بهداشت آب

مقدمه

بهداشت آب موضوعی بسیار مهم در بهداشت عمومی و مدیریت سلامت می‌باشد. قبل از پرداختن به راه کارهای عملی استحصال، انتقال، بهسازی و توزیع آن لازم است این عنصر حیاتی موثر بر سلامت و مرتبط با توسعه پایدار، شناخته شود. شناخت آب از نظر کیفیت و کمیت و چگونگی حصول آن قدمی اساسی در جهت بهینه سازی مصرف آن می‌باشد. اگر چه بیش از سه چهارم کره زمین را آب فرا گرفته است، سهم قلیلی از آب‌های موجود، برای مصارف بهداشتی و کشاورزی، قابل استفاده است. زیرا حدود ۹۷/۳ درصد اقیانوس‌ها و ۲/۱ درصد یخ‌های قطبی و ۰/۶ درصد دریاچه ها و رودخانه و آب‌های زیرزمینی وجود دارد که حدود ۰/۳۶ درصد کل منابع آب می‌باشد. آب اقیانوس‌ها، دریاها و اغلب دریاچه ها و بسیاری از منابع آب زیرزمینی به علت شوری بیش از حد و داشتن املاح معدنی برای مقاصد بهداشتی، کشاورزی و صنعتی، غیرقابل استفاده می‌باشند.

آب ماده حیاتی است که بطور یکنواخت در سطح کره زمین موجود نمی‌باشد. در نتیجه بسیاری از نقاط کره زمین با کمبود آب مواجه است. حرکت مداوم بخار آب به هوا و برگشت آن به زمین را گردش آب در طبیعت می‌نامند.

انرژی خورشید باعث تبخیر آب اقیانوس‌ها، رودخانه ها، دریاچه ها و منابع آب سطحی می‌گردد. بخار آب فشرده شده همراه توده های هوا باعث نگهداری آب در هوا شده و موجب تشکیل ابر باردار یا ذخیره کننده آب می‌شود ریشه گیاهان، آب و رطوبت موجود در خاک را گرفته و از طریق روزنه های تنفسی برگ‌ها به هوا فرستاده و به بخار تجمع یافته در هوا اضافه

می‌شود که در شرایط مناسب به صورت نزولات جوی به زمین برمی‌گردد.
آب یک عنصر حیاتی است با ویژگی‌های قابل توجه و کم نظیر، یکی از مهم ترین عناصر شیمیایی می‌باشد که قسمت اعظم موجودات زنده و محیط زیست راتشکیل می‌دهد. این ماده ۷۰٪ گیاهان را تشکیل می‌دهد. آب فراوان‌ترین و بهترین حلال در طبیعت است. آب یک مایع زیست شناختی است که واکنش‌های فیزیکوشیمیایی سوخت و ساز در پیکره موجودات زنده را مقدور و تسهیل می‌نماید ومحیطی است برای نقل و انتقال مواد در بدن موجودات زنده که علاوه بر نقش موثرآن در متابولیسم، دفع مواد زائد حاصل از فعالیت‌های زیست شناختی موجود زنده را موجب می‌شود. آب ناشی از تعریق در گرما باعث خنک کردن بدن می‌گردد. آب و انیدرید کربنیک توسط انرژی خورشیدی در پیکره گیاهان سبز تبدیل به کربوهیدرات یا انرژی شیمیایی می‌شود.

اگر چه آب خالص در طبیعت یافت نمی‌شود. اما آب خالص مایعی بی‌رنگ، بی‌بو و بی مزه است که دارای نقطه انجماد صفر و نقطه جوش ۱۰۰ درجه سانتی گراد می‌باشد ساختار شیمیایی آن به صورت H_2O است که به احتمال کمتر از ۰/۳ درصد آب‌های موجود در طبیعت بر دارنده ایزوتوپ‌های H_6O_3،H_4O_2 نیز می‌باشند. آب در چرخه گردش خود قادر است املاح و گازهای موجود در طبیعت را به صورت محلول در آورده و بسیاری از آلودگی‌ها را همراه خود به حرکت در آورد. آب باران قبل از رسیدن به زمین ناخالصی‌های موجود در هوا نظیر ذرات، گازها، مواد رادیواکتیو و میکروب‌ها را به سطح زمین آورده و در حین حرکت در زمین نیز آلاینده ها را با خود حمل می‌کند. به علاوه آب‌های جاری اغلب دریافت کننده فاضلاب‌ها و مواد زائد ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌باشند.

بسیاری از مشکلات بهداشتی کشورهای در حال پیشرفت، عدم برخورداری از آب آشامیدنی سالم است. از آنجایی که محور توسعه پایدار، انسان سالم است و سلامت انسان در گرو بهره مندی از آب آشامیدنی مطلوب می‌باشد بدون تامین آب سالم جایی برای سلامت مثبت و رفاه جامعه، وجود ندارد. آب از دو بعد بهداشتی واقتصادی حائز اهمیت است. از بعد اقتصادی به حرکت درآورنده چرخ صنعت و رونق بخش فعالیت کشاورزی است. از بعد بهداشتی آب با کیفیت، تضمین کننده سلامت انسان است. آب با شکل ظاهری و با وسعت محتوایی آن دنیای زنده دیگری است.
اگر چه از دید ما پنهان است، اما آب دارای آثار بسیار زیادی در حیات جانداران به ویژه انسان میباشد. آب آشامیدنی علاوه بر تامین مایع مورد نیاز بدن به مفهوم مطلق آن یعنی H_2O ، در بردارنده املاح و عناصر ضروری برای موجود زنده و انسان می‌باشد. کمبود پاره ای از آن‌ها در آب ایجاد اختلال در بدن موجود زنده می‌کند و منجربه بروز برخی بیماری‌ها می‌شود.
فقدان ید و فلوئور و ارتباط آن‌ها با گواتر اندمیک و پوسیدگی دندان‌ها به ترتیب بیان کننده این اهمیت است. علاوه بر مواد شیمیایی، موجودات ذره بینی گوناگونی نیز در آب پیدا می‌شوند که بعضی از آنها بیماری زا بوده و ایجاد بیماری‌های عفونی خطرناکی می‌کنند. بهسازی آب رابطه مستقیمی با کاهش بیماری‌های عفونی دارد. بطوری که پس از تامین آب آشامیدنی سالم میزان مرگ از وبا ۷۴/۱ درصد، میزان مرگ از حصبه ۶۳/۳ درصد، میزان مرگ به علت اسهال خونی ۲۳/۱ درصد و میزان مرگ از بیماری اسهال ۴۲/۷ درصد کاهش یافت. بنابراین برنامه ریزی و هزینه در جهت تامین آب سالم سرمایه گذاری قابل

توجهی برای آینده خواهد بود. تهیه و تامین آب آشامیدنی سالم برای جامعه یکی از موثرترین و پایدارترین فنآوری‌ها برای ارتقاء سلامت جامعه است.

ناخالصی‌های آب

چنانچه آب خالص با ترکیب شیمیایی H_2O را اساس مطالعه قرار دهیم ناخالصی‌های آن عبارتند از:

۱ـ ناخالصی‌های معلق

نظیر ذرات معلق زنده و غیرزنده که در آب به صورت معلق یافت می‌شوند. این نوع ناخالصی را می‌توان در سه گروه، تقسیم بندی و مطالعه نمود.

- الف) ذرات معلق زنده بیماری‌زا مانند عوامل بیماری‌زای موجد وبا، حصبه، شبه حصبه، انواع اسهال‌ها، تخم انگل‌ها مانند آسکاریس و عامل کیست هیداتید و ویروس‌ها، منشاء اصلی این دسته از ناخالصی‌ها فاضلاب شهری و حضور حیوانات اهلی یا وحشی در مجاورت منابع آب می‌باشد.
- ب) ذرات معلق زنده غیربیماری‌زا مانند باکتری‌های ساپروفیت، اغلب جلبک‌ها و تک سلولی‌هایی که در طبیعت به وفور پیدا می‌شوند.
- ج) ذرات معلق غیرزنده مانند رس، لیمون که ناشی از فرسایش سطح زمین و سطوح آبخیز می‌باشد.

از نظر فیزیکی ذرات بالا به دو گروه تقسیم می‌شوند گروهی که در حوضچه های ته نشینی و یا صافی‌ها جدا می‌شوند و گروهی که برای جدا کردن آن‌ها احتیاج به مواد منعقد کننده است تا از طریق لخته سازی، به ذرات درشت تری تبدیل شده و حذف شوند.

۲ ـ ناخالصی‌های محلول

این دسته شامل املاح معدنی، ترکیبات آلی و گازهای محلول می‌باشند که می‌توان آن‌ها را به صورت زیر گروه بندی نمود:

- الف) املاح محلول معدنی که اغلب به صورت املاح کلسیم، منیزیم، سدیم، آهن، منگنز و۰۰۰ می‌باشد که برخی از آن‌ها مصرف آب را محدود می‌نمایند که در جای خود بحث خواهد شد.
- ب) گازهای محلول مانند اکسیژن، انیدرید کربنیک، هیدروژن سولفوره، ازت وغیره می‌باشند و این نوع ناخالصی نیز کیفیت شیمیایی آب را تحت تاثیر قرار داده و ممکن است باعث نامطلوب بودن آن شود.

منابع تامین آب

آب یک منبع حیاتی است که معمولا از محدودیت خاصی برخوردار است آب شیرین موجود در محدوده جغرافیایی خاصی تقریبا ثابت و جوابگوی جمعیت محدودی است.

منابع آب مشروب اجتماعات را می‌توان به سه دسته تقسیم نمود:

الف) منابع سطحی

آب‌هایی که در قالب آب باران، آب رودخانه، آب دریاچه های طبیعی، آب دریاچه ها یا سدهای ذخیره ای و قنوات در طبیعت موجود هستند و در صورتی که استحصال و بهسازی، نگهداری و بهره برداری آن‌ها با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و فنی مقدور باشد به عنوان منبع آب آشامیدنی انتخاب می‌شوند.

ب) منابع آب زیرزمینی

منابعی نظیر چشمه سارها، آب چاه های کم عمق، چاه های عمیق، چاه های جاری و آب حاصل از کانال‌های ساخته شده منابع آب زیرزمینی را تشکیل می‌دهند.

ج) منابع آب شور

و بالاخره در شرایطی که هیچ کدام از منابع فوق جهت دستیابی به آب شیرین مقدور نباشد سومین منبع عبارت خواهد بود از آب دریاها و دریاچه های شور یا آب‌های شور زیرزمینی.

اکثر اجتماعات شهری و روستایی ایران از منابع آب‌های زیرزمینی بهره برداری می‌کنند. در دو دهه اخیر چندین طرح بزرگ و متوسط انتقال آب‌های سطحی منابع دوردست نیز تهیه و اجراء شده است. منبع اصلی آب آشامیدنی شهرهایی مانند مشهد، شیراز، تبریز، بندر عباس، کرمانشاه، کرمان و بخشی از تهران از منابع آب زیرزمینی است. اغلب روستاهای ایران به روش سنتی و علمی لیکن بعضا غلط از آب زیرزمینی استفاده می‌کنند. انتخاب منبع آب آشامیدنی اجتماعات چه شهری و چه روستایی، کوچک یا بزرگ مبتنی است بر هزینه تهیه، تصفیه و توزیع آن. لازم است حداقل امکانات فنی اجرایی در حد معقول، وجود داشته باشد، پس با لحاظ نمودن جنبه اقتصادی و بهداشتی منابع احتمالی آب، شناسایی و از بین آن‌ها منبع مقرون به صرفه و مطمئن انتخاب گردد. در هر حال، منبع آب آشامیدنی بایستی درنهایت آب سالم و پاکیزه ای در اختیار مصرف کننده قرار دهد.

آب سالم و پاکیزه

آب آشامیدنی، علاوه بر سالم بودن لازم است پاکیزه نیز باشد. زیرا آب سالم وکدر یا بامزه نامطلوب و داشتن رنگ، ممکن است مورد اعتراض مصرف کننده قرار گرفته و مصرف کننده به طرف آب به ظاهر پاکیزه ای گرایش پیدا کند که از نظر کیفیت شیمیایی و میکروبی، نامطلوب باشد. آب سالم آبی است که حتی در درازمدت مصرف آن خطری برای مصرف کننده ایجاد نکند. توصیه می‌شود آب آشامیدنی نه تنها کاملا سالم باشد بلکه باید " پاکیزه" یعنی مورد پسند مصرف کننده هم باشد. چنین آبی را می‌توان " پذیرفتنی" یا " نوشیدنی" تلقی نمود. آب آشامیدنی از طریق تعیین کیفیت فیزیکوشیمیایی ومیکروب شناختی ارزیابی وانتخاب می‌گردد.

ویژگی‌های آب سالم

- ۱ ـ عاری از عوامل زنده بیماری‌زا باشد
- ۲ ـ عاری از مواد شیمیایی زیان آور باشد
- ۳ ـ بدون رنگ و بو، و طعم مطبوع داشته باشد
- ۴ ـ قابل استفاده برای مصارف خانگی باشد

آبی که یک یا دو مورد از ویژگی‌های فوق را نداشته باشد (بویژه مورد یک و دو) آن را آلوده و برای شرب غیرقابل مصرف می‌دانند.

آلودگی آب

آب خالص مطابق ساختمان شیمیایی آن به هیچ وجه در طبیعت وجود ندارد، لیکن انواع ناخالصی‌ها به صورت حل شده، معلق یا بینابینی با خود دارد. که در بخش ناخالصی‌های آب آمده است. جنبه وخیم تر، آلودگی آب ناشی از فعالیت‌های انسانی است مانند شهرنشینی و صنعتی شدن.

تعریف آب آلوده

آبی که دارای عوامل بیماری‌زای عفونی یا انگلی، مواد شیمیایی سمی، ضایعات و فاضلاب خانگی و صنعتی باشد را آب آلوده گویند. آلودگی آب از فعالیت‌های انسانی، نشات می‌گیرد. منابع آلاینده آب عبارتند از:

الف) گندآب که عوامل زنده بیماری‌زا و مواد آلی تجزیه پذیر را در بردارد.
ب) مواد زائد تجاری و صنعتی در بر دارنده عوامل سمی از نمک‌های فلزی یا مواد شیمیایی پیچیده مصنوعی.
ج) آلاینده های کشاورزی نظیر کودها و آفت کش‌ها.
د) آلاینده های فیزیکی مانند گرما (آلودگی حرارتی) و مواد پرتوزا.

آلودگی را می‌توان به عنوان یک تغییر نامطلوب در خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب تعریف کرد که باعث به خطر انداختن سلامت، بقاء و فعالیت‌های انسان یا سایر موجودات زنده می‌شود. آلودگی از نظر پایداری نیز قابل بررسی و مطالعه است. لذا از این دیدگاه دو نوع آلودگی وجود دارد. آلودگی قابل انحطاط و آلودگی غیرقابل انحطاط.

آلوده کننده قابل انحطاط را می‌توان تجزیه کرد، از بین برد و یا برای برخی فعالیت‌ها مصرف نمود. از این طریق حد قابل پذیرش آلودگی را می‌توان طی مراحل طبیعی یا با روش‌های مهندسی (سیستم‌های تصفیه) نقصان داد. البته در صورتی که سیستم تحت تاثیر شوک ناشی از آلاینده، شکست نخورده باشد یا به عبارتی آلودگی لبریز نگردد. این دسته خود به دو گروه تقسیم می‌شوند قابل انحطاط تند و کند، آلوده کننده های قابل انحطاط تند، نظیر فاضلاب انسانی وزائدات حیوانی و کشاورزی، معمولا خیلی سریع قابل تجزیه اند.

آلوده کننده های قابل انحطاط کند، مانند د.د.ت و بعضی از مواد رادیواکتیو به کندی تجزیه می‌شوند به هرحال اجزای آن‌ها یا کاملا تجزیه شده و یا به حدّ غیرقابل ضرر کاهش می‌یابند. آلوده کننده های غیرقابل انحطاط از راه های طبیعی تجزیه نمی‌شوند. نمونه چنین آلوده کننده هایی عبارتند از جیوه، سرب، ترکیبات آلی هالوژنه ها، دیوکسین‌ها و بعضی از پلاستیک‌ها.

آلودگی آب از نظر منشاء

آلودگی با منشاء زیست شناختی نظیر

الف) باکتری‌ها: وبا، حصبه و اشباه آن، اسهال خونی باکتریال، اسهال به علت اشریشیاکولی، لپتوسپیروزیس و بیماری ناشی از یرسینیا آنتروکولیتیکا و ناراحتی گوارشی ناشی از کمپیلوباکترها.

ب) ویروس‌ها: هپاتیت‌های ویروسی، فلج اطفال، بیماری‌های ناشی از ویروس‌های کوکساکی، اکو و گاستروآنتریت ویروسی.

ج) پروتوزوئرها: آمیبیازیس، ژیاردیازیس، بالانتیدیازیس، نگلریافاولری مولد مننگوآنسفالیت آمیبی و اکانتاموبای عامل مننژیت و ناراحتی تنفسی.

د) کرم‌های انگلی: شیستوزومیازیس، بیماری خارش شناگران، آسکاریازیس، هیداتیدوز، دراکونکولوس، بیماری ناشی از کرم قلابدار و کرم نواری ماهی.

ه) سموم تولیدی از سیانوباکتری‌ها: سمومی که ایجاد ناراحتی کبدی می‌کنند، این سموم توسط میکروسیستیس، اسیلاتوریا، آنابنا و نودولاریا که مسمومیت کبدی ناشی از آن‌ها طی ۲۴ ساعت پس از خوردن، فرد را از پای در می‌آورد.

میکروارگانیسم‌هایی که از طریق آب آلوده به انسان منتقل می‌شوند و دارای اهمیت چشمگیر بهداشتی هستند در جدول شماره ۱ آمده است. در این جدول نیز برخی از میکروارگانیسم‌های فرصت طلب که در افراد با نقص ایمنی نظیر کودکان، سالمندان و یا بیماران HIV مثبت ممکن است ایجاد ناراحتی کنند، ذکر شده است. در صورتی که ارگانیسم‌های فرصت طلب، با تراکم زیادی در آب باشند موجب عفونت‌های مختلفی در پوست، مخاط، چشم، گوش، بینی و گلوی افراد حساس یا با مقاومت

پایین می‌گردند. مثال بارز این میکروارگانیسم‌ها پسودوموناآئروژینوزا و گونه های فلاوباکتریوم، آسینتوباکتر، کلبسیلا، سراتیا، آئروموناس و . . . می‌باشد.

ناشناخته یا محقق نشده.

الف) طول زمان عفونت‌زایی عامل بیماریزا در ۲۰ درجه سانتی گراد کوتاه تا یک هفته، متوسط یک هفته تا یک ماه و طولانی از یک ماه بیشتر.
ب) هنگامی که در مقدار متداول و زمان معین عامل بیماریزا نابود شود مقاومت ندارد. مقاومت پایین است لیکن نابودی کامل عامل بیماریزا فراهم نشود از نظر مقاومت متوسط است.
ج) دز لازم برای ایجاد بیماری در ۵۰٪ افراد بالغ سالم حساس، ممکن است با کمترین مقدار یک عدد واحد عفونت‌زا برای برخی ویروس‌ها باشد.
د) براساس تجارب یا برخی افراد حساس
ه) عامل اصلی عفونت پوست از راه تماس است، اما می‌تواند در افراد مبتلا به سرکوب دستگاه ایمنی (ایمونوساپرسیو) یا افراد سرطانی ایجاد عفونت کند.

آلودگی آب با منشاء شیمیایی

منابع آب، اغلب در بر دارنده ناخالصی‌های شیمیایی هستند. این ناخالصی‌ها ممکن است ناشی از آلودگی هوا، آلودگی خاک یا مواد آلاینده ناشی از فعالیت‌های انسانی که به صورت فضولات جامد و مایع به محیط تخلیه می‌گردد باشد. آلاینده های شیمیایی با اشکال متفاوت که از زباله های صنعتی و فضولات جامد و مایع شهری حاصل می‌شوند منابع آب را بیش از پیش تهدید می‌نمایند. این آلاینده ها عبارتند از حلال‌های شوینده، سیانید، فلزات سنگین، اسیدهای آلی و معدنی، مواد ازته، مواد سفید کننده، رنگ‌ها، رنگدانه ها، سولفیدها، آمونیاک، مواد سمی و انواع گوناگون ترکیبات آلی کشنده موجودات زنده.
آلاینده های شیمیایی نه تنها می‌توانند بطور مستقیم بر سلامت انسان آسیب برسانند. بلکه از راه تجمع در آبزیان بطور غیرمستقیم هم می‌توانند بر انسان اثر کنند نظیر ماهی که برای تغذیه انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. آلاینده های شیمیایی موجود در آب ممکن است ایجاد آسیب‌های سمی حاد یا مزمن درانسان نمایند. به هرحال برخی از آلاینده ها حتی در دز پایین ممکن است سلامت انسان را تحت تاثیر قرار دهند یا اینکه مواجهه درازمدت انسان با برخی آلاینده ها سبب ضایعات پاتولوژیکی در انسان شود. مطالعات همه گیری شناختی، رابطه برخی ازبیماری‌ها با کیفیت شیمیایی آب آشامیدنی یا غذاهای دریایی را نشان می‌دهد. در بیماری‌های ناشی از آلاینده های شیمیایی می‌توان به عارضه متهموگلوبینمیا در کودکان، مسائل مربوط به بهداشت دندان‌ها، سختی آب و بیماری‌های قلب و عروق و مسمومیت حاد یا مزمن ناشی از ترکیباتی نظیر سموم دفع آفات، ترکیبات فنلی، هیدروکربورهای حلقوی، تری‌هالومتان‌ها و فلزات سنگین استناد نمود. اقدامات بهداشت محیط متمرکز است بر روی موادی که بالقوه بحال مصرف کننده مضر هستند، محدود گردد و آن دسته در مواردی که قابلیت پذیرش

عمومی را تحت تاثیر قرار می‌دهند کنترل شود.

سختی آب مربوط به املاح خاصی است که در آب وجود دارد این املاح شامل کاتیون‌های کلسیم، منیزیم، استرانسیم، آهن، آلومینیوم، منگنز و مس می‌باشد که با آنیون‌های بیکربنات، کربنات کلرور، سولفات، سیلیکات و نیترات به صورت محلول در آب وجود دارند. سختی آب را می‌توان به صورت " خراب شدن صابون در آب" تعریف کرد. اگر مقدار زیادی آب لازم شود تا صابون کف کند مصرف کننده آب، آن را سخت به شمار می‌آورد. اغلب سختی آب ناشی از چهار جزء می‌باشد: بی کربنات کلسیم، بیکربنات منیزیم، سولفات کلسیم و سولفات منیزیم. وجود هر یک از این ترکیب‌ها موجب سختی آب می‌شود، اگر چه ترکیبات دیگر هم هستند اما کمتر موجب سختی آب می‌شوند. سختی آب به صورت سختی دائم و سختی موقت نامگذاری می‌شود.مجموع سختی موقت و سختی دائم را سختی کل می‌نامند. با رویکردی دیگر، سختی را به سختی مربوط به کربنات‌ها و سختی غیرکربناتی تقسیم بندی نموده اند. سختی کربناتی موقتی و سختی غیرکربناتی، دائمی است. سختی موقت در اثر جوشاندن آب ته نشین می‌شود و جرم داخل ظروف را تشکیل می‌دهد، این پدیده به املاح کربنات کلسیم و منیزیم مربوط میشود. جوشاندن آب به مدت چند دقیقه موجب تجزیه شدن بی کربنات کلسیم و منیزیم و خارج شدن CO_2 و رسوب کربنات‌های کلسیم و سدیم می‌گردد. اماسختی مربوط به سولفات‌ها، نیترات‌های کلسیم، منیزیم ۰۰۰ در اثر حرارت رسوب نمی‌دهند. سختی آب معمولا برحسب میلی اکی والان در لیتر یا میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم بیان می‌شود و آب‌ها را بر این اساس طبق جدول زیر درجه بندی می‌نمایند.

جدول ـ طبقه بندی سختی آب طبقه یا درجه سختی آب

مقدار سختی آب برحسب میلی اکی والان در لیتر آب (میلیگرم در لیتر)

الف) سبک (کمتر از ۵۰ میلی گرم در لیتر)

ب) سختی متوسط (۱۵۰–۵۰ میلی گرم در لیتر)

ج) آب سخت (۳۰۰–۱۵۰ میلی گرم در لیتر)

د) آب خیلی سخت (بیش از ۳۰۰ میلی گرم در لیتر)

معیار آب آشامیدنی از نظر سختی این است که آب آشامیدنی باید دارای سختی متوسط باشد. اگر سختی آب بیش از ۳ میلی اکی والان در لیتر باشد، پیشنهاد می‌شود سبک گردد. سختی آب بیشتر از نظر اقتصادی اهمیت دارد اگرچه طبق مطالعات انجام شده امکان رویداد بیماری‌های قلب و عروق در استفاده کنندگان از آب سبک بیشتر است.

ویژگی‌های فیزیکی یا ظاهری آب

ویژگی‌های فیزیکی آب نظیر بو، مزه، کدورت، درجه حرارت و رنگ آب می‌تواند آب را برای مصرف کننده نامطلوب سازد.

بو و طعم

اساسی ترین مساله در مورد آب تصفیه شده عدم داشتن بو و طعم می‌باشد، بوی آب قاعدتا ارتباط نزدیکی با طعم آن دارد. عوامل مختلفی در ایجاد طعم و بوی آب موثر است. ازجمله این عوامل جلبک‌ها، تجزیه گیاهان آبزی، محصولات حاصل از کلرینه نمودن آب نظیر کلر و فنل‌ها و آب‌های راکدی که در انتهای سیستم توزیع ساکن می‌مانند.

کدورت آب

پدیده ای است که میزان زلال بودن یا شفافیت آن را مشخص می‌کند و یکی از معیارهای تعیین کیفیت ظاهری آب است. کدورت معمولا به علت وجود مواد معلّق در آب ایجاد می‌شود. در برنامه های تهیه، تامین و توزیع آب بهداشتی معیار کدورت نیز مورد توجه است. و معمولا برای کدورت‌های قابل توجه از واحد J.T.U برای سنجش استفاده می‌شود و برای کدورت‌های پایین از واحد N.T.U استفاده می‌گردد.

آب خالص معمولا بی رنگ است. رنگ آب آلوده نشده می‌تواند ناشی از مواد در حال گندیدگی زمین یا نمک‌های فلزی موجود در طبیعت (آهن و منگنز) باشد. آلاینده های صنعتی نیز می‌توانند بوجود آورنده طیف وسیعی از رنگ‌ها در آب‌های پذیرنده باشند. رنگ آب معمولا با واحد هیزن که معروف به مقیاس پلاتین ـ کبالت است، بیان می‌شود.

دمای آب

از آنجایی که گوارایی آب مربوط به میزان اکسیژن محلول در آن می‌باشد هرقدر دمای آب بالاتر باشد میزان حلالیّت اکسیژن محلول در آن کمتر خواهد بود لذا آب به اصطلاح گرم با دمای ۲۰ درجه بالاتر اکسیژن کمتری در بر دارد و مورد رضایت مصرف کننده نیست در حالی که آب با دمای بین ۵ تا۱۵ درجه سانتیگراد اکسیژن محلول بیشتری در خود دارد که گوارا و مطلوب است البته دمای پایین تر از ۵ درجه نیز برای نوشیدن مطلوب نیست.

غلظت یون هیدروژن در آب با معیار PH سنجیده می‌شود. این ویژگی یکی از مهم ترین خواص فیزیکو ـ شیمیایی آب محسوب می‌شود. زیرا گزینه بهینه در مورد بهسازی آب به PH آن بستگی دارد. در آب نزدیک خلوص، غلظت یون‌های H+ و OH- خیلی کم و تقریبا نزدیک به هم هستند، چنین آبی را خنثی گویند. که PH آن در ۲۵ درجه سانتی گراد حدود ۷ است. در شرایطی که غلظت یون هیدروژن بیش از یون هیدروکسیل باشد PH کمتر از ۷ و آب اسیدی است در صورتی که غلظت یون هیدروکسیل بیش از یون هیدروژن باشد PH بیشتر از ۷ و آب قلیایی است.

تصفیه آب

کیفیت آب‌های مورد نیاز برای مصارف خاص به ندرت با ویژگی‌های طبیعی آن‌ها مطابقت دارد. آب آشامیدنی با ویژگی ذکر شده که بایستی سالم وتمیز باشد به طور طبیعی به مقدار کافی در دسترس نمی‌باشد. اکثر منابع آب از نظر کیفیت شیمیایی و بیولوژیکی برای شرب مناسب نیستند و قبل از مصرف احتیاج به یک سری عملیات دارند. چنین عملیاتی که به منظور متناسب

سازی آب برای مصرف خاصش صورت می‌گیرد تصفیه نامیده می‌شود. تصفیه یا پالایش آب از نظر پزشکی و بهداشت اهمیت زیادی دارد. از بین منابع آب، آب‌های سطحی ناخالصی‌های بیشتری در بر دارند تا آب‌های زیرزمینی. پس این قبیل منابع احتیاج به بهسازی جدی دارند لیکن آب‌های زیرزمینی از نظر کیفیت میکروب شناختی برای حفظ سلامت، حداقل باید ضدعفونی شوند و شاید برخی از آن‌ها به خاطر داشتن پاره ای عناصر شیمیایی نظیر آهن و منگنز احتیاج به تصفیه بیشتری داشته باشند. بطور کلی عملیات بهسازی یا تصفیه آب به یکی از طرق زیر صورت می‌گیرد.

راه های بهسازی آب

بهسازی آب ممکن است به چند روش فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی یا بعضا ترکیبی از این روش‌ها انجام شود. در مجموع با در نظر گرفتن میزان مصرف و شرایط موجود، اغلب تصفیه آب از طرق زیر انجام می‌شود:

الف) جوشاندن در سطح خانوار و گروه های محدود جمعیتی

در این روش جوشاندن حدود ۵ دقیقه آب علاوه بر از بین بردن زیستوارک‌های بیماری‌زا سختی آب نیز تا حدودی کاهش می‌یابد.

ب) انبار کردن آب

که برای اجتماعات کوچک و بزرگ قابل اجرا است. آب در منبع اصلی در مخازن طبیعی یا مصنوعی برای مدتی نگهداری می‌شود، جلوگیری از آلودگی بعدی بایستی مورد توجه باشد. انبار کردن آب به مقدار قابل ملاحظه ای ناخالصی‌های معلق آب را کاهش می‌دهد. این فرایند متابعت از روند طبیعی حذف آلودگی‌ها می‌باشد. ذخیره نمودن آب برای مدتی، از چند دیدگاه مورد تامل است.

۱) از نظر فیزیکی، کاهش مواد معلق از طریق ته نشینی که مواد معلق موجود در آب در اثر قوه ثقل ته نشین می‌شوند، تجربه نشان می‌دهد در ۲۴ ساعت اولیه حدود ۹۰٪ ناخالصی‌های معلق ته نشین می‌گردند. در نتیجه فرایند تصفیه درمراحل بعدی آسان تر می‌شود.

۲) از نظر شیمیایی، در مدت ذخیره سازی آب ممکن است برخی تغییرات شیمیایی و بیوشیمیایی روی دهد. بیکربنات‌ها تجزیه شده و تولید انیدریک کربنیک نمایند، گازهای سمی نظیر آمونیاک، هیدروژن، سولفوره و انیدرید کربنیک از آب خارج می‌شوند. مواد آلی موجود در آب خام در اثر فعالیت‌های میکروبی به کمک اکسیژن محلول در آب تجزیه و تثبیت می‌شوند و در نتیجه، مواد آلی فساد پذیر، به مواد معدنی تبدیل می‌گردند.

۳) از نظر زیست شناختی، موجودات زنده بیماریزای موجود در آب خام در اثر عوامل مختلف رو به کاهش گذاشته و شمار قابل توجهی از آن‌ها نابود می‌شوند. تجربه نشان می‌دهد با انبار کردن آب رودخانه در مدت ۷ـ۵ روز اول تا ۹۰٪ میکروب‌ها کاهش می‌یابند و این یکی از مزایای ذخیره کردن آب است. مدت نگهداری بهینه آب ۱۴ـ۱۰ روز است لیکن از نظر اقتصادی

مقرون به صرفه نیست ضمنا احتمال رشد جلبک‌ها و تغییر کیفیت فیزیکی آب وجود دارد.

ج) پالایش آب

معمولا در سطح وسیع تر از مصرف خانوار، یعنی اجتماعات کوچک و بزرگ در صورتی که منابع آب سطحی باشد پس از انبار کردن پالایش می‌شود. پالایش آب دومین مرحله بهسازی آب و در واقع مهم ترین مرحله آن است زیرا اکثر قریب به اتفاق میکروب‌ها (۹۹٪ـ۹۸٪) در مرحله پالایش از بین می‌روند و دیگر ناخالصی‌ها معلق و احیانا بینابین از آب گرفته می‌شود.

پالایش آب آشامیدنی از طریق دو نوع پالایه یا صافی انجام می‌شود یکی پالایه شنی کند و دیگری پالایه شنی تند یا مکانیکی است.

پالایه یا صافی شنی کند

تقریبا در سراسر جهان متداول است، به عنوان روش استاندارد برای بهسازی آب در سطح اجتماعات کوچک و موسسات با مصرف محدود کاربرد دارد. مهمترین بخش صافی شنی کند، بستر شنی آن است که ارتفاعی در حدود ۱/۲ متر دارد.

برای ساختن این نوع صافی، حوض‌ها یا مخازنی از بتون ساخته و در کف آن مجاری فرعی و اصلی با آجر، تمبوشه (سفالی) یا لوله برای خروج آب تعبیه می‌نمایند و بر روی آن‌ها به ترتیب سنگ ریزه و شن نرم می‌ریزند و دانه های شن با دقت بسیار برگزیده می‌شوند بطوری که ترجیحا گرد باشند و قطر موثر آن‌هابین ۰/۱۵ تا ۰/۳۵ میلی متر باشد. شن‌ها لازم است تمیز و عاری از خاک رس ومواد آلی باشند. آب هدایت شده یا ذخیره شده بر روی صافی به کمک نیروی ثقل از خلل و فرج قشرهای ماسه و شن و سنگ ریزه عبور کرده و بوسیله مجاری زیر صافی جمع آوری می‌شود.

سطح بستر صافی‌های کند از وسعت قابل توجهی برخوردارند به طوری که یک متر مکعب بستر صافی، سطحی در حدود ۱۵۰۰۰ متر مربع دارد. آب به آهستگی دربین ماسه تراوش می‌کند (فرایند عبور بیش از ۲ ساعت به طول می‌انجامد) ودر طی عبور خالص سازی از طریق چند فرایند صورت می‌پذیرد که عبارتند از پالایش مکانیکی، ته نشینی، جذب سطحی، اکسیداسیون بیوشیمیایی که هر یک سهم ویژه ای در بهسازی آب دارند. بازدهی این صافی بطور معمول ۰/۴ـ۰/۱ متر مکعب آب در ساعت در متر مربع سطح می‌باشد.

لایه زیستی تشکیل شده بر روی سطوح بستر، فعالیت زیست شناختی بسیار خوبی در بهسازی آب دارد. در ابتدای فعالیت صافی، عمل تصفیه مکانیکی است. بطوری که نمی‌توان به آن عنوان صافی کند داد، لیکن بتدریج در زمان کوتاهی لایه ای از یک توده حیاتی بر روی سطوح بستر، رشد می‌کند که به نام لایه زیستی Schmutzdecke یا لایه زیست شناختی لجنی لزج باکتریایی نامیده می‌شود. این لایه زیست شناختی ژلاتینی شکل که شامل رگه های جلبک و اشکال پر شمار حیات ازجمله پلانکتون‌ها، دیاتومه ها و باکتری‌ها است، تشکیل لایه ای زیستی به عنوان "عمل کردن یا به کار آمدن" صافی شناخته می‌شود. دیگر قسمت‌های پالای شنی کند عبارت است از دستگاه زه کشی کف صافی، شیر کنترل، مخزن برداشت آب که در کتب مرجع بهسازی آب به تفصیل آمده است.

مزایای صافی شنی کند

۱ ـ آسان بودن ساخت و بهره برداری

۲ ـ ارزان تر بودن نسبت به صافی تند

۳ ـ کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکـــی آب تصفیه شده، بسیار خوب است و کارایی آن در حذف میکروب‌ها ۹۹/۹ تا ۹۹/۹۹ درصد می‌باشد و E. coli را ۹۹ تا ۹۹/۹ درصد کاهش می‌دهد. در صافی شنی کند پیش تصفیه صورت نمی‌پذیرد وازمواد منعقد کننده استفاده نمی‌شود. به همین دلیل آب مورد استفاده بایستی کدورتی کمتر از ۱۰ واحد J.T.U داشته باشد.

پالایه شنی تند

پالای شنی تند در اواخر قرن نوزدهم بکار گرفته شد و اولین بار در سال ۱۸۸۵ در ایالات متحده آمریکا نصب گردید. پس از آن این نوع فن آوری بهسازی آب در کشورهای صنعتی، مورد توجه قرار گرفت. در حال حاضر دو نوع پالای شنی تند مورد استفاده است یکی صافی شنی تند که با قوه ثقل، جاذبه کار می‌کند ونوع دوم صافی شنی تند که با فشار، کار می‌کند. در هر دو نوع پالایه مراحل انعقاد، اختلاط و لخته سازی، ته نشینی و پالایش به ترتیب صورت می‌گیرد.

بستر صافی دارای سطحی در حدود ۹۰ـ۸۰ متر مربع است که در آن شن محیط پالاینده است. حجم فعال بخش شنی بین ۲ـ۰/۶ متر معکب و عمق بستر شنی بطور معمول نزدیک به یک متر است. در زیر بستر شنی لایه ای از سنگ ریزه به ارتفاع ۰/۴ـ۰/۳ متر است. سنگ ریزه ها در نگهداری بستر شنی کمک می‌کنند و امکان می‌دهند که آب پالایش شده به سوی قسمت زه کشی آزادانه جریان یابد. عمق در بخش بالای بسترشنی ۱/۵ـ۱ متر است. میزان پالایش ۱۵ـ۵ متر مکعب به ازای هر متر مربع سطح پالایه در هر ساعت است.

مزایای پالاهای شنی تند

مزایای پالایه های شنی تند نسبت به پالایه های شنی کند عبارت است از:

۱ ـ بسترهای شنی تند سطح کمتری را اشغال می‌کنند

۲ ـ پالایش‌های سریع انجام می‌شود و حدود ۵۰ـ۴۰ برابر سریع تر از پالایه های شنی کند است.

۳ ـ شستن پالایه آسان است

۴ ـ عملیات آن انعطاف پذیر است

د ـ استفاده از اشعه ماوراء بنفش (U.V)

پرتوهای فرابنفش به علت خاصیت میکروب کشی که دارند در بهسازی آب آشامیدنی موسسات، بیمارستان‌ها، هتل‌ها و کاخ‌ها بکار می‌رود. اگر چه این فرایند فیزیکی در نابودی خرده زیستمندهای آب آشامیدنی موثرند، ولی به علت معایب زیر بکارگیری آنها محدود است:

محدودیت‌های استفاده از پرتوهای فرابنفش

۱ ـ مقرون به صرفه نبودن مخصوصا برای مقادیر بالا از نظر حجمی
۲ ـ اثر میکروب کشی ابقایی ندارد
۳ ـ رنگ و کدور مانع گندزدایی پرتوهای فرابنفش می‌شود

لازم به ذکر است بهسازی یا خالص کردن آب در مقادیر محدود یا برای مصارف خانوار و جمعیت‌های کوچک از طریق جوشاندن، گندزدایی شیمیایی و پالایش انجام می‌شود و اقدامات محافظتی در خصوص استخرهای شنا و دیگر تفریحگاه های آبی نظیر رودخانه ها و سواحل نیز طبق دستورالعمل‌های محلی و استانداردهای ملی نیز صورت می‌گیرد.

۲ ـ تصفیه شیمیایی

اگرچه درمراحل مختلف تصفیه آب برای سبک کردن، حذف موادسمی، منعقدسازی از مواد شیمیایی به عنوان لخته ساز و کمک منعقدکننده استفاده می‌شود. ولی متداول ترین ماده شیمیایی که در تصفیه آب کاربرد دارد کلر و ترکیبات آن می‌باشد. کلرزنی (Chlorination) به صورت معمول آخرین مرحله بهسازی آب است. این فرایند، مهم ترین پیشرفتی است که در عمل تصفیه آب حاصل شده است. کلرزنی مکمل پالایش است زیرا علاوه براز بین بردن عوامل میکروبی بیماری‌زا از آلودگی ثانویه میکروبی نیز جلوگیری می‌کند. اما کلر در مقدار متداول آن بر هاگ میکروب‌ها، تخم و کیست انگل‌ها و بعضی ویروس‌ها تاثیری ندارد. کلر علاوه براثر گندزدایی که دارد به علت داشتن ویژگی اکسیدکنندگی آن عناصری نظیر آهن، منگنز، هیدروژن سولفید و سیانور را اکسیده می‌کند. بعضی از عوامل مولد بو و طعم نامطبوع را از بین می‌برد.

چگونگی اثر گندزدایی کلر

کلر افزوده شده به آب، منجر به تشکیل اسید کلریدریک و اسید هیپوکلرو می‌شود. اسید هیپوکلرو موثرترین ترکیب کلردار برای گندزدایی آب می‌باشد. هرچه قدر PH آب پایین باشد اثر گندزدایی آن بیشتر می‌شود، زیرا در PH نزدیک ۷ اسیدهیپوکلرو بیشتر تولید می‌گردد و در PH حدود ۸/۵ اثر گندزدایی کلر، ضعیف خواهند شد. خوشبختانه بیشتر آب‌ها دارای PH = 5/7-6 هستند.

مبانی کلرزنی

برای حصول اطمینان از درستی کلرزنی قواعد زیر بایستی رعایت شود:

۱ ـ آب مورد گندزدایی، صاف و بدون کدورت باشد.
۲ ـ کلر مورد نیاز آب مشخص گردد، نقطه شکست کلر و کلر باقی مانده آزاد حائز اهمیت است.
۳ ـ در هر حال زمان تماس حدود یک ساعت برای ازبین بردن زیستوارک‌های حساس در مقابل کلر منظور گردد.

۴ ـ حداقل کلر باقیمانده پس از یک ساعت ۰/۵ میلی گرم در لیتر پیشنهاد می‌شود. این مقدار در همه گیری‌های بیماری‌های روده تا ۱ میلی گرم در لیتر نیز توصیه شده است.

۵ ـ مقدار کلر مورد نیاز هر نوع آب برابر خواهد بود با مقدار کلری که به آب اضافه می‌شود تا پس از یک ساعت مقدار ۰/۵ میلی گرم در لیتر کلر باقی مانده داشته باشد.

روش کلرزنی

با توجه به حجم آب مورد گندزدایی و وسعت پروژه، روش کلرزنی تعیین می‌گردد. کلر ممکن است به یکی از اشکال زیر در دسترس باشد:

الف) گازکلر Cl_2

ب) کلرامین NH_2Cl و $NHCl_2$

ج) پرکلرین H.T.H (High Test Hypochlorit)

د) دی اکسید کلر ClO_2

کلر اولین ماده انتخابی در گندزدایی آب است زیرا ارزان، موثر و کاربرد آن بسیار ساده است. برای جلوگیری از آثار سمی آن توسط دستگاه کلرزنی به آب اضافه می‌شود. ترکیب آمونیاکی کلر نیز برای گندزدایی آب به کار می‌رود لیکن اثر آن کندتر از اثر کلر است این امر باعث محدودیت استفاده از آن شده است.

پرکلرین یا H.T.H یا هیپوکلریت پر قدرت، یکی از ترکیبات کلسیم است که ۷۰ـ۶۰ درصد کلر دارد. محلول ساخته شده از H.T.H و ترکیبات دیگر کلردار برای گندزدایی آب بکار می‌رود.

ـ پرکلرین $Ca(OCL)_2$ به صورت پودر یا کریستال ریز در بسته هایی با وزن مشخص تهیه و توزیع می‌گردد.

ـ گرد سفید کلر $CaOCL_2$ که کلر قابل استفاده آن ۳۹ـ۳۳/۵٪ است.

ـ محلول هیپوکلریت سدیم Naocl که دارای ۵ـ۳ و ۱۶ـ۱۰ درصد وزنی کلر قابل استفاده است.

به هر حال علی رغم ترکیبات جانبی کلر با مواد آلی آب و خطرات احتمالی آن برای سلامت هنوز کلر به عنوان یک ماده شیمیایی گندزدا برای بهسازی آب آشامیدنی مورد استفاده است.

آزمایشات تعیین کیفیت آب آشامیدنی

برای تعیین کیفیت آب، آزمایشات شیمیایی و میکروبی آب انجام می‌شود و آنچه که قبل از انجام آزمایش مهم است نمونه گیری صحیح از نظر تعداد و تکرار نمونه گیری است: نمونه ها بایستی متناسب با اهداف تهیه و تامین آب آشامیدنی سالم باشد.

استانداردسازی

استاندارد نمودن هر محصولی یعنی تطابق آن با نیازها و خواست‌های منطقی مصرف کنندگان، رواج دادن پذیرش عمومی

محصولی برای عامه به گونه ای که در قالب هزینه اثربخشی بدون عوارض وعواقب ناخوشایند مورد مصرف یا استفاده مردم قرار گیرد. مثلا در مورد آب آشامیدنی، استاندارد مواد آلوده کننده برای ارزیابی خطراتی است که ممکن است در نتیجه آب آلوده متوجه انسان گردد. اصولا استانداردها از محلی به محل دیگر و از کشوری به کشور دیگر در حال تغییر است، لیکن کشورهایی که تاکنون استاندارد مدونی برای خود تهیه نکرده اند، استاندارد سازمان جهانی بهداشت را ملاک قرار می‌دهند. معمولا دو نوع استاندارد برای مقاصد بالا متصور است: استاندارد اولیه که مقامات مسئول باید برای حفظ بهداشت عمومی و جلوگیری از آثار مواد آلوده کننده اقدامات جدی به عمل آورند، درحالیکه در استانداردهای ثانویه، باید تدابیر لازم برای ارتقاء بهداشت عمومی، به عمل آید.

آزمایش‌های آب

مشخص کردن اینکه آب آشامیدنی، دارای چه وضعی باشد کار ساده ای نیست، از آنجا که آبی که در اختیار ما قرار می‌گیرد محصولی ساختگی نمی‌باشد، نمی‌توان اختصاصات ثابتی را برای آشامیدن در نظر گرفت. لذا احتمالا بایستی اعمالی بر روی آب انجام گیرد تا قابل شرب گردد. این تغییرات که به نام مجموعه اعمال تصفیه، نامیده می‌شود، آب را از نظر فیزیکی و شیمیایی و میکروبی، مناسب مصرف می‌سازد. آزمایشات فیزیکی و شیمیایی آب طبق روش‌های استاندارد آزمایشات کیفی آب برای تعیین کیفیت آب آشامیدنی، صورت می‌گیرد.

بررسی احتمالی آلودگی میکروبی منابع آب آشامیدنی در این درس مورد بحث و گفتگو قرار گرفته و روش‌های نمونه برداری از منابع آب و آزمایشات باکتریولوژی مورد مطالعه می‌باشد. آزمایش‌های میکروبی آب، کیفیت آب را جهت آشامیدن و سایر استفاده ها مشخص می‌سازد. این آزمایشات، درجه آلودگی آب به فضولات انسانی و حیوانی را مشخص می‌سازد. امروزه روش‌های پیشرفته ای وجود دارد که امکان تعیین باکتری‌های بیماری زا را در آب فراهم ساخته است ولی از آنجایی که جدا کردن آن‌ها از نمونه های آب مشروب به صورت کار روزمره عملی دشوار است جستجو و شمارش میکروب‌های اندیکاتور به عوض میکروب‌های بیماری زا انجام می‌گیرد.

دکتر علی الماسی