دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال چهاردهم، شماره‌ی ٥٦
زمستان ١٤٠٢، صفحات ١٨-٧

آهن و منگنز در آب آشامیدنی: مروری بر منابع، انوع، استانداردها، اثرات بهداشتی و زیست محیطی و روش‌های حذف

محمد صفری
دانشکده پزشکی، واحدکرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران
احمد هاشمی اصل
مرکز تحقیقات سلامت و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
مهران دولتخواه
گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
غلامحسین صفری *
گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
Email: hsafari13@yahoo.com

چکیده

آهن و منگنز مواد معدنی طبیعی هستند که عمدتا در آب‌های زیرزمینی و به ویژه در آب چاه‌های عمیق یافت می‌شوند. وجود آهن و منگنز در آب آشامیدنی در مقادیر مجاز خطری برای سلامتی انسان ندارد. در عوض هر دو دارای استانداردهای ثانویه یا توصیه شده برای آب آشامیدنی هستند زیرا باعث مشکلات زیبایی‌شناختی می‌شوند که ممکن است آب را برای آشامیدن و سایر مصارف خانگی نامطلوب و ناخوشایند کند. وجود هر دو اغلب منجر به ایجاد لکه روی البسه، از دست رفتن رنگ تاسیسات لوله کشی و همچنین ایجاد طعم و ظاهر ناخوشایند در آب آشامیدنی می‌شود. آهن و منگنز موجود در آب با چشم غیر مسلح قابل دیدن نیست و عملا آب شفاف و بدون آلودگی است ولی هنگامی که با اکسیژن ترکیب شوند به سرعت منجر به ایجاد لکه‌هایی نارنجی، قهوه‌ای و یا سیاه می‌شود. لکه‌های سیاه ایجاد شده ناشی از وجود منگنز لکه‌های قهوه‌ای و نارنجی ایجاد شده ناشی از وجود آهن در آب می‌باشد. روش‌های تصفیه بستگی به غلظت و شکل آهن و منگنز در آب دارد. بنابراین، آزمایش دقیق آب و تعیین نوع و میزان آهن و منگنز قبل از تصفیه مهم است. با توجه به اهمیت این عناصر در آب آشامیدنی، هدف از این مقاله، مروری بر منابع، استاندارد، نوع، اثرات بهداشتی و زیست محیطی و روش‌های حذف یا کاهش آهن و منگنز در آب آشامیدنی است.

کلید واژه: آهن و منگنز، آب آشامیدنی، اثرات بهداشتی، استاندارهای ثانویه، مشکلات زیباشناختی.

مقدمه

آهن و منگنز از آن دسته املاحی هستند که مقدار آن‌ها در آب‌های زیرزمینی بسیار فراوان می‌باشد. این نوع املاح در آب به دلیل وجود بسترهای سنگی در داخل زمین به وجود می‌آیند. آب با عبور و تماسی که با این نوع سنگ‌های زیرزمینی بر قرار می‌کند، موجب به وجود آمدن آهن و منگنز در خود می‌شود. میزان غلظت آهن و منگنز در آب‌ها به مدت زمانی که آب با این نوع سنگ‌ها در تماس می‌باشد بستگی دارد.

آب‌های چشمه و چاه دارای مقادیر فراوانی آهن و منگنز می باشند که با چشم غیر مسلح قابل مشاهده نیست و عملا آب صاف و بدون آلودگی می‌باشد ولی در ترکیب با اکسیژن به سرعت لکه‌هایی نارنجی یا قهوه‌ای و سیاه ایجاد می‌کنند که لکه‌های سیاه ایجاد شده ناشی از وجود منگنز و لکه‌های قهوه‌ای و نارنجی ناشی از وجود آهن در آب می‌باشد. آهن و منگنز عناصر فلزی هستند که در بسیاری از انواع سنگ‌ها وجود دارند.

این عناصر هر دو معمولاً در آب یافت می‌شوند و جز عناصر ضروری هستند که به مقادیرکم، مورد نیاز همه موجودات زنده هستند. غلظت آهن و منگنز در آب‌های زیرزمینی اغلب بیش‌تر از غلظت‌های اندازه‌گیری شده در آب‌های سطحی است[۱].

وجود آهن و منگنز در آب چاه‌ها معمولا به دلیل وجود بستر سنگی در آب‌های زیرزمینی است که منجر به ایجاد طعم و لکه‌های بیش از حد فلزی می‌شوند [۴-۲]. غلظت آهن و منگنز در آب چاه‌ها به صورت فصلی در نوسان بوده و بسته به عمق، موقعیت چاه و زمین شناسی یک منطقه متفاوت می‌باشد. آهن و منگنز به طور طبیعی در آب‌های زیرزمینی دارای اکسیژن کم یا بدون اکسیژن، معمولاً در چاه‌های عمیق‌تر (اما نه همیشه)، در مناطقی با جریان آب زیرزمینی کند، و در مناطقی که آب‌های زیرزمینی در خاک‌های غنی از مواد آلی جریان دارد، وجود دارند [۱].

آهن و منگنز عناصر فلزی رایجی هستند که در پوسته زمین هم‌زمان با هم وجود دارند. نفوذ آب در خاک و سنگ می‌تواند مواد معدنی حاوی آهن و منگنز را حل کرده و آن‌ها را در محلول نگه دارد [۵].

این عناصر معمولاً در آب‌های زیرزمینی و برخی از آب‌های سطحی که ورودی آب زیرزمینی قابل توجهی دارند یافت می‌شوند [۶]. آن‌ها بیش‌تر به شکل دو ظرفیتی احیا شده محلول و به‌صورت یون‌های آهن (Fe^{2+}) و منگنز (Mn^{2+}) وجود دارند. وجود آهن و/ یا منگنز محلول در برخی دریاچه‌ها و مخازن عمیق ممکن است به دلیل طبقه‌بندی[1] آب‌ها باشد که منجر به ایجاد شرایط بی‌هوازی در ناحیه کف آب و انحلال آهن و منگنز از رسوبات کف می‌شود. گونه‌های محلول متعاقباً با چرخش سالانه در پیکره آبی پخش می‌شوند [۶]. آهن و منگنز به عنوان پارامترهای شاخص طبقه بندی می‌شوند که عمدتاً شامل اجزایی هستند که اهمیت حیاتی برای سلامتی ندارند. وجود آن‌ها در آب منجر به ایجاد رنگ و همچنین طعم و بو و ظاهر ناخوشایند می‌شود [۷].

آب‌های حاوی آهن و منگنز در اثر قرارگرفتن در معرض هوا یا اکسیژن و اکسیداسیون آهن و منگنز به Fe^{3+} و Mn^{4+} تیره و کدر می‌شوند و رسوبات کلوئیدی را تشکیل می‌دهند. سرعت اکسیداسیون سریع نبوده و اشکال احیا شده می‌توانند برای مدتی در آب‌های هوادهی باقی بمانند. وجود آهن و منگنز در آب، تصفیه آب را با چالشی پیوسته در راستای یافتن روش‌های حذف بهتر و مطمئن‌تر مواجه می‌سازد [۷].

حذف آهن و منگنز شامل دو مرحله است: (الف) یک فرآیند اکسیداسیون که در آن اشکال محلول آهن و منگنز اکسید شده و رسوبات نامحلول تشکیل می‌دهند و (ب) فرآیند جداسازی جامد که در آن مواد رسوب‌شده از آب حذف می‌شوند [۶].

[1] Stratification

فرآیند اکسیداسیون ممکن است یک واکنش شیمیایی مستقیم باشد، جایی که گیرنده الکترون ممکن است اکسیژن یا یک عامل اکسیدکننده قوی مانند کلر، دی اکسید کلر، ازن یا پرمنگنات پتاسیم باشد. این روش به ویژه زمانی که آهن با مواد آلی ترکیب شده و یا آب حاوی باکتری‌های آهن/ منگنز هست، مفید می‌باشد [۸].

میزان رسوب شیمیایی آهن و منگنز بسیار تحت تأثیر محیط pH/Eh است. آهن و منگنز رسوب‌شده شیمیایی در یک فرآیند فیلتراسیون ثقلی تند یا فشاری حذف می‌شوند. واکنش‌های اکسیداسیون/ احیا آهن و منگنز به‌صورت زیر است:

$$4\ Fe^{2+} + O_2 + 8\ OH^- + 2\ H_2O = 4\ Fe(OH)_3,$$
$$2\ Fe^{2+} + Cl_2 + 6\ OH^- = 2\ Fe(OH)_3 + 2\ Cl^-.$$

مواد و روش‌ها

– منابع آهن و منگنز

رایج‌ترین منابع آهن و منگنز در آب‌های زیرزمینی، همانند هوازدگی آهن، مواد معدنی و سنگ‌های حاوی منگنز به صورت طبیعی می‌باشد. پساب‌های صنعتی، زهکشی معادن اسیدی، فاضلاب و شیرابه‌های دفن پسماند نیز ممکن است آهن و منگنز را به آب های‌زیرزمینی محلی انتقال دهند [۱].

آهن و منگنز در منابع آب در نتیجه فرآیندهای طبیعی شامل فرسایش حوضه و انحلال آهن و/یا منگنز حاوی رسوبات و مواد معدنی در یا نزدیک سطح مشترک رسوب و آب وجود دارند [۹].

آهن و منگنز جز عناصر طبیعی زمین بوده خطرناک نمی‌باشند، اما می‌توانند در تامین آب مشکل‌ساز باشند. آهن و منگنز از نظر شیمیایی مشابه هم بوده و مشکلات مشابهی را ایجاد می‌کنند. آهن عمدتا در آب‌ها یافت می‌شود، در حالی که منگنز معمولاً در آب‌های حاوی آهن یافت می‌شود [۱۰].

آهن و منگنز عناصر طبیعی در خاک، سنگ‌ها و مواد معدنی هستند.

آن‌ها اغلب به طور طبیعی در چاه‌های عمیق‌تر که در آن آب‌های زیرزمینی اکسیژن کمی دارند یا اصلاً اکسیژن ندارند و خاک‌ها غنی از مواد آلی هستند، رخ می‌دهند. آهن و منگنز اغلب با هم وجود دارند، اما منگنز معمولاً در غلظت‌های پایین‌تر از آهن یافت می‌شود.

همان‌طور که آب در خاک و سنگ نفوذ می‌کند، می‌تواند مواد معدنی حاوی آهن و منگنز را حل کند و آن‌ها را در محلول نگه دارد. خوردگی و فرسودگی لوله‌های آهنی قدیمی نیز ممکن است یکی از منابع آهن در آب باشد. وجود آهن و منگنز در آب‌های زیرزمینی نیز ممکن است ناشی از فعالیت‌های مصنوعی منابع آلودگی از قبیل فعالیت‌های صنعتی، معدنی، فاضلاب و شیرابه‌های محل دفن پسماند باشد و یا توسط آن‌ها تشدید شود [۱۱].

منابع طبیعی آهن و منگنز در چاه‌های عمیق که آب برای مدت طولانی‌تری در تماس با سنگ بوده، رایج‌تر است. این عناصر و به‌ویژه آهن، به دلیل استفاده گسترده در منابع مختلف تجاری، از جمله فعالیت‌های معدنی، صنایع تولید فلز، ریخته‌گری و ذوب، لوله‌کشی ساختمان، قطعات کالا، محصولات جانبی احتراق و غیره، یکی از عمده‌ترین آلاینده‌های محیطی رایج هستند. در مناطق معادن زغال سنگ، این فلزات ممکن است از فعالیت‌های معدنی عمیق و سطحی نیز ایجاد شوند.

آهن و منگنز اغلب با هم در آب‌های زیرزمینی وجود دارند، اما منگنز معمولاً در غلظت‌های بسیار پایین‌تری نسبت به آهن وجود دارد. هم آهن و هم منگنز به آسانی در منابع آب آشامیدنی ظاهر می‌شوند. هر دو طعم فلزی قوی به آب می‌دهند و باعث ایجاد لکه می‌شوند. آب چاه‌ها و چشمه‌های حاوی آهن و/ یا منگنز، ممکن است در ابتدا بی‌رنگ به نظر برسند، اما لکه‌ها یا ذرات نارنجی قهوه‌ای (آهن) و یا سیاه (منگنز) به سرعت با قرارگرفتن آب در معرض اکسیژن ظاهر می‌شوند [۱۱–۱۰].

– استانداردهای آهن و منگنز در آب آشامیدنی

آب‌های حاوی مقادیر زیادی از آهن و منگنز سبب ایجاد لکه روی البسه، از دست رفتن رنگ تاسیسات لوله‌کشی و بعضی وقت‌ها تشکیل منظره و مزه زنگاری آب می‌گردند. آب‌های

زیرزمینی معمولا شامل مقادیر بالای آهن و منگنز نیستند، اما آهن و منگنز مکررا در سیستم‌های آبی بهره مند از آب زیر زمینی یافت می‌شوند.

آهن و منگنز برای سلامتی آب آشامیدنی نگران کننده نیستند. در عوض، هر دو دارای استانداردهای ثانویه یا توصیه شده برای آب آشامیدنی هستند زیرا باعث مشکلات زیبایی شناختی می‌شوند که آب را برای استفاده نامطلوب می کند و با ایجاد طعم فلزی تلخ، آب را برای مصرف انسان و حیوانات ناخوشایند می‌کند. در واقع، استانداردهای ثانویه آب آشامیدنی، رهنمودهای غیرقابل اجرا برای آلاینده‌هایی هستند که در غلظت‌های بالاتر از استاندارد، ممکن است اثرات زیبایی شناختی قابل اعتراضی از قبیل طعم، رنگ یا بو داشته باشند، اما منجر به ایجاد اثرات نامطلوبی برای سلامتی نمی‌شوند [۱۲].

آهن همچنین می‌تواند باعث ایجاد لکه نارنجی یا قهوه‌ای در سینک ظرفشویی و لباسشویی شود. منگنز اغلب منجر به ایجاد لکه سیاه متراکم یا جامد می‌شود. آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA[۲])، استاندارد ثانویه آب آشامیدنی برای آهن و منگنز را به‌ترتیب ۰/۳ و ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر اعلام کرده است، زیرا سطوح بالاتر برای مصارف صنعتی و خانگی نامطلوب می‌باشد.

همچنین، بر اساس توصیه سازمان جهانی بهداشت (WHO)، آهن و منگنز به ترتیب در غلظت‌های بالاتر از ۰/۳ و ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر، بایستی از آب حذف شوند. همچنین اتحادیه اروپا، سطح ایمن برای آهن و منگنز را به ترتیب ۰/۲ و ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر اعلام کرده است [۱۴- ۱۳].

همچنین، آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده یک توصیه بهداشتی برای منگنز به میزان ۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر تعیین کرده است که صرفا به منظور هشدار دادن به مصرف-کنندگان در مورد اثرات احتمالی سلامتی ناشی از منگنز است. توصیه بهداشتی ۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر برای منگنز به دلیل نگرانی در مورد اثرات مختلف سلامتی عصبی ناشی از مصرف منظم آب بالای ۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر ایجاد شده است [۱۶- ۱۵].

- اشکال آهن و منگنز در آب آشامیدنی

آهن و منگنز به سه شکل مختلف در آب آشامیدنی وجود دارند که باعث می‌شوند ظاهر آب از شفافیت تا تغییر رنگ متفاوت باشد [۱۱-۱۰].

- در چاه‌های عمیق، جایی که محتوای اکسیژن کم است، آب حاوی آهن/ منگنز شفاف و بی‌رنگ است، زیرا آهن و منگنز در آب حل می‌شوند. در چنین مواردی، آب شیر ممکن است شفاف به نظر برسد، اما هنگامی که در معرض هوا قرار می‌گیرد، آهن و منگنز اکسید شده و از حالت بی-رنگ و محلول به شکل‌های رنگی و جامد تغییر می‌کند.

- هنگامی که اکسیژن موجود در هوا با ذرات آهن محلول در آب ترکیب می‌شود، آهن به رنگ سفید، سپس زرد و در نهایت به ذرات جامد قرمز- قهوه ای تبدیل می‌شود که می-توانند خارج از آب (دیواره چاه و سطح لوله) ته‌نشین شوند. اگر آبی خروجی از شیر به رنگ «زنگ‌زده باشد، بیانگر این است که این فرآیند قبل از رسیدن آب به شیر شروع شده است.

- آهنی که ذرات به اندازه کافی بزرگ برای ته نشین شدن تشکیل نمی‌دهد، در آب معلق باقی می‌ماند (آهن کلوئیدی) و و منجر به رنگ قرمز یا زرد آب می‌گردد. منگنز معمولاً در آب حل می‌شود، اگرچه برخی از چاه‌های کم‌عمق ممکن است حاوی منگنز کلوئیدی (رنگ سیاه) باشند. این رسوبات کلوئیدی زمانی تشکیل می‌شوند که آهن و منگنز با مواد آلی (تانن) موجود در آب ترکیب شده و خواص رنگ‌آمیزی آب حاوی غلظت بالایی از آهن و منگنز را ایجاد می‌کنند. این ذرات آهن یا منگنز ممکن است به قدری زیاد باشند که لوله‌های آب را مسدود کنند.

[2] Environmental Protection Agency

نحوه تشخیص آهن و منگنز در آب آشامیدنی

وجود لکه‌ها، ذرات و طعم فلزی اغلب بیانگر وجود آهن و منگنز در منابع آبی حتی بدون آزمایش آب می‌باشد. با این حال، بهترین و مطمن‌ترین روش تشخیص آهن و منگنز در آب آشامیدنی، تعیین غلظت دقیق هر یک از این فلزات با استفاده از آزمایش است. علاوه بر غلظت، تعیین شکل آهن و منگنز نیز در آب آشامیدنی مهم است. اگر آب برداشت شده از چاه یا چشمه، در ابتدا شفاف بوده اما به مرور زمان ذرات جامد نارنجی مایل به قهوه‌ای یا سیاه را تشکیل دهد، در این‌حالت، آهن و منگنز در آب بصورت محلول می‌باشند که به فرم "احیا شده" این فلزات معروف است. آهن و منگنز محلول یا احیا شده در آب‌های زیرزمینی با pH کم‌تر از ۰/۷ رایج هستند.

گاهی اوقات ذرات جامد آهن و منگنز بلافاصله در آب چاه یا چشمه ظاهر می‌شوند که نشان‌دهنده شکل اکسید شده این فلزات است. این‌حالت، در منابع آبی با pH بالاتر یا در جاهایی از قبیل چشمه‌های کم عمق که اکسیژن به راحتی در دسترس آب است، رایج‌تر می‌باشد. اگر آبی حاوی طعم فلزی و لکه‌های قهوه‌ای نارنجی یا سیاه باشد، باید چنین آبی از نظر آهن و یا منگنز مورد آزمایش قرار گیرد [۱۶- ۱۱- ۱۰].

- اثرات بهداشتی و زیست محیطی آهن و منگنز در آب آشامیدنی

آهن و منگنز در غلظت‌هایی که در اکثر آب‌های طبیعی یافت می‌شوند، و در غلظت‌های کم‌تر از هدف زیبایی‌شناختی، خطری برای سلامتی محسوب نمی‌شوند. آب با غلظت‌های بالای آهن یا منگنز ممکن است باعث لکه دار شدن تجهیزات لوله کشی یا لباسشویی شود. جامدات منگنز ممکن است در داخل لوله‌ها رسوباتی ایجاد کرده و به صورت ذرات سیاه رنگ شکسته شوندکه ظاهر و طعم ناخوشایندی به آب می‌دهند.

به طور مشابه، آهن می‌تواند منجر به تجمع و رسوب در داخل لوله‌ها یا تجهیزات شود و رنگ، طعم و پوسته‌های زنگاری در آب ایجاد کند. هر دو عنصر می‌توانند رشد باکتری‌های ناخواسته‌ای را که پوشش لزج در لوله‌های آب تشکیل می دهند، افزایش دهند [۱].

آهن و منگنز می‌توانند بر طعم و رنگ غذا و آب تأثیر بگذارند. آن‌ها ممکن است با تانن موجود در قهوه و چای واکنش نشان دهند و لجن سیاهی تولید کنند که هم بر طعم و هم بر ظاهر تأثیر می‌گذارد. منگنز زمانی‌که در غلظت‌های کم‌تر از آهن نیز موجود باشد، در آب قابل اعتراض است. آهن باعث ایجاد رنگ و لکه‌های قهوه‌ای مایل به قرمز در در توالت، وان حمام، دوش، سینک ظرفشویی، ماشین ظرفشویی و ماشین لباسشویی می‌شود. منگنز نیز به همین صورت عمل می‌کند اما باعث ایجاد لکه سیاه مایل به قهوه‌ای روی لباسشویی، لوازم و تجهیزات لوله‌کشی می‌شود. همچنین منگنز ممکن است به رسوب مواد معدنی در لوله‌ها، ایجاد مشکل در کف کردن و تیره شدن یا لکه‌دار شدن لباس‌ها در حین شستشو کمک کند.

صابون‌ها و مواد شوینده این لکه‌ها را از بین نمی‌برند و استفاده از سفید کننده‌های کلر و سازنده‌های قلیایی (مانند سدیم و کربنات) ممکن است منجر به تشدید لکه‌ها شوند. رسوبات آهن و منگنز می‌توانند در خطوط لوله، مخازن تحت فشار، آبگرمکن‌ها و واحدهای تبادل یونی ایجاد شوند. این امر باعث کاهش مقدار و فشار آب موجود می‌شود. تجمع و انباشت آهن و منگنز زمانی که تجهیزات تامین آب یا تصفیه نیاز به جایگزینی داشته باشد، به یک مشکل اقتصادی تبدیل می‌شود. همچنین هزینه‌های انرژی ناشی از پمپاژ آب از طریق لوله‌های منقبض شده یا گرم کردن آب با تجهیزات گرمایشی حاوی ته نشست‌های معدنی آهن یا منگنز ، افزایش می‌یابد [۱۰].

آهن و منگنز جز عناصر ضروری هستند که به مقدار کم مورد نیاز همه موجودات زنده هستند. سطوح پایین آهن مضر نیست، اما مقادیر بیش از حد آن می‌تواند مشکلات معده و گوارشی ایجاد کند. همچنین آهن به خوبی با صابون ترکیب نمی‌شود که می‌تواند شستن باقیمانده صابون را دشوار کند و

باعث تحریک پوست شود. این موضوع می‌تواند منجر به سلول‌های آسیب دیده با علائم اولیه پیری مانند چین و چروک شود.

همچنین آهن می‌تواند باعث خوردگی وسایل لوله‌کشی شده و رسوباتی در داخل لوله‌ها به جا بگذارد. هنگامی که این رسوبات از بین برود، زنگ وارد جریان آب می‌شود [۱۷].

مشکلی که اغلب از آهن یا منگنز موجود در آب ناشی می‌شود، باکتری‌های آهن یا منگنز است. این باکتری‌ها برای سلامتی خطرناک نیستند و می‌توانند به طور طبیعی در خاک، آب‌های زیر زمینی کم‌عمق و آب‌های سطحی وجود داشته باشند. این باکتری‌ها از آهن و منگنز موجود در آب تغذیه می‌کنند. این باکتری‌ها، لجن قرمز قهوه‌ای (آهن) یا سیاه قهوه‌ای (منگنز) را در مخازن توالت تشکیل می‌دهند و می‌توانند منجر به انسداد لوله‌ها شوند. این باکتری‌ها می‌توانند به آب بوی کپک زدگی یا باتلاقی دهند[۱۰].

آهن و منگنز در صنایع در سیستم‌های مختلف از قبیل سیستم های خنک‌کن باعث ایجاد رسوب می‌شوند و همچنین باعث کاهش راندمان در صنایع مختلف از قبیل کاغذسازی، چرم سازی و یخ سازی می‌شوند. همچنین کودکان و بزرگسالانی که برای مدت طولانی آبی با سطوح بالا و بیش از حد منگنز مصرف می‌کنند، ممکن است در حافظه، توجه و مهارت های حرکتی دچار مشکل شوند. نوزادان (کودکان زیر یک سال) در صورت نوشیدن آب حاوی منگنز بیش از حد، ممکن است دچار مشکلات یادگیری و رفتار شوند [۱۶-۱۵].

آهن موجود در آب آشامیدنی در سطوح مجاز خطری برای سلامتی محسوب نمی‌شود و بدن انسان برای انتقال اکسیژن در خون به آهن نیاز دارد. آب لوله‌کشی در ایالات متحده تقریباً ۵ درصد از نیاز رژیم غذایی به آهن را تامین می‌کند. همچنین باکتری‌های آهن و منگنزی که ممکن است در لوله‌ها و وسایل آب وجود داشته باشند، نیز به عنوان خطری برای سلامت شناخته نشده‌اند. با این‌حال، منگنز موجود در آب آشامیدنی در سطوح بالا، می‌تواند برای سلامتی خطرناک باشد.

نوزادانی که با شیر خشک بر پایه سویا یا برنج تغذیه می‌شوند که به طور طبیعی سرشار از منگنز است و اگر آب مورد استفاده برای تهیه شیر خشک نیز حاوی سطوح بالای منگنز (بیش از ۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر) باشد، در این‌صورت بیش‌تر در معرض خطر عوارض عصبی نامطلوب قرار خواهند گرفت. نوزادان به دلیل نرخ بالای جذب منگنز، نسبت به کودکان و بزرگسالان در معرض خطر بیش‌تری هستند و مغز و بدن آن‌ها به سرعت در حال رشد است. در صورتی‌که سطح منگنز در آب آشامیدنی بیش‌تر از ۱ میلی‌گرم بر لیتر باشد، ممکن است کودکان و بزرگسالان نیز در معرض خطرات بیش‌تری قرار گیرند [۱۶].

مطالعات انجام شده بر روی انسان‌ها بیانگر آنست که سطوح بالای منگنز می‌تواند بر سیستم عصبی تاثیر بگذارد. مطالعات روی حیوانات آزمایشگاهی نشان می‌دهدکه سطوح بالای منگنز ممکن است بر تولید مثل و همچنین کلیه‌ها تأثیر بگذارد. افراد بالای ۵۰ سال و نوزادان کم‌تر از شش ماه بیش‌ترین حساسیت را نسبت به این عوارض دارند. در افراد مسن‌تر، سطوح بالای منگنز، ممکن است باعث اختلالی شبیه به بیماری پارکینسون شود. در نوزادان، قرار گرفتن در معرض سطوح بالای منگنز ممکن است بر رشد مغز، یادگیری و رفتار آن‌ها تأثیر بگذارد. برخی از مطالعات در بین مردم نشان می‌دهد که افراد مبتلا به مشکلات پزشکی خاص (کم خونی ناشی از فقر آهن، بیماری کبد) نیز ممکن است به اثرات منگنز حساس‌تر باشند.

سطوح منگنز بیش از ۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر، خطر سلامتی فوری برای گروه‌های حساس دارد. هنگامی که سطح منگنز بالای ۰/۳ باشد، افراد بالای ۵۰ سال و نوزادان کم‌تر از ۶ ماه، بایستی استفاده از آب را برای نوشیدن و تهیه غذاها و نوشیدنی‌هایی حاوی مصرف بالای آب، متوقف کنند. خطر سلامتی طولانی مدت برای همه وجود دارد و همه باید از

مصرف طولانی مدت آب برای نوشیدن و تهیه غذاها و نوشیدنی‌هایی با مصرف بالای آب، اجتناب کنند [۱۶-۱۵].

- باکتری‌های و آهن و منگنز

آهن و منگنز آب رشد باکتری‌ها از جمله باکتری‌های آهن را تسریع می‌کنند. هنگامی که آهن و منگنز با اکسیژن محلول ترکیب می‌شوند، از واکنش‌های شیمیایی اتفاق افتاده، انرژی مناسب برای رشد این میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌شود. رشد این باکتری‌ها منجر به تشکیل لایه‌های ضخیم بر روی دیواره‌های سیستم لوله‌کشی و دیواره‌های چاه می‌شوند و در نهایت سبب رنگ زنگاری حاصل از آهن و رنگ سیاه حاصل از منگنز می‌شوند. نوسانات جریان سبب می‌شود که این رشدهای لزج از دیواره لوله‌ها جدا شده و آب آشامیدنی موجود در سیستم توزیع را آلوده و ناخوشایند نماید.

باکتری آهن، حتی مقادیر جزیی آهن موجود به شکل دو ظرفیتی را اکسید نموده و از انرژی آن استفاده می‌کند. منگنز نیز توسط دیگر باکتری‌هایی که تشکیل مواد آلی می‌دهند، مورد استفاده قرار می‌گیرد و در تشکیل باکتری‌های آهن لزج در دیواره چاه و سیستم آبرسانی سهیم می‌باشد. باکتری‌های آهن در هر جایی که منبع غذایی آهن در دسترس باشد، یافت می‌شوند.

باکتری‌های آهن و منگنز یک مشکل سلامتی نیستند، بلکه یک مسئله آزاردهنده هستند. رایج‌ترین روش برای کنترل باکتری‌های آهن و منگنز، شوک با استفاده از کلرزنی است. این روش شامل استفاده از محلول غلیظ کلر در کل سیستم توزیع آب، با زمان ماند حداقل دو تا سه ساعت و سپس شستشوی سیستم برای حذف کلر باقیمانده است [۱۶-۱۵].

روش‌های کاهش یا حذف آهن و منگنز

روش‌های متعددی برای حذف آهن و منگنز از آب موجود است. مناسب‌ترین روش به عوامل زیادی از قبیل غلظت و شکل آهن و یا منگنز موجود در آب، وجود باکتری‌های آهن یا منگنز و حجم آب مورد نیاز برای تصفیه بستگی دارد. pH آب ممکن است بر اثربخشی گزینه‌های تصفیه انتخابی تأثیر بگذارد. اکثر فناوری‌های تصفیه در آب در دامنه pH محدود و نزدیک به ۷ موثر هستند. تصفیه با ترکیبات فسفات در محدوده pH ۵ تا ۸ موثر است. بنابراین، ممکن است برای تصفیه موثر آهن و منگنز نیز لازم باشد pH آب چاه را نیز تصفیه و تنظیم کرد. آهن و منگنز را بسته به میزان و نوع آن‌ها می‌توان توسط فرآیندهای مختلف تصفیه از آب حذف کرد. از آنجایی که آهن و منگنز حاوی مشکلات زیبایی شناختی بوده و کلیه استفاده‌های بالقوه آب را تحت تاثیر قرار می‌دهند، بایستی از همه آب‌های ورودی خانه با استفاده از وسایل تصفیه نقطه ورودی(POE[3]) حذف شوند. به طور کلی روش‌های اساسی تصفیه آب حاوی آهن و منگنز عبارتند از [۱۱-۱۰]:

- سختی‌گیری آب (تبادل یونی)

روش متداول سختی‌گیری آب، گاهی می‌تواند برای حذف آهن و منگنز از آب نیز موثر باشد. سختی‌گیری آب معمولاً برای حذف کلسیم و منیزیم از آب بوسیله تبادل یون صورت گرفته و در این فرآیند، یون سدیم جایگزین این دو یون در آب می‌شود. چنین فرآیند مشابهی نیز می‌تواند برای حذف یون‌های آهن و منگنز صورت گرفته و یون سدیم را جایگزین آن‌ها در آب نمود. سپس، آهن و منگنز را از بستر رزین با انجام شستشوی معکوس[4] و احیا[5] از سیستم حذف کرد. اثر بخشی حذف آهن و منگنز به روش تبادل یونی، به میزان آهن موجود در آب، سختی آب و نیز pH آن بستگی دارد. روش سختی‌گیری برای حذف آهن و منگنز تنها زمانی توصیه می‌شود که pH آب بالاتر از ۶/۷، سختی آب بین ۳ تا ۲۰ گرین در گالن (۵۰-۳۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) و میزان آهن محلول در آب کم‌تر از ۵ میلی‌گرم بر لیتر باشد.

3 Point of Enter
4 Backwash
5 Regeneration

آهن و منگنز اکسید شده، روی بستر رزین رسوب می‌کنند. بنابراین، بسیار مهم است که آب ورودی حاوی آهن و منگنز، پیش از ورود به رزین، در معرض مواد اکسیدکننده مانند هوا و یا کلر قرار نگرفته باشند. از سیستم سختی‌گیری، نباید به عنوان یک فیلتر فیزیکی برای حذف ذرات استفاده نمود. این کار باعث صدمه دیدگی رزین و نیز کاهش زمان مورد نیاز برای شستشوی معکوس سیستم خواهد شد. در صورتیکه آهن و منگنز موجود در آب، در حالت "اکسید شده" قرار داشته باشند، بهتر است برای حذف آن‌ها از فیلتراسیون به‌جای سختی‌گیری استفاده کرد [۲۱-۱۶].

- اضافه نمودن پلی فسفات

در صورتی‌که میزان آهن موجود در آب کم‌تر از ۲ میلی‌گرم بر لیتر باشد، ممکن است افزودن پلی فسفات، نیاز تصفیه آب را مرتفع سازد. البته اضافه کردن فسفات معمولاً در آب‌هایی حاوی منگنز بالا موثر نیست. در این روش، فسفات از طریق پمپ تزریقی وارد آب می‌شود. تنظیم مقدار مناسب فسفات برای تزریق، نیاز به روش سعی و خطا دارد. تفاوت مهم این روش با سایر روش‌ها در این است که در روش تزریق فسفات، آهن در میان یون‌های فسفات احاطه می‌شود و به این وسیله، اجازه رسوب پیدا نمی‌کند. در این حالت، آهن توسط فسفات احاطه یا "مجزا" شده و بطور واقعی از آب حذف نمی‌گردد.

این فرآیند دارای برخی از ایرادات اساسی می‌باشد. هر چند آهن مجزا شده سبب ایجاد لکه‌های قابل اعتراض نمی‌شود، هنوز مشکلات مربوط به مزه فلزی را دارد. علاوه بر این، در صورت افزودن به مقادیر زیاد، به آب احساس لزجی داده و ممکن است سبب اسهال نیز شود [۲۲-۱۹].

- فیلترهای اکسید کننده

فیلترهای اکسیدکننده به‌صورت هم‌زمان آهن و منگنز موجود در آب را اکسید و فیلتر می‌کنند. این فیلترها معمولاً از جنس ماسه سبز[6] هستند. البته انواع دیگری نیز از این نوع فیلتر، مانند فیلترهای Birm برای این منظور وجود دارند. فیلترهای ماسه سبز، ضمن ترکیب با پرمنگنات پتاسیم، سطحی را روی خود تشکیل می‌دهند که باعث اکسیداسیون آهن و منگنز محلول در آب شده و سپس این مواد اکسید شده را بصورت فیزیکی فیلتر می‌کنند.

از آنجایی‌که این فیلترها، فعالیت اکسیداسیون و فیلتراسیون را هم‌زمان انجام می‌دهند، می‌توانند هم برای حذف آهن و منگنز محلول در آب و هم برای حالت اکسید شده آن‌ها، مورد استفاده قرار گیرند. فیلترهای اکسیدکننده نیازمند دقت در نگهداری بالایی هستند. این فیلترها می‌بایست با محلول پرمنگنات پتاسیم احیا شوند. زیرا همان‌طور که گفته شد، این ماده که به‌صورت پوشش روی ذرات ماسه سبز قرار می‌گیرد، برای اکسیداسیون آهن و منگنز مصرف می‌شود. علاوه بر این، با توجه به فیلتر شدن ذرات آهن و منگنز اکسید شده، شستشوی معکوس منظم این فیلترها نیز از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد.

البته باید توجه داشت که پرمنگنات پتاسیم که برای احیای این فیلترها مورد استفاده قرار می‌گیرد، یک ماده سمی است و می‌بایست در نگهداری و حمل آن، نکات ایمنی به دقت رعایت گردد. فیلترهای اکسیدکننده ماسه سبز منگنز برای حذف مقادیر متوسط آهن و منگنز محلول و همچنین اکسید شده، به‌خوبی و با اثربخشی بالا عمل می‌کنند. استفاده از فیلترهای اکسیدکننده، برای زمانی که مجموع میزان آهن و منگنز در آب در محدوده ۳ تا ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد، توصیه می‌شود. نکته مهم این است که هر چه میزان آهن و منگنز در آب بیش‌تر باشد، عملیات نگهداری این فیلترها (احیا و شستشوی معکوس)، می‌بایست در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر انجام گیرد [۲۲-۱۹-۱۶].

فیلترهای اکسیدکننده Birm مانند فیلترهای اکسیدکننده ماسه سبز عمل می‌کنند با این تفاوت که این نوع فیلترها نیاز به احیا ندارند، چرا که آن‌ها از اکسیژن موجود در آب ورودی برای

[6] Greensand

اکسید کردن آهن و منگنز استفاده می‌کنند. بنابراین، آب ورودی این نوع فیلترها می‌بایست به میزان کافی دارای اکسیژن محلول بوده و همچنین pH آن‌ها برای حذف آهن، حداقل ۶/۸ و برای حذف منگنز، حداقل ۷/۵ باشد. حتی در شرایط کاملاً ایده‌آل هم، حذف منگنز توسط فیلترهای Birm بسیار متغیر است. فیلترهای اکسیدکننده Birm مانند فلیتر ماسه سبز منگنز، نیاز به شستشوی معکوس برای جداسازی ذرات آهن و منگنز اکسیده شده دارند [۲۱-۱۹].

- اکسیداسیون و سپس فیلتراسیون

زمانی که مجموع آهن و منگنز موجود در آب بیش از ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد، بهترین گزینه حذف این عناصر، استفاده از اکسیداسیون و متعاقب آن فیلتراسیون است. در این فرایند، با تزریق یک ماده شمیایی در آب، آهن و منگنز محلول در آب اکسید شده و به‌صورت ذرات جامد در می‌آیند و سپس در مرحله بعد، با فیلتراسیون از آب جدا می‌شوند. کلر، پرمنگنات پتاسیم و پراکسیدهیدروژن از جمله مواد شیمیایی متداولی هستند که برای اکسیداسیون آهن و منگنز آب مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در این موارد، معمولاً یک پمپ تزریق کوچک برای تزریق کلر (مثلاً در قالب هیپوکلریت سدیم) در بالادست جریان قرار گرفته و سپس این محلول وارد یک مخزن اختلاط می‌شود تا زمان کافی برای اکسید شدن آهن و منگنز و تبدیل آن‌ها به ذرات جامد وجود داشته باشد. در مواردی که از کلر به عنوان اکسیدکننده استفاده می‌شود، لازم است تا بعد از تزریق کلر، از فیلتر کربن فعال برای حذف طعم و بوی کلر اضافی استفاده شود. البته کلر برای اکسیداسیون مقادیر بالای منگنز محلول در آب توصیه نمی‌شود. زیرا برای اکسیداسیون کامل منگنز، نیاز به pH خیلی بالا است. نگهداری این سیستم بسیار مهم و زمان‌بر است. مخزن اختلاط باید به‌صورت مننظم تخلیه و مجدداً پر شود.

همچنین فیلترها بایستی مرتباً شستشوی معکوس داده شوند تا ذرات جامد اکسید شده آهن و منگنز جدا شده و فیلتر تمیز شود. ضمناً در صورت استفاده از فیلتر کربن فعال، بسته به میزان آهن و منگنز، بایستی در بازه‌های زمانی مشخص نسبت به تعویض کربن آن اقدام شود [۲۲-۱۹-۱۶].

- هوادهی و متعاقب آن فیلتراسیون

سطوح بالای آهن و منگنز محلول در غلظت‌های ترکیبی تا حدود ۵ تا ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر را می‌توان با هوادهی (اختلاط با هوا) و سپس فیلتراسیون حذف کرد. در این فرآیند هوا با آب مخلوط می‌شود تا آهن و منگنز به ذرات تبدیل شود. سپس آب از فیلتر عبور می‌کند تا ذرات آهن و منگنز از بین بروند. زمان و اکسیژن بیش‌تری برای حذف منگنز در مقایسه با آهن با این نوع سیستم مورد نیاز است. شستشوی معکوس دوره‌ای فیلتر، مهم‌ترین مرحله تعمیر و نگهداری است که در عملیات برای اطمینان از عملکرد مناسب ضروری است. هوادهی برای آب حاوی کمپلکس‌های آلی آهن/منگنز یا باکتری‌های آهن/منگنز که آسپیراتور و فیلتر را مسدود می‌کنند، توصیه نمی‌شود [۲۱-۱۹].

- تصفیه چند مرحله‌ای[7]

اگر آب دارای سطوح بالایی از آهن و منگنز به دو صورت محلول و جامد باشد، عملیات تصفیه چند مرحله‌ای ضروری است. به عنوان مثال، آب را می‌توان برای اکسیداسیون آهن محلول و از بین بردن باکتری‌های آهن کلرزنی کرد و متعاقب آن برای حذف ذرات آهن از فیلتراسیون استفاده کرد. همچنین می‌توان از فیلتر کربن فعال برای حذف کلر اضافی و سپس نرم شدن آب و کنترل سختی و حذف هر گونه آهن یا منگنز باقی‌مانده محلول استفاده کرد [۱۶].

- افزایش pH و فیلتراسیون

خوردگی لوله‌ها و تجهیزات آهنی ممکن است منجر به ایجاد و خروج ماده قهوه‌ای مایل به قرمز از شیر آب شوند و وقتی که آب به حالت سکون قرار می‌گیرد، این ذرات در آب ته نشین می‌شوند. این حالت می‌تواند نشان دهنده آهن اکسید شده باشد، یا در برخی موارد ممکن است فقط ذرات

[7] Multistage treatment

ناشی از خوردگی آهن باشد. اگر لوله‌های خورده شده منشأ ذرات آهن / منگنز در آب باشند، افزایش pH آب و استفاده از فیلتر اسیون ساده‌ترین روش برای حل این مشکل است [۱۶].

- کلرزنی شوک و فیلتراسیون

تصفیه با کلرزنی شوک، رایج‌ترین روش از بین بردن باکتری‌های آهن و منگنز است و کلر ماده شیمیایی است که اغلب در این فرآیند استفاده می‌شود. از بین بردن تمام باکتری‌های آهن و منگنز در یک سیستم ممکن نیست اما شوک کلرزنی روشی برای به حداقل رساندن وقوع آن‌ها است. بنابراین، کلرزنی شوک به احتمال زیاد نیاز به تکرار خواهد داشت. اگر رشد مجدد باکتری‌ها سریع باشد، کلرزنی شوک مکرر وقت‌گیر می‌شود. استفاده مداوم از سطوح پایین کلر ممکن است موثرتر باشد.

کلر به سرعت آهن محلول را به آهن جامد تبدیل می‌کند که رسوب می‌کند. اگر از کلرزنی مداوم برای کنترل باکتری‌های آهن استفاده شود، ممکن است فیلتراسیون برای حذف آهن اکسید شده مورد نیاز باشد [۱۶].

- کربن کاتالیزوری[8]

کربن‌های کاتالیزوری باعث جذب، اکسیداسیون و فیلتر کردن ذرات آهن در یک سیستم به‌صورت هم‌زمان می‌شوند. این روش برای سطوح آهن محلول کم‌تر از ۱ میلی‌گرم بر لیتر توصیه می‌شود. نگهداری این فیلترها از نگهداری فیلترهای اکسیدکننده آسان‌تر است، زیرا به دلیل عدم تزریق مواد شیمیایی اضافی، نیاز به احیا ندارند. البته این فیلترها نیز نیاز به شستشوی معکوس دارند. برای استفاده از کربن‌های کاتالیزوری، لازم است تا میزان اکسیژن در آب ورودی، حداقل ۴ میلی‌گرم بر لیتر باشد. برای این منظور، گاهی قبل از ورود آب به این نوع فیلترها، واحدهایی را قرار می‌دهند تا میزان اکسیژن موجود در آب را افزایش دهند [۲۱-۱۹].

- ازن زنی

ازن زنی به عنوان یکی از روش‌های مورد استفاده در تصفیه آب در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. ازن نیز مانند کلر، یک اکسیدکننده قوی محسوب می‌شود. اما این گاز، بسیار ناپایدار بوده و می‌بایست در محل مورد استفاده، تولید شود. ازن بعد از تولید شدن، به داخل آب تزریق شده و باعث اکسید شدن آهن و منگنز محلول در آب می‌شوند و متعاقبا مواد اکسید شده، توسط یک فیلتراسیون فیزیکی از آب جدا می‌شوند.

البته باید توجه داشت که معمولاً قیمت یک سیستم ازن زنی از سایر روش‌های اشاره شده بالاتر است. به همین دلیل، توصیه می‌شود که از این سیستم در جاهایی استفاده شود که علاوه بر آهن و منگنز، حذف سایر آلاینده‌ها (مانند فلزات و باکتری) نیز مد نظر باشد [۲۲، ۲۰-۱۶]. خلاصه ای از گزینه-های حذف و تصفیه آهن و منگنز در آب آشامیدنی در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- گزینه‌های حذف آهن و منگنز [۲۲]

روش تصفیه	غلظت آهن و منگنز (mg/l)	pH بهینه
ترکیبات فسفات	تا ۳	-
تبادل یونی (سختی گیری)	تا ۵	-
فیلتر ماسه سبز	تا ۱۰	> ۶/۸
کلریناسیون و فیلتراسیون	> ۱۰	۸ (آهن)؛ ۸/۵ (منگنز)

[8] Catalytic Carbon

جدول ۲- تصفیه آهن و منگنز در آب آشامیدنی [۲۲- ۱۱]

نشانه	علت	تصفیه
آب وقتی خارج می‌شود شفاف است، اما زمانی که آب به حالت سکون قرار می گیرد، ذرات قرمز قهوه‌ای یا سیاه پس از مدتی در ظرف ته نشین می‌شوند. ایجاد لکه‌های قرمز قهوه‌ای یا سیاه روی تجهیزات یا لباسشویی	آهن یا منگنز محلول	ترکیبات فسفات (در مقادیر کم‌تر از ۳ میلی‌گرم بر لیتر آهن) تبادل یونی (در غلظت‌های ترکیبی کم‌تر از ۵ میلی‌گرم بر لیتر آهن و منگنز) فیلتر اکسیدکننده؛ ماسه سبز منگنز یا زئولیت (در غلظت‌های ترکیبی کم‌تر از ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر آهن و منگنز) هوادهی (فشار) (در غلظت‌های ترکیبی کم‌تر از ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر آهن و منگنز) اکسیداسیون شیمیایی با پرمنگنات پتاسیم یا کلر؛ به دنبال آن فیلتراسیون (در غلظت‌های ترکیبی بیش از ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر آهن و منگنز)
آب هنگام خروج دارای رنگ قرمز قهوه ای تا سیاه است ظرف ساعت ۲۴ حالت سکون آب شفاف و پاک می‌شود.	منگنز محلول	
آب هنگام خروج دارای ذرات قرمز قهوه‌ای است و مواقعی که آب به حالت سکون قرار می‌گیرد، ذرات به سرعت در ظرف ته نشین می‌شود و ظرف ۲۴ ساعت آب شفاف و پاک می‌شود.	ذرات آهن ناشی از خورندگی و زنگ زدگی لوله‌ها و تجهیزات (مخازن، درپوش چاه، پمپ)	افزایش pH آب با فیلتر خنثی کننده[9]
آب هنگام خروج دارای ذرات قرمز قهوه‌ای یا سیاه است. مواقعی که آب به حالت سکون قرار می‌گیرد ذرات به سرعت در ظرف ته نشین می‌شود.	آهن و منگنز اکسید شده در اثر قرار گرفتن آب در معرض هوا قبل از شیر آب	فیلتر ذره‌ای[10] (اگر مقادیر مواد اکسید شده زیاد است از فیلترهای بزرگ‌تر از فیلتر داخلی (در خط[11]) مانند فیلتر ماسه‌ای استفاده کنید.
ایجاد لجن قرمز قهوه‌ای یا سیاه در فلاش تانک توالت یا گرفتگی تجهیزات لوله‌کشی	باکتری‌های آهن و منگنز؛ کمپلکس آلی آهن و منگنز	از بین بردن توده‌های باکتری با استفاده از شوک با کلر یا پرمنگنات پتاسیم و متعاقب آن فیلتراسیون. ممکن است منبع، باکتری‌های موجود در چاه باشد، بنابراین تغذیه مداوم با کلر یا پرمنگنات پتاسیم و متعاقب آن فیلتراسیون ممکن است ضروری باشد.
رنگ مایل به قرمز یا سیاهی که بیش از ۲۴ ساعت باقی می‌ماند.	آهن یا منگنز کلوئیدی	اکسیداسیون شیمیایی با کلر یا پرمنگنات پتاسیم؛ و متعاقب آن فیلتراسیون

[9] Neutralizing filter
[10] Particle filter
[11] In-line

نتیجه‌گیری

آهن و منگنز از آن دسته املاحی هستند که مقدار آن‌ها در آب‌های زیرزمینی به دلیل وجود بسترهای سنگی در داخل زمین فراوان می‌باشد. میزان غلظت آهن و منگنز در آب‌ها به مدت زمانی که آب با این نوع سنگ‌ها در تماس می‌باشد بستگی دارد.

آهن و منگنز به عنوان پارامترهای شاخص طبقه‌بندی می‌شوند که عمدتاً شامل اجزایی هستند که اهمیت حیاتی برای سلامتی ندارند و برای سلامتی آب آشامیدنی نگران کننده نیستند. در عوض، هر دو دارای استانداردهای ثانویه یا توصیه شده برای آب آشامیدنی هستند، زیرا باعث مشکلات زیبایی شناختی می‌شوند و طعم فلزی تلخی به آب می‌دهند و آن را برای مصرف انسان و حیوانات نامطلوب می‌کنند.

استاندارد ثانویه آب آشامیدنی EPA، برای آهن و منگنز به ترتیب ۰/۳ و ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر است. غلظت بالای منگنز می‌تواند با مشکلات سلامتی و زیبایی‌شناختی مرتبط باشد. منگنز در مقادیر بیش‌تر از ۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر ممکن است برای نوزادانی که با شیر خشک تغذیه می‌شوند، یک نگرانی سلامتی باشد و در سطوح بالای ۱ میلی‌گرم بر لیتر نباید برای آب آشامیدنی استفاده شود. وجود آهن و منگنز در آب، تصفیه آب را با چالشی پیوسته در راستای یافتن روش‌های حذف بهتر و مطمئن‌تر مواجه می‌سازد. بسته به نوع و غلظت آهن و منگنز، این فلزات می‌توانند توسط تعدادی از فرآیندهای تصفیه از آب حذف گردند.

سختی‌گیری آب با استفاده از تبادل یونی، اکسیداسیون شیمیایی به ویژه کلریناسیون و فیلتراسیون، هوادهی و فیلتراسیون از فرایندهای متداول تصفیه و کاهش آهن و منگنز می‌باشند. در صورت استفاده از دستگاه‌های تصفیه خانگی، از آنجایی که مشکلات زیبایی شناختی آهن و منگنز بر تمام استفاده‌های بالقوه آب اثر می‌گذارد، باید از کلیه آب‌های ورودی خانه با استفاده از وسایل تصفیه نقطه ورودی حذف شوند.

منابع

[1] Series, W.S.I., 2007, Iron & Manganese in Groundwater.

[2] Nassar, M.M.,2003, et al., Fixed-bed adsorption for the removal of iron and manganese onto palm fruit bunch and maize cob. Adsorption Science & Technology, 21(2): p. 161-175.

[3] Akbari Zadeh, M,. Daghbandan, A. and Abbasi Souraki, B., 2022, Removal of iron and manganese from groundwater sources using nano-biosorbents. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 9: p. 1-14.

[4] Bin Jusoh, A., 2005, et al., Study on the removal of iron and manganese in groundwater by granular activated carbon. Desalination, 182(1-3): p. 347-353.

[5] Dvorak, B.I., Skipton, S.O., and Woldt, W., 2007, Drinking water: iron and manganese. NebGuide œ University of NebraskaœLincoln Extension Publications G, 1714.

[6] Casey, T., 2009, Iron and manganese in water. Aquavarra Research R&D Publications, Paper, 3.

[7] Khadse, G., Patni, P. and Labhasetwar, P., 2015, Removal of iron and manganese from drinking water supply. Sustainable Water Resources Management, 1: p. 157-165.

[8] McFarland, M.L. and Dozier, M.C., 2004, Drinking water problems: iron and manganese. Texas Cooperative Extension, Texas A & M University System College Station.

[9] Zaw, M. and Chiswell, B., 1999, Iron and manganese dynamics in lake water. Water Research, (8) 33, p. 1900-1910.

[10] UMass Amherst, Healthy Drinking Waters for Massachusetts, Iron and Manganese in Private Drinking Water Wells. Center for Agriculture, Food, and the Environment, Environmental & Water Conservation Fact Sheets, 2007.

[11] D.P.H., Iron and Manganese in Private Well Water. The State of Connecticut Department of Public Health, Environmental Health Section, Private Well Program, 2019.

[12] Scott, A., Thompson, E.D., 2022, Significance of Iron and Manganese In Drinking Water. Oklahoma Department of Environmental Quality.

[13] Hameed, S., Awad, H.A., AL-Uqaily, R.A., 2019, Removal of iron and manganese from ground water by different techniques. The Journal of Research on the Lepidoptera. 50(4): p. 458-468.

[14] Edition, F., 2011, Guidelines for drinking-water quality. WHO chronicle, 38(4): p. 104-8.

[15] Health, M.D.O., 2023, Manganese in Drinking Water. Minnesota Department of Health, Environmental Health Division, https://www.health.state.mn.us.

[16] Bruce, D., 2021, Drinking Water: Iron and Manganese, Nebraska Extension, available online at http: // extension. unl. edu/publications.

[17] Systems., C., 2023, Iron and Manganese in your Drinking Water. https://www.Clearwater Systems.com.

[18] W.H.O, Manganese in Drinking Water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality, Geneva: World Health Organization; 2021 (WHO/HEP/ECH/WSH/2021.5).

[19] Bryan, S., William, Sh., 2022, Iron and Manganese in Private Water Systems, The Pennsylvania State University.

[20] Removing Iron and Manganese from Water Supplies, SOCOTEC water treatment specialist, 2019. https://www.socotec.co.uk.

[21] Minnesota Rural Water Association, Iron and Manganese Removal, Water Works MN, 2020, https://www.mrwa.com.

[22] Tom, S., 2019, Iron and Manganese Removal, NDSU Extension, WQ1030.