

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 خیلی کمی 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 دریاچه‌ها و رودخانه و آب‌های زیرزمینی وجود دارد که حدود ۰/۳۶ درصد کل منابع آب می‌باشد. آب اقیانوس‌ها، دریاها و اغلب دریاچه‌ها و بسیاری از منابع آب زیرزمینی به علت شور بودن 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، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و منابع آب سطحی می‌گردد. بخار آب فشرده شده همراه توده‌های 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 روزه‌های 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 را تشکیل می‌دهد. این ماده ۷۰٪ گیاهان را تشکیل می‌دهد. آب فراوان ترین 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 و محیطی است برای نقل و انتقال مواد در بدن موجودات زنده که علاوه بر نقش موثر آن 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 اندرید 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 بی‌مزه 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_2O_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 آلاینده‌ها 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 و اقتصادی 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 منجر به بروز برخی بیماری‌ها می‌شود. فقدان ید و فلوئور و ارتباط آنها با گواتر اندمیک و یوسیدگی 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 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 فناوری‌ها برای ارتقاء سلامت جامعه است.

ناخالصي‌هاي آب

چنانچه آب خالص با تركيب شيميايي H₂O را اساس مطالعه قرار دهيم ناخالصي‌هاي آن عبارتند از:

۱ - ناخالصي‌هاي معلق

نظير ذرات معلق زنده و غيرزنده که در آب به صورت معلق يافت مي‌شوند. اين نوع ناخالصي را مي‌توان در سه گروه، تقسيم بندي و مطالعه نمود.

- الف) ذرات معلق زنده بيماري‌زا مانند عوامل بيماري‌زاي موحد وبا، حصيه، شبه حصيه، انواع اسهال‌ها، تخم انگل‌ها مانند آسکاريس و عامل کيست هيداتيذ و ويروس‌ها، منشاء اصلي اين دسته از ناخالصي‌ها فاضلاب شهري و حضور حيوانات اهلي يا وحشي در مجاورت منابع آب مي‌باشد.
- ب) ذرات معلق زنده غيربیماری‌زا مانند باکتری‌هاي ساپروفيت، اغلب جلبک‌ها و تک سلولي‌هايي که در طبيعت به وفور پيدا مي‌شوند.
- ج) ذرات معلق غيرزنده مانند رس، ليمون که ناشي از فرسايش سطح زمين و سطوح آبخيز مي‌باشد.

از نظر فيزيکي ذرات بالا به دو گروه تقسيم مي‌شوند گروهی که در حوضچه های ته نشيني و يا صافي‌ها جدا مي‌شوند و گروهی که براي جدا کردن آنها احتياج به مواد منعقد کننده است تا از طريق لخته سازي، به ذرات درشت تري تبديل شده و حذف شوند.

۲ - ناخالصي‌هاي محلول

اين دسته شامل املاح معدني، تركيبات آلي و گازهاي محلول مي‌باشند که مي‌توان آنها را به صورت زير گروه بندي نمود:

- الف) املاح محلول معدني که اغلب به صورت املاح کلسيم، منيزيم، سدیم، آهن، منگنز و... مي‌باشد که برخي از آنها مصرف آب را محدود مي‌نمايند که در جاي خود بحث خواهد شد.
- ب) گازهاي محلول مانند اکسيژن، انيدريد کربنيک، هيدروژن سولفور، ازن وغيره مي‌باشند و اين نوع ناخالصي نيز کيفيت شيميايي آب را تحت تاثير قرار داده و ممکن است باعث نامطلوب بودن آن شود.

منابع تامين آب

آب يك منبع حياتي است که معمولا از محدوديت خاصي برخوردار است آب شيرين موجود در محدوده جغرافيايي خاصي تقريبا ثابت و جوايگوي جمعيت محدودی است.

منابع آب مشروب اجتماعات را مي‌توان به سه دسته تقسيم نمود:

الف) منابع سطحی

آب‌هايي که در قالب آب باران، آب رودخانه، آب درياچه هاي طبيعي، آب درياچه ها يا سدهاي ذخيره اي و قنوات در طبيعت موجود هستند و در صورتي که استحصال و بهسازي، نگهداري و بهره برداري آنها با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادي و فني مقدور باشد به عنوان منبع آب آشاميدني انتخاب مي‌شوند.

ب) منابع آب زیرزمینی

منابعي نظير چشمه سارها، آب چاه هاي کم عمق، چاه هاي عميق، چاه هاي جاري و آب حاصل از کانال‌هاي ساخته شده منابع آب زیرزميني را تشکيل مي‌دهند.

ج) منابع آب شور

و بالاخره در شرايطي که هيچ کدام از منابع فوق جهت دستيابي به آب شيرين مقدور نباشد سومين منبع عبارت خواهد بود از آب درياها و درياچه هاي شور يا آب‌هاي شور زیرزميني.

اکثر اجتماعات شهري و روستايي ايران از منابع آب‌هاي زیرزميني بهره برداري مي‌کنند. در دو دهه اخير چندین طرح بزرگ و متوسط انتقال آب‌هاي سطحی منابع دوردست نيز تهیه و اجراء شده است. منبع اصلي آب آشاميدني شهرهايي مانند مشهد، شيراز، تبريز، بندر عباس، کرمانشاه، کرمان و بخشي از تهران از منابع آب زیرزميني است. اغلب روستاهاي ايران به روش سنتي و علمي ليکن بعضا غلط از آب زیرزميني استفاده مي‌کنند. انتخاب منبع آب آشاميدني 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 در نهایت 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 و کدر 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 کاملاً 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 و میکروب شناختی ارزیابی و انتخاب می‌گردد.

ویژگی‌های آب سالم

- ۱ - عاری از عوامل زنده بیماری‌زا باشد
- ۲ - عاری از مواد شیمیایی زیان آور باشد
- ۳ - بدون رنگ و بو، و طعم مطبوع داشته باشد
- ۴ - 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 و زائدات حیوانی و کشاورزی، معمولاً 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 هر حال اجزای آنها یا کاملاً تجزیه شده و یا به حد 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 اشیاه 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 کوکساکسی، اکو و گاستروآتریت ویروسی.

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

د) کرم‌های انگلی: شیسستوزومیازیس، 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.

میکروارگانیزم‌هایی 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 میکروارگانیزم‌های 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 ارگانیزم‌های فرصت طلب، با تراکم زیادی در آب باشند موجب عفونت‌های مختلفی در پوست، مخاط، چشم، گوش، بینی و گلوئی افراد حساس یا با مقاومت پایین می‌گردند. مثال بارز این میکروارگانیزم‌ها پسدومونا آئروژینوزا و گونه های فلاویباکتریوم، آسینتوباکتر، کلبسیلا، سراتیا، آنروموناس 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 زیاله 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 در انسان 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 از بیماری‌ها با کیفیت شیمیایی آب آشامیدنی یا غذاهای دریایی را نشان می‌دهد. در بیماری‌های ناشی از آلاینده های شیمیایی می‌توان به عارضه متهموگلوبینمی در کودکان، مسائل مربوط به بهداشت دندان‌ها، سختی آب و بیماری‌های قلب و عروق و مسمومیت حاد

یا مژمن ناشی از ترکیباتی نظیر سموم دفع آفات، ترکیبات فلزی، 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 CO₂ و رسوب کربنات‌های کلسیم و سدیم می‌گردد. اما سختی مربوط به سولفات‌ها، نیترات‌های کلسیم، منیزیم ۰۰۰ در اثر حرارت رسوب نمی‌دهند. سختی آب معمولاً 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 - طبقه بندی سختی آب

| | |
|--|--|
| | |
| | |

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 قاعدتاً ارتباط نزدیکی با طعم آن دارد. عوامل مختلفی در ایجاد طعم و بوی آب موثر است. از جمله این عوامل جلبک‌ها، تجزیه گیاهان آبرزی، 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 معمولاً به علت وجود مواد معلق در آب ایجاد می‌شود. در برنامه های تهیه، تامین و توزیع آب بهداشتی معیار کدورت نیز مورد توجه است. و معمولاً 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 معمولاً 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 معمولاً با واحد هیزن که معروف به مقیاس پلاتین - کبالت است، بیان می‌شود.

دمای آب

از آنجایی که گوارایی آب مربوط به میزان اکسیژن محلول در آن می‌باشد هر قدر دمای آب بالاتر باشد میزان حلالیت 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 تا ۱۵ 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 فیزیکی - شیمیایی آب محسوب می‌شود. زیرا گزینه بهینه در مورد بهسازی آب به PH آن بستگی دارد. در آب نزدیک خلوص، غلظت یون های +H و -OH خیلی کم و تقریباً نزدیک به هم هستند، چنین آبی را خنثی گویند. که PH آن در ۷ تا ۸ 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 و تمیز 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 بعضاً 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 تأمل 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 در مراحل 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، سولفور و انیدریک 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 ۵۷ روز اول تا ۹۰٪ میکروب‌ها کاهش می‌یابند و این یکی از مزایای ذخیره کردن آب است. مدت نگهداری بهینه آب ۱۴-۱۰ روز است لیکن از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست ضمناً احتمال رشد جلبک‌ها و تغییر کیفیت فیزیکی آب وجود دارد.

ج) پالایش آب

معمولاً 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٪ تا ۹۸٪) در مرحله پالایش از بین می‌روند و دیگر ناخالصی‌ها معلق و احیاناً 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

تقریباً 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 ترجیحاً گرد باشند و قطر موثر آن‌ها بین ۰/۱۵ تا ۰/۳۵ میلی متر باشد. شن‌ها لازم است تمیز و عاری از خاک رس و مواد 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 در بین ماسه تراوش می‌کند (فرایند عبور بیش از ۲ ساعت به طول می‌انجامد) و در 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 ۰/۴-۰/۱ 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 لژ باکتریایی نامیده می‌شود. این لایه زیست شناختی ژلاتینی شکل که شامل رگه های جلبک و اشکال پر شمار حیات از جمله پلانکتون‌ها، دیاتومه ها و باکتری‌ها است، تشکیل لایه ای زیستی به عنوان "عمل کردن یا به کار آمدن" صافی شناخته می‌شود. دیگر قسمت‌های پالایه 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 - آسان بودن ساخت و بهره برداری
- ۲ - ارزان تر بودن نسبت به صافی تند
- ۳ - کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب تصفیه شده، بسیار خوب است و کارایی آن در حذف میکروپها ۹۹/۹ تا ۹۹/۹۹ درصد می‌باشد و E. coli را ۹۹ تا ۹۹/۹ درصد کاهش می‌دهد. در صافی شنی کند بیش تصفیه صورت نمی‌پذیرد و از مواد منعقد کننده استفاده نمی‌شود. به همین دلیل آب مورد استفاده بایستی کدورتی کمتر از ۱۰ واحد J.T.U داشته باشد.

پالایه شنی تند

پالایه 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 پالایه شنی تند مورد استفاده است یکی صافی شنی تند که با قوه ثقل، جاذبه کار می‌کند و نوع 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 ۸۰-۹۰ متر مربع است که در آن شن محیط پالایه است. حجم فعال بخش شنی بین ۰/۶-۲ متر مکعب و عمق بستر شنی بطور معمول نزدیک به یک متر است. در زیر بستر شنی لایه ای از سنگ ریزه به ارتفاع ۰/۴-۰/۳ متر است. سنگ ریزه ها در نگهداری بستر شنی کمک می‌کنند و امکان می‌دهند که آب پالایش شده به سویی قسمت زه کشی آزادانه جریان یابد. عمق در بخش بالای بسترشنی ۱/۵-۱ متر است. میزان پالایش ۵-۱۵ متر مکعب به ازای هر متر مربع سطح پالایه در هر ساعت است.

مزایای پالایه شنی تند

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

- ۱ - بسترهای شنی تند سطح کمتری را اشغال می‌کنند
- ۲ - پالایش‌های سریع انجام می‌شود و حدود ۴۰-۵۰ برابر سریع تر از پالایه های شنی کند است.
- ۳ - شستن پالایه آسان است
- ۴ - عملیات آن انعطاف پذیر است

د - 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 - مقرون به صرفه نبودن مخصوصاً برای مقادیر بالا از نظر حجمی
- ۲ - اثر میکروب کشی ابقایی ندارد
- ۳ - 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 - تصفیه شیمیایی

اگرچه در مراحل مختلف تصفیه آب برای سبک کردن، حذف موادمسمی، 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 بر از بین بردن عوامل میکروبی بیماری‌زا از آلودگی ثانویه میکروبی نیز جلوگیری می‌کند. اما کلر در مقدار متداول آن برهاگ میکروب‌ها، تخم و کیست انگل‌ها و بعضی ویروس‌ها تاثیری ندارد. کلر علاوه بر اثر 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 اسید هیپوکلرو 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 - آب مورد گندزدایی، صاف و بدون کدورت باشد.
- ۲ - کلر مورد نیاز آب مشخص گردد، نقطه شکست کلر و کلر باقی مانده آزاد حائز اهمیت است.
- ۳ - در هر حال زمان تماس حدود یک ساعت برای از بین بردن زیستوارک‌های حساس در مقابل کلر منظور گردد.
- ۴ - 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 - 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) گاز کلر Cl₂

ب) کلرامین NH₂ Cl و NHCl₂

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

د) دی اکسید کلر ClO₂

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 ۷۰-۶۰ درصد کلر دارد. محلول ساخته شده از H.T.H و ترکیبات دیگر کلردار برای گندزدایی آب بکار می‌رود.

- پرکلرین $Ca(OCl)_2$ به صورت پودر یا کریستال ریز در بسته‌هایی با وزن مشخص تهیه و توزیع می‌گردد.
- گرد سفید کلر $CaOCl_2$ که کلر قابل استفاده آن ۳۳/۵۳۹٪ است.
- محلول هیپوکلریت سدیم NaOCl که دارای ۵-۳ و ۱۰-۱۶ درصد وزنی کلر قابل استفاده است.

به هر حال علی‌رغم 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 نمونه‌گیری صحیح از نظر تعداد و تکرار نمونه‌گیری است؛ نمونه‌ها بایستی متناسب با اهداف تهیه و تامین آب آشامیدنی سالم باشد.

استانداردسازی

استاندارد نمودن هر محصولی یعنی تطابق آن با نیازها و خواست‌های منطقی مصرف‌کنندگان، رواج دادن پذیرش عمومی محصولی برای عامه به گونه‌ای که در قالب هزینه اثربخشی بدون عوارض و عواقب ناخوشایند مورد مصرف یا استفاده مردم قرار گیرد. مثلاً در مورد آب آشامیدنی، استاندارد مواد آلوده‌کننده برای ارزیابی خطراتی است که ممکن است در نتیجه آب آلوده متوجه انسان گردد. اصولاً استانداردها از محلی به محل دیگر و از کشوری به کشور دیگر در حال تغییر است، لیکن کشورهایایی که تاکنون استاندارد مدونی برای خود تهیه نکرده‌اند، استاندارد سازمان جهانی بهداشت را ملاک قرار می‌دهند. معمولاً دو نوع استاندارد برای مقاصد بالا متصور است: استاندارد اولیه که مقامات مسئول باید برای حفظ بهداشت عمومی و جلوگیری از آثار مواد آلوده‌کننده 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 ساده‌ای نیست، از آنجا که آبی که در اختیار ما قرار می‌گیرد محصولی ساختگی نمی‌باشد، نمی‌توان اختصاصات ثابتی را برای آشامیدن در نظر گرفت. لذا احتمالاً 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 استفاده‌ها مشخص می‌سازد. این آزمایشات، درجه آلودگی آب به فضولات انسانی و حیوانی را مشخص می‌سازد. امروزه روش‌های پیشرفته‌ای وجود دارد که امکان تعیین باکتری‌های بیماری‌زا را در آب فراهم ساخته است ولی از آنجایی که جدا کردن آنها از نمونه‌های آب مشروب به صورت کار روزمره عملی دشوار است جستجو و شمارش میکروب‌های اندیکاتور به عوض میکروب‌های بیماری‌زا انجام می‌گیرد.