره الناتجة عن المصانع وعوادم السيارات.

٢- مياه الأنهار : تحتوى على كميات متفاوته من المواد الصلبه الناتجة من إنجراف تربة النهر ، كما أن هذا الماء يحتوى على بعض الأملاح الغير عضويه الذائبة.

٣- المياه الجوفية : وهى المياه التى تتسرب خلال طبقات الأرض السفلى من مياه المطر أو روافد الأنهار ، وهذه المياه إما أن تكون عيونا طبيعية تنفجر من تلقاء نفسها أو آبارا ينشئها الإنسان بنفسه . وفى حالة استعمال مياه الآبار القريبة من سطح الأرض تكون تلك المياه معرضه للتلوث غالبا نتيجة ما يصل إليها من ملوثات من البيئة المحيطه بها كمياه الصرف الصحى أو الزراعى ، أما مياه الآبار العميقه فتكون عادة صالحة للشرب بدون تنقية لأن هذه المياه تمر خلال طبقات مسامية نصف منفذة تعمل كمرشحات طبيعية لها كما تمتص منها محتوياتها من البكتيريا والجسميات العالقة بها.

٤- مياه البحار والمحيطات : وهذا الماء يحتوى على نسبة كبيره من الأملاح الذائبة قد تصل إلى ٥ر٣٪ وزنا ، وأهم هذه الأملاح الكلوريدات والكبريتات والكربونات لبعض الشقوق المعدنية مثل الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والماغنسيوم ، بالاضافة للكثير من المعادن الأخرى وبخاصة الثقيلة بنسب قليلة متفاوته.

ومن المشاكل الهامة التى تصادفنا أثناء استعمال الماء كمنظف مشكلة عسر

الماء وهو وجود نسبة كبيره من أملاح الكالسيوم والماغنسيوم ذائبة فى الماء ، وهى تسبب تكون طبقة من الأملاح عند إستعمال الصابون بدلا من الرغوه المعروفه. فإذا كانت هذه الأملاح موجوده على هيئة بيكربونات يعتبر عسر الماء مؤقتا حيث يمكن إزالته بغليان الماء ليحول أملاح البيكربونات إلى كربونات غير قابله للذوبان، أما إذا كانت عنصرى الكالسيوم والماغنسيوم موجودين على هيئة كبريتات فيسمى العسر بالعسر الدائم حيث لايمكن التخلص منه بالحرارة .

ومما يجب ملاحظته أن الماء شديد اليسر يكون غير مناسبا للاستعمال العام لأن طعمه غير مستساغ لخلوه من ثانى أكسيد الكربون والأملاح ، وكذلك لأنه يعمل على إذابة عنصر الرصاص من الأنابيب المصنوعه منه أثناء توصيله للمنازل، وأملاح الرصاص كما نعلم من الأملاح السامه شديدة الخطورة على المدى البعيد.

بعد هذه النبذه المختصرة عن مصادر المياه الطبيعية ، وبعد أن تعرفنا على الأنواع المختلفة للملوثات الكيميائية التى تصيب البيئة بصفة عامه والمياه بصفة خاصة، يجب علينا أن نتعرف على طرق تنقية المياه المستخدمة فى الشرب . وهذه المياه تختلف تبعا لمصدرها وطبيعة الموادالموجوده بها ولذلك تختلف طرق معالجتها من مكان لآخر، ولذلك سنعرض للطرق الشائعة المستخدمة فى معالجة مياه الشرب بصفه عامة.

وأول معالجة للمياه تتم عن طريق إمرار تيار قوى من الهواء لإزالة الغازات الذائبة فى الماء مثل غاز كبريتيد الهيدروجين وكذلك للتخلص من المواد العضوية القابلة للتطاير ، وتؤدى هذه العملية لتحسين خواص الماء من ناحية الرائحة لأن هذه المواد يكون لها رائحة وطعم غير مقبولين. كما أن لإمرار الهواء الجوى ميزه أخرى إذ أنه لاحتوائه على نسبة كبيره من الأكسجين يؤدى إلى أكسدة بعض الموادالعضوية

سهلة التأكسد والتى توجد ذائبة فى الماء يحولها إلى غاز ثانى أكسيد الكربون الذى يتصاعد بدوره الى الهواء الجوى. وفى بعض الأحوال يتم التخلص من المواد العضوية المذابة فى الماء بإمراره على فحم نباتى نشط لإمتزاز تلك المواد على سطحه ، ولكن هذه الطريقة مكلفه ماديا ونادرا ما يتم استخدامها . ومن المزايا الهامه الأخرى لإمرار تيار الهواء أن يعمل على أكسده أملاح الحديدوز Fe^{2+} الذائبة فى الماء ويحولها إلى أيونات حديديك Fe^{3+} لتترسب على هيئة هيدروكسيد حديديك $Fe(OH)_3$ وبالتالى يسهل التخلص منها على تلك الهيئة الصلبه ، وتوضح المعادلة التالية ناتج هذا التفاعل :

$$Fe^{3+} + 3\,OH^- \text{ ---------- } Fe(OH)_3$$

وبفعل التقليب المستمر للمياه نتيجة إمرار تيار الهواء تترسب الجزيئات الصلبة الكبيره نسبيا فى الحجم مما يسهل فصلها بعملية الترشيح بعد ذلك ، أما بالنسبة للمواد الدقيقة الغير ذائبة فتظل عالقة فى المحتوى المائى نتيجة تواجدها على شكل دقائق غرويه وهى تتراوح فى أنصاف أقطاره بين ٠٫٠٠١ إلى ١ ميكرومتر وهى غالبا ما تكون جزيئات أو أيونات يحمل سطحها الخارجى مجموعات متأينه يتسبب وجودها فى حدوث تنافر بين بعضها البعض مما يمنع ترسبها ، وهذه الخاصية معروفه بالنسبة للجزيئات الغرويه وللتخلص من هذه الدقائق العالقه فى المياه يضاف ملح كبريتات الحديديك $Fe_2(SO_4)_3$ أو ملح كبريتات الألومنيوم $Al_2(SO_4)_3$ أو ما يعرف بالشب Alum ويجب أن يتم ذلك فى الماء المتعادل أو القلوى الضعيف حتى يتم تكوين هيدروكسيد الحديديك $Fe(OH)_3$ أو هيدروكسيد الألومنيوم $Al(OH)_3$

تبعا للملح المضاف ويؤدى تكون هذه الهيدروكسيدات إلى إجتذاب الدقائق العالقة ودمجها فى داخل الرواسب مما يسهل التخلص منها بعد ذلك بترسيبها ، كما يؤدى إلى تخليص المياه من أيونات الهيدروكسيد الموجوده بها وخاصة بالنسبة للمياه القلويه ويحولها إلى مياه متعادلة يقترب أسها الهيدروجينى من الرقم ٧.

والخطوة التالية لذلك هى التخلص من أيونات الماغنسيوم Mg^{2+} والكالسيوم Ca^{2+} التى قد تكون موجوده بالماء وخاصة المستخرج من الآبار ، وهذه الأيونات كما هو معروف تسبب عسر الماء. ويتم التخلص من أيونات الكالسيوم بإضافة ملح من أملاح الفوسفات القابلة للذوبان فى الماء لتتفاعل مع أيونات الكالسيوم الذائبة وتكون ملح فوسفات الكالسيوم الذى لايذوب فى الماء تبعا للمعادلة :

$$Ca^{2+} + HPO_4^{2-} \text{ ---------- } Ca\,HPO_4$$

وقد يستعمل ملح كربونات الصوديوم بدلا من أملاح الفوسفات لترسيب الكالسيوم على هيئة كربونات كما يتضح ممن المعادلة :

$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \text{ ---------- } Ca\,CO_3$$

وللتخلص من أيونات الماغنسيوم يتم ترسيبها على هيئة هيدروكسيد ماغنسيوم $Mg(OH)_2$ بجعل الماء ضعيف القلوية (برفع الأس الهيدروجينى قليلا فوق قيمة ٧) . ويعد التخلص من الرواسب المتكونه بالترشيح يتم ضبط الأس الهيدروجينى مره

أخرى بإمرار غاز ثانى أكسيد الكربون لمعادلة القلوية الزائدة للماء.

وتأتى بعد ذلك خطوة هامة وهى تنقية المياه من البكتيريا الضاره والفيروسات الموجوده بها باستعمال عامل مؤكسد قوى للتخلص من هذه الكائنات الضارة ، وغالبا ما يستعمل غاز الأوزون O_3 المحضر حديثا ويمرر لفترة حوالى ١٠ دقائق لتطهير المياه. كما يستعمل غاز ثانى أكسيد الكلور ClO_2 لنفس الغرض فى بعض مناطق أمريكا الشمالية وأوربا ، والغاز يوجد على هذه الصوره كشق حر لفوق الأكسيد Peroxy free radical وهو من العوامل المؤكسده القوية ولايترك عند تفاعله موادا ضاره تؤثر على صلاحية المياه للشرب ويتركز فعله على استخلاص الإلكترونات من المواد العضوية الموجوده بالماء مسببا أكسدتها، وينتج عن هذا التفاعل جزيئات من الماء وأيونات الكلوريد كما فى المعادلة :

$$ClO_2 + 4H^+ + 5e^- \text{ ---------- } Cl^- + 2\,H_2O$$

وهذا الغاز غير قابل للتخزين أو للاحتفاظ به بتركيزات عالية لأنه قابل للانفجار ولذلك يتم استعماله بعد انتاجه مباشرة كما هو الحال مع غاز الاوزون.

ويستعمل أيضا غاز الكلور لنفس الغرض ، وهو شائع الاستعمال لرخص تكلفته وإمكانية تخزينه وسهولة نقله.

ومن المواد الكيميائية عالية الفعالية لقتل الكائنات الحية الدقيقه حمض الهيبوكلوروس HOCl Hypochlorous acid الذى يقتل الكائنات الدقيقة بالنفاذ خلال أغشيتها الخارجية ، وهو سريع المفعول ولكن من عيوبه عدم الثبات ولذلك

لايمكن تخزينه بتركيزات عاليه ، ويستعمل بدلا منه غاز الكلور وهو من أكثر المواد المستعملة على المستوى العالى لتنقية مياه الشرب حيث أنه رخيص الثمن ويمكن انتاجه بكميات وفيره وتخزينه ونقله بأمان تام.

وتوضح المعادلة التالية ناتج ذوبان غاز الكلور فى الماء حيث ينتج حمض الهيبوكلوروس وصورته الغير متأينه فى درجة حموضة ضعيفه او عندما يكون الماء متعادلا:

$$Cl_2 + H_2O \text{ ---------- } HOCl + H^+ + Cl^-$$

ولكن عند رفع درجة pH للماء يحدث تأين لهذا الحامض ليصبح على الصورة OCl^- التى تقل قدرتها على النفاذية خلال أغشية البكتيريا مقارنة بالحمض الغير متأين وذلك بسبب الشحنه السالبة التى يحملها .

والمشكلة التى تظهر عند استعمال الكلور كمطهر للماء هى تكوين مادة تسمى Trihalomethane ثلاثى هالوميثان الذى له صيغة كيميائية عامه CHX_3 حيث $X = CL$ أو Br ومن أخطر هذه المركبات الناتجة المركب المعروف بالكلوروفورم Chloroform $CHCl_3$ ، وهو ينتج عند تفاعل حمض الهيبوكلوروس مع المواد العضوية التى قد تكون ذائبة فى الماء ، ويعتقد أن هذه المادة من مسببات مرض سرطان الكبد فى الإنسان حتى لو وجدت بكميات ضئيلة جدا ، ولذلك فكثير من البلاد المتقدمه تفضل استعمال غاز الأوزون بدلا من الكلور.

وفى بعض الاحيان تستخدم الاشعة فوق البنفسجية لتنقية المياه من

الميكروبات لما لها من قدرة على القضاء على الكائنات الميكروبية الدقيقة. أما أحدث التقنيات فى مجال تنقية مياه الشرب بدون إستخدام الكيماويات فهى استخدام تكنولوجيا الأغشية الرقيقة بامرار المياه تحت ضغط ثابت خلال غشاء رقيق فتحاته لايزيد قطرها عن ١ نانومتر (1 nanometer) وهى تسمح بمرور جزيئات الماء فقط وتمنع البكتيريا والفيروسات وأى مركبات أخرى من المرور وبخاصة المركبات العضوية التى يسبب وجودها إعادة تواجد ونشاط البكتيريا ونموها مره أخرى فى المياه . وهذه التكنولوجيا تستخدم ايضا فى ازالة ملوحة مياه البحار ، ولكن يعيبها إرتفاع تكاليفها .

وبعد كل هذه العمليات المتتابعة يرجع الماء سيرته الأولى طهورا صالحا للشرب بعد التخلص من مسببات التلوث، كما أنزله الله سبحانه وتعالى من السماء نقيا طاهرا ، وصدق الله العظيم اذ يقول **وَهُوَ الَّذِي أَرْسَلَ الرِّيَاحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ وَأَنزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً طَهُورًا** (الآية ٤٨، سورة الفرقان) .

المراجع العربية

١- " التلوث مشكلة اليوم والغد" ، د. توفيق محمد قاسم ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، سلسلة العلم والحياة ، ١٩٩٥.

٢- " التلوث البيئى وسبل مواجهته" ، د. محمد نبهان سويلم ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، سلسلة العلم والحياة، ١٩٩٨.

٣- " البيئة والانسان"، د. زين الدين عبد المقصود ، منشأة المعارف بالاسكندرية، الطبعة الثانية ، ١٩٩٧.

٤- " علم البيئة" ، د. علياء حاتوغ - بوران ، محمد حمدان أبو ديه، دار الشروق، بيروت ، الطبعة الأولى، ١٩٩٤.

٥- " ملوثات البيئة " ، د. محمد بن ابراهيم الحسن ، د. ابراهيم بن صالح المعتاز، مكتبة الخريجى (الرياض) ، الطبعة الثانية ، ١٩٩٥.

٦- " البيئة والصحة العامة" ، د. احسان على محاسنه، دار الشروق ، بيروت، الطبعة الأولى، ١٩٩٢.

٧- " مجلة عالم الفكر"، المجلد الحادى والعشرون - العدد الأول - سبتمبر ١٩٩١.

٨- " تجارب فى التلوث البيئى" ، د. فهمى حسن أمين العلى، الناشر المؤلف، الطبعة الأولى ، ١٩٩١.

٩- " الحشرات والإنسان" ، د. عفيفى محمود ، الدار المصرية للتأليف والترجمة، ١٩٦٥.

١٠- " المدخل إلى العلوم البيئية" ، د. سامح غرايبه، د. يحيى الفرحان، دار الشروق، عمان، الطبعة الأولى، ١٩٨٧.

١١- " البلاستيك وتأثيراته الصحية والبيئية"، د. أحمد مجدى حسين، الهيئة المصرية العامةللكتاب، القاهرة، ١٩٩٧.

١٢- " الوقاية من الاشعاع والتلوث" ، قصى رشيد سعيد، منشورات منظمة الطاقة الذرية العراقية، بغداد، ١٩٨٦.

١٣- " التلوث البيئى والهندسة الوراثية" ، د. على محمد على عبدالله، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة، ١٩٩٨.

١٤- " أسلحة الدمار الشامل"، د. محمد زكى عويس ، دار المعارف، القاهرة، الطبعة الأولى، ١٩٩٦.

١٥- " وجعلنا من الماء كل شئ حى"، د. محمد رشاد الطوبى،دار المعارف، القاهرة، الطبعة الثانية، ١٩٩٢

المراجع باللغة الانجليزية

1- Environmental Analytical Chemistry, F.W. Fifield and P.J. Haines, Blackie Academic and Professional, London 1st Edn., 1995.

2- Pollution : Ecology and Biotreatment, S. McEdwney. D.J. Hardman and S.Waite,Longman Scientific & Technical, London, 1st Edn., 1993.

3- Environmental Ecology, B. Freedman, Academic Press. San Diego, 1989.

4- Ecotoxicology : The Study of Pollutants in Ecosystems. 2 nd Edn., Academic Press, London, 1990.

5- The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects, Pergamon Press, Oxford, 1990.

6- Environmental Chemistry, P. O'Neill, 2nd Edn., Chapman & Hall, London,1993.