

کتاب جامع

بهداشت عمومی

فصل ۴ / گفتار ۲ / دکتر علی الماسی، دکتر احمد رضا یزدانبخش

بهداشت آب

فهرست مطالب

۴۰۱	اهداف درس
۴۰۱	مقدمه
۴۰۴	ناخالصی‌های آب
۴۰۴	۱ - جامدات معلق
۴۰۵	۲ - جامدات محلول
۴۰۵	منابع تامین آب
۴۰۵	الف) منابع آب سطحی
۴۰۵	ب) منابع آب زیرزمینی
۴۰۵	ج) منابع آب شور
۴۰۶	آب سالم و پاکیزه
۴۰۶	ویژگی‌های آب سالم
۴۰۶	آلودگی آب
۴۰۶	تعریف آب آلوده
۴۰۷	آلودگی آب از نظر منشأ
۴۰۹	ویژگی‌های فیزیکی یا ظاهری آب
۴۱۰	تصفیه آب
۴۱۱	راه‌های بهسازی آب
۴۱۲	پالایه یا صافی شنی کند
۴۱۳	پالایه شنی تند
۴۱۴	۲ - تصفیه شیمیایی
۴۱۵	نظارت بر کیفیت آب آشامیدنی
۴۱۷	روش ارتقاء آگاهی‌های جامعه در مورد بهداشت و بهسازی آب آشامیدنی
۴۱۹	منابع

بهداشت آب

Water sanitation

دکتر علی الماسی* دکتر احمد رضا یزدانبخش**

* دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

** دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

اهداف درس

انتظار می‌رود فراگیرنده، پس از گذراندن این درس، بتواند:

- اهمیت آب را توضیح دهد و ناخالصی‌های آب را نام ببرد
- منابع آب آشامیدنی را بیان کند
- آب سالم و آلوده را تعریف کند
- انواع آلودگی آب را مشخص نماید
- بیماری‌های ناشی از آب غیر بهداشتی را لیست نماید
- آلودگی آب با مواد شیمیایی را توضیح دهد
- تصفیه آب را شرح دهد
- روش‌های تصفیه آب را توضیح دهد
- ضد عفونی آب با استفاده از مواد شیمیایی متداول (کلر) را توضیح دهد
- استانداردهای کیفیت میکروبی آب را تعریف نماید
- آزمایشات میکروبی تعیین کیفیت میکروبی را توضیح دهد
- معیارهای شاخص میکروبی آب را لیست نماید
- روش ارتقاء آگاهی جامعه در مورد بهداشت و بهسازی آب را طراحی نماید.

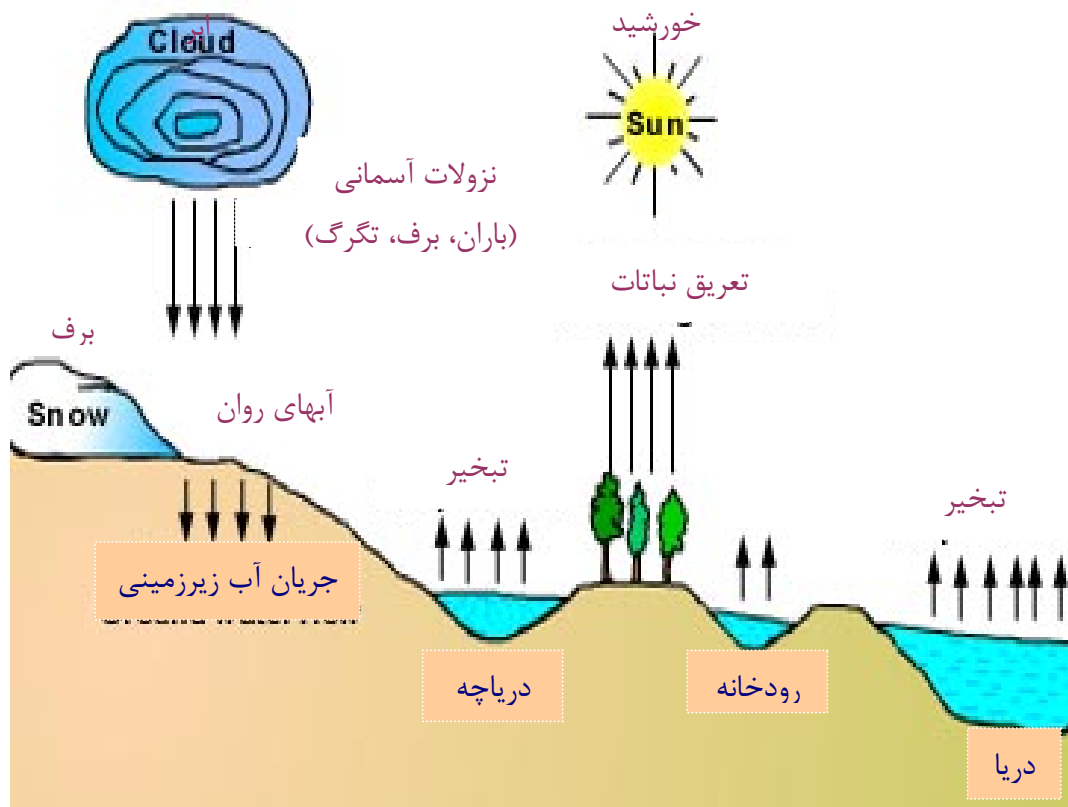
مقدمه

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 می باشد. اگر چه بیش از سه چهارم کره زمین را آب فرا گرفته است، سهم خیلی از آب های موجود، برای مصارف بهداشتی و کشاورزی، قابل استفاده است. از کل آب موجود در کره زمین، حدود ۹۷/۳ درصد اقیانوس ها و ۲/۱ درصد یخ های قطبی و ۰/۶ درصد دریاچه ها و رودخانه و آب های زیرزمینی را تشکیل می دهد. آب اقیانوس ها، دریاها و اغلب دریاچه ها و بسیاری از منابع آب زیرزمینی به علت شوری بیش از حد و داشتن املاح معدنی زیاد برای مقاصد بهداشتی، کشاورزی و صنعتی، غیرقابل استفاده می باشند.

آب ماده حیاتی است که بطور یکنواخت در سطح کره زمین موجود نمی باشد. 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 می نامند (شکل ۱).



شکل ۱ - گردش آب در طبیعت

انرژی خورشید باعث تبخیر آب اقیانوس ها، رودخانه ها، دریاچه ها و منابع آب سطحی می گردد. بخار آب فشرده شده همراه توده های هوا باعث نگهداری آب در هوا شده و موجب تشکیل ابر باردار یا ذخیره کننده آب می شود ریشه گیاهان، آب و رطوبت موجود در خاک را گرفته و از طریق روزنه های تنفسی برگ ها 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٪ وزن گیاهان را تشکیل می‌دهد. آب فراوان ترین و بهترین حلال در طبیعت است. آب یک مایع زیست شناختی است که واکنش‌های فیزیکی و شیمیایی سوخت و ساز در پیکره موجودات زنده را مقدر 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 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 بی‌مزه است که دارای نقطه انجماد صفر و نقطه جوش ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد ساختار شیمیایی آن به صورت H_2O است که به احتمال کمتر از ۰/۳ درصد آب‌های موجود در طبیعت در بردارنده ایزوتوپ‌های H_2O_2 ، H_2O_3 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 توسعه، عدم برخورداری از آب آشامیدنی سالم است. بر اساس اعلام سازمان جهانی بهداشت نزدیک به دو بلیون نفر از مردم دنیا دسترسی مناسب و نزدیک به تسهیلات آب آشامیدنی سالم ندارند. همچنین پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ نیمی از مردم جهان در مناطقی که زندگی می‌نمایند به شدت با کمبود آب برای آشامیدن و مصارف بهداشتی، مواجه خواهند بود. از آنجایی که محور توسعه پایدار، انسان سالم است و سلامت انسان در گرو بهره‌مندی از آب آشامیدنی مطلوب می‌باشد بدون تامین آب سالم جایی برای سلامت و رفاه جامعه، وجود نخواهد داشت، بطوریکه در سند مربوط به اهداف توسعه هزاره تا سال ۲۰۱۵ (Millennium Development Goals) در هدف ۷ و در سند اهداف توسعه پایدار تا سال ۲۰۳۰ (Sustainable Development Goals) در هدف ۱-۶ منتشر شده توسط سازمان جهانی بهداشت، دسترسی به آب آشامیدنی سالم از مهمترین اهدافی است که باید مورد توجه کشورهای مختلف قرار گیرد. 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. به علت اهمیت آب در زندگی انسان، مصارف آب در یک اجتماع تحت عنوان مصارف منفعتی در نظر گرفته می‌شود. و شامل مصارف بهداشتی و شرب، کشاورزی و مصارف صنعتی می‌باشد. در ایران ۹۴ درصد مصارف آب در کشاورزی، ۴ تا ۵ درصد بهداشتی و شرب و کمتر از ۲ درصد در صنعت می‌باشد.

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 پاره‌ای از آن‌ها در آب، ایجاد اختلال در بدن موجود زنده می‌کند و منجر به بروز برخی بیماری‌ها می‌شود. و چه زیبا توصیف شده است اهمیت آب در کلام الهی: **آب پایه و اساس موجودیت تمامی موجودات زنده است (وَ جَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ - قرآن مجید)**

فقدان ید و فلوتور 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 بیماری‌زا بوده و ایجاد بیماری‌های عفونی خطرناکی می‌کنند. بهسازی آب رابطه مستقیمی با کاهش بیماری‌های عفونی دارد. 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. بر اساس توصیه‌های سازمان جهانی بهداشت، در هر جامعه‌ای یک سازمان بهداشتی مستقل از سازمان تامین آب باید وظیفه نظارت بر تامین آب سالم و بهداشتی را انجام دهد. در کشور ما وزارت نیرو از طریق شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی وظیفه تامین آب و وزارت بهداشت توسط مراکز بهداشتی، نظارت بر بهداشت آب را به عهده دارند.

ناخالصی‌های آب

چنانچه آب خالص با ترکیب شیمیایی H_2O را اساس مطالعه قرار دهیم ناخالصی‌های آن را با واژه ی جامدات کل آب (Total Solids) توصیف می‌نمایند که شامل جامدات معلق (Suspended Solids) و جامدات محلول (Total Solids) می‌باشد. کل جامدات آب را از طریق تبخیر آب نمونه و وزن نمودن باقیمانده خشک بر حسب mg/L بدست می‌آورند.

۱ - جامدات معلق

نظیر ذرات معلق زنده و غیرزنده که در آب به صورت معلق یافت می‌شوند. در آزمایشگاه با عبور دادن حجم مشخصی از نمونه آب از یک فیلتر، جامدات معلق را از جامدات محلول آب جدا می‌نمایند. جامدات معلق را می‌توان در سه گروه، تقسیم بندی و مطالعه نمود.

الف - ذرات معلق زنده بیماری‌زا مانند عوامل بیماری‌زای موجد ویا، حصبه، شبه حصبه، انواع اسپهال‌ها، 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 تصفیه خانه های آب درحوضچه‌های

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 سپس از طریق حوضچه های ته نشینی یا صافی‌ها حذف شوند.

۲ - جامدات 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 و ... 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 سولفور، ازت و غیره می‌باشند و این نوع ناخالصی نیز کیفیت شیمیایی آب را تحت تاثیر قرار داده و ممکن است باعث نامطلوب بودن آن شود.

ج - ترکیبات آلی محلول: در آبهای تمیز و غیر آلوده ترکیبات آلی وجود ندارد یا مقادیر آن بسیار کم (معمولا با منشاء طبیعی) است ولی در آبهای آلوده به فاضلاب‌ها یا پساب‌ها ترکیبات آلی طبیعی یا سنتتیک در آب وجود داشته باشد.

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 شرب اجتماعات را می‌توان به سه دسته تقسیم نمود:

الف - منابع آب سطحی

آب‌هایی که در قالب آب باران، آب رودخانه، آب دریاچه‌های طبیعی، آب دریاچه‌ها یا سدهای ذخیره‌ای 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 چاه‌های کم عمق، چاه‌های عمیق، چاه‌های 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 دریاچه‌های شور یا آب‌های شور زیرزمینی که با استفاده از روش‌های متعدد اقدام به شیرین کردن آب می‌نمایند.

اکثر اجتماعات شهری و روستایی ایران از منابع آب‌های زیرزمینی بهره‌برداری 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 بعضاً 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 پاکیزه‌ای در اختیار مصرف‌کننده 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 مصرف‌کننده قرار گرفته و مصرف‌کننده به طرف آب به ظاهر پاکیزه‌ای گرایش پیدا کند که از نظر کیفیت شیمیایی و میکروبی، نامطلوب باشد. آب سالم آبی است که حتی در درازمدت مصرف آن خطری برای مصرف‌کننده ایجاد نکند. توصیه می‌شود آب آشامیدنی نه تنها کاملاً سالم باشد بلکه باید "پاکیزه" یعنی مورد پسند مصرف‌کننده 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

آب سالم آبی است که: ۱- عاری از عوامل زنده بیماری‌زا باشد ۲- عاری از مواد شیمیایی زیان‌آور باشد ۳- بدون رنگ و بو، و طعم مطبوع داشته باشد ۴- قابل استفاده برای مصارف خانگی باشد. بطور کلی آبی سالم و بهداشتی می‌باشد که منطبق بر معیارها و استانداردهای مورد قبول مراجع ذیصلاح باشد.

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 و خیم تر، آلودگی آب ناشی از فعالیت‌های انسانی مانند شهرنشینی و صنعتی شدن است

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 - آلاینده‌های کشاورزی نظیر کودها و آفت کش‌ها.

د - آلاینده‌های 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) کاهش 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 **گند**، آلوده کننده‌های قابل انحطاط تند، نظیر فاضلاب انسانی و زائادات حیوانی و کشاورزی، معمولا خیلی سریع قابل تجزیه‌اند.

آلوده کننده‌های 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 حد غیرقابل ضرر کاهش می‌یابند. **آلوده کننده‌های غیرقابل انحطاط** از راه‌های طبیعی تجزیه نمی‌شوند. نمونه چنین آلوده کننده‌هایی عبارتند از جیوه، سرب، ترکیبات آلی هالوژنه‌ها، 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 گاستروآنتریت ویروسی.

ج - پروتوزوئرها: آمیبیازیس، ژiardیازیس، بالانتیدیازیس، نگلریافولری مولد منگوانسفالیت 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، اسپلاتوریا، آنابنا و نودولاریا که مسمومیت کبدی ناشی از آن‌ها طی ۲۴ ساعت پس از خوردن، فرد را از پای در می‌آورد.

میکروارگانسیم‌هایی که از طریق آب آلوده به انسان منتقل می‌شوند و دارای اهمیت چشمگیر بهداشتی هستند در جدول ۲ از گفتار ۱ فصل ۴ کتاب حاضر آمده است. منشاء عمده این میکروارگانسیم‌ها ورود فاضلاب به منابع آب است. عوامل باکتریائی نظیر ویبریو کلرا، سالمونلا تیفی، شیگلا، باسیل سیاه زخم، لپتوسپیرا، عوامل ویروسی مانند آدنووایروس‌ها، آنترووایروس‌ها، ویروس‌های عامل هپاتیت A و هپاتیت E، عامل نورواک، رتوویروس و روتاویروس، تک یاخته‌ها مانند بالانتیدیوم، کریتوسپوریدیوم، آتاموبا هیستولیتیکا و ژیا ردیا لامبلیا و انواع انگل‌های بیماریزا، عوامل عفونی بالقوه‌ای هستند که می‌توانند از طریق آب آلوده منتقل شوند. طبق اعلام سازمان جهانی بهداشت سالیانه حدود ۸۰۰۰۰۰ نفر از مردم دنیا در اثر اسهال ناشی از بیمارهای منتقله توسط آب مانند وبا جان خود را از دست می‌دهند.

همچنین در جدول ۲ از گفتار ۱ فصل ۴ کتاب برخی از میکروارگانسیم‌های 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 ارگانسیم‌های 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 میکروارگانسیم‌ها پَسودومونا آئروژینوزا و گونه‌های فلاوباکتریوم، آسیتوباکتر، کلبسیلا، سراتیا، آئروموناس و ... می‌باشد.

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. آلاینده‌های شیمیایی با اشکال متفاوت که از زباله‌های صنعتی و فضولات جامد و مایع شهری حاصل می‌شوند منابع آب را بیش از پیش تهدید می‌نمایند. این آلاینده‌ها عبارتند از حلال‌های شوینده، سیانید، فلزات سنگین، اسیدهای آلی و معدنی، مواد ازته، مواد سفید کننده، رنگ‌ها، رنگدانه‌ها، سولفیدها، آمونیاک، مواد سمی و انواع گوناگون ترکیبات آلی کشنده موجودات زنده.

آلاینده‌های 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. آلاینده‌های شیمیایی موجود در آب ممکن است ایجاد آسیب‌های سمی حاد یا مزمن در انسان نمایند. به هر حال برخی از آلاینده‌ها حتی در دز پایین ممکن است سلامت انسان را تحت تاثیر قرار دهند یا اینکه مواجهه درازمدت انسان با برخی آلاینده‌ها 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 آلاینده‌های شیمیایی می‌توان به عارضه متهموگلوبینمیا در کودکان که ناشی از نترات بالا در آب است، مسائل مربوط به بهداشت دندان‌ها، سختی آب و ارتباط معکوس با 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 بر روی موادی که بالقوه بحال مصرف کننده مضر هستند و آن دسته موادی که قابلیت پذیرش عمومی را تحت تاثیر قرار می‌دهند متمرکز می‌باشد.

امروزه توجه به آلاینده‌های سمی، دارای اولویت (شامل ۱۲۹ ترکیب و عنصر) که دارای پتانسیل سرطان زایی، سمیت و بیماری‌زایی بالا می‌باشند و همچنین آلاینده‌های نوپدید در محیط زیست شامل بسیاری از داروهای تجویز شده انسانی و حیوانی، بعضی از سموم کشاورزی و آفت‌کشها و هورمون‌های جنسی، در ارزیابی و کنترل کیفیت آب آشامیدنی، از اهمیت زیادی برخوردار است. اغلب این ترکیبات دارای سمیت بالا و همچنین دیر تجزیه بوده و با روش‌های متداول در تصفیه خانه‌های آب، حذف نمی‌شوند. اطلاعات بیشتر در خصوص این ترکیبات و اثرات بهداشتی و زیست محیطی آنها در گفتار "آلاینده‌های نوپدید در محیط زیست" در همین کتاب ارائه شده است.

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 نترات 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: بی‌کربنات 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 نموده‌اند. 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 بی‌کربنات کلسیم و منیزیم و خارج شدن CO₂ و رسوب کربنات‌های کلسیم و سدیم می‌گردد. اما سختی مربوط به سولفات‌ها، نترات‌های کلسیم، منیزیم ۰۰۰ در اثر حرارت رسوب نمی‌دهند. سختی آب معمولاً برحسب میلی‌اکی والان در لیتر یا میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم بیان می‌شود و آب‌ها را بر این اساس طبق جدول ۱ درجه بندی می‌نمایند.

معیار آب آشامیدنی از نظر سختی این است که آب آشامیدنی باید دارای سختی متوسط باشد. اگر سختی آب بیش از ۳ میلی‌اکی 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

اساسی‌ترین 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 آبی، محصولات حاصل از کلرینه نمودن آب نظیر کلر و فنل‌ها و آب‌های راکدی که در انتهای سیستم توزیع ساکن می‌مانند.

کدورت آب

پدیده‌ای 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 برنامه‌های 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 بی‌رنگ است. رنگ آب آلوده نشده می‌تواند ناشی از مواد در حال گندیدگی زمین یا نمک‌های فلزی موجود در طبیعت (آهن و منگنز) باشد. آلاینده‌های 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.

pH

غلظت یون هیدروژن در آب با معیار pH سنجیده می‌شود. این ویژگی یکی از مهم‌ترین خواص فیزیکی - 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 تقریباً 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 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 پاره‌ای 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.

راه‌های 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 گروه‌های 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 - ذخیره 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. ذخیره کردن آب به مقدار قابل ملاحظه‌ای 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 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 ۵-۷ 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

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٪-۹۸٪) 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 دانه‌های شن با دقت بسیار برگزیده می‌شوند بطوری که ترجیحا 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 ویژه‌ای 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 لایه‌ای از یک توده حیاتی بر روی سطوح بستر، رشد می‌کند که به نام لایه زیستی Schmutzdecke یا لایه زیست شناختی لجنی لزوج باکتریایی نامیده می‌شود. این لایه زیست شناختی ژلاتینی شکل که شامل رگه‌های جلبک و اشکال پر شمار حیات از جمله پلانکتون‌ها، دیاتومه‌ها و باکتری‌ها است، تشکیل لایه‌ای 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 - 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 میکروبها ۹۹/۹۹ تا ۹۹/۹۹ درصد می باشد و E. coli را ۹۹ تا ۹۹/۹ درصد کاهش می دهد. در صافی شنی کند پیش تصفیه صورت نمی پذیرد و از مواد منعقد کننده استفاده نمی شود. به همین دلیل آب مورد استفاده بایستی کدورتی کمتر از ۱۰ واحد N.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 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 می کند و نوع دوم صافی شنی تند که با فشار، کار می کند. در هر دو نوع پالایه مراحل انعقاد، اختلاط و لخته سازی، ته نشینی و پالایش به ترتیب صورت می گیرد.

بستر صافی دارای سطحی در حدود ۹۰-۸۰ متر مربع است که در آن شن محیط پالایه است. حجم فعال بخش شنی بین ۲-۰/۶ متر مکعب و عمق بستر شنی بطور معمول نزدیک به یک متر است. در زیر بستر شنی لایه ای از سنگ ریزه به ارتفاع ۴-۰/۳ متر است. سنگ ریزه ها در نگهداری بستر شنی کمک می کنند و امکان می دهند که آب پالایش شده به سوی قسمت زه کشی آزادانه جریان یابد. عمق در بخش بالای بسترشنی ۵-۱/۵ متر است. میزان پالایش ۱۵-۵ 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 - بسترهای شنی تند سطح کمتری را اشغال می کنند
- ۲ - پالایش های سریع انجام می شود 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، بیمارستان ها، هتل ها و کاخ ها بکار می رود. اگر چه این فرایند فیزیکی در نابودی میکروارگانیسم های موجود در آب آشامیدنی موثرند، ولی به علت معایب زیر بکارگیری آنها محدود است:

محدودیت‌های استفاده از پرتوهای فرابنفش

- ۱ - مقرون به صرفه نبودن مخصوصا برای مقادیر بالا از نظر حجمی
 - ۲ - اثر میکروب کشی ابقایی ندارد
 - ۳ - رنگ و کدورت 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 تفریحگاه‌های آبی نظیر رودخانه‌ها و سواحل نیز طبق دستورالعمل‌های محلی و استانداردهای ملی نیز صورت می‌گیرد.

۲ - تصفیه شیمیایی

در مراحل مختلف تصفیه آب برای سبک کردن، حذف مواد سمی، منعقدسازی از مواد شیمیایی به عنوان لخته ساز، کمک منعقدکننده و اکسید کننده استفاده می‌شود. متداول ترین مواد شیمیایی که در تصفیه آب کاربرد دارد مواد منعقد کننده مانند نمک های آهن و آلومینیوم، آهک، کربن فعال، مواد اکسید کننده مانند پراکسید هیدروژن، ازن، کلر و ترکیبات آن می‌باشد. کلرزنی (Chlorination) به صورت معمول آخرین مرحله بهسازی آب 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 بر هاگ میکروبه‌ها، تخم و کیست انگل‌ها و بعضی ویروس‌ها تأثیری 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. برای اطلاع از روش‌های تصفیه آب در تاسیسات بزرگ به فصل ۴ گفتار ۱۱ مراجعه شود. اسید هیپوکلرو و یون هیپوکلرو که بعد از اضافه نمودن کلر در آب تولید میشوند را **کلر آزاد باقیمانده در آب** گویند. همچنین اگر در آب مورد گندزدایی ترکیبات آمونیاکی موجود باشد، کلرآمین‌ها در آب ایجاد می‌شود که تحت عنوان **کلر ترکیبی باقیمانده در آب** نامیده می‌شوند. اندازه گیری کلر باقیمانده در آب یکی از آزمایش‌های مهم برای اطمینان از سالم بودن آب از نظر میکروبی می‌باشد.

گندزدایی آب با کلر

گندزدایی از مراحل مهم و ضروری در سالم سازی آب است. معمول ترین روش برای گندزدایی آب، استفاده از کلر و ترکیبات آن می‌باشد. 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 خواهد شد.

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 حداقل ۳۰ دقیقه برای از بین بردن میکروارگانیسم های حساس در مقابل کلر منظور گردد.
- ۴ - حداقل کلر باقیمانده پس از یک ساعت ۰/۲ میلی گرم در لیتر پیشنهاد می شود. این مقدار در همه گیری های بیماری های 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 می شود تا پس از یک ساعت مقدار ۰/۲ میلی گرم در لیتر کلر باقی مانده داشته باشد.

روش کلر زنی

- با توجه به حجم آب مورد گندزدایی و وسعت پروژه، روش کلر زنی تعیین می گردد. کلر ممکن است به یکی از اشکال زیر در دسترس باشد:
- الف - گاز کلر 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 کلر زنی به آب اضافه می شود. ترکیب آمونیاکی کلر نیز برای گندزدایی آب به کار می رود 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 می رود.

- پرکلرین $Ca(OCl)_2$ به صورت پودر یا کریستال ریز در بسته هایی با وزن مشخص تهیه و توزیع می گردد.

- گرد سفید کلر $CaOCl_2$ که کلر قابل استفاده آن ۳۹-۳۳٪ است.

- محلول هیپوکلریت سدیم NaOCl که دارای ۵-۳ و ۱۶-۱۰ 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.

نظارت بر کیفیت آب آشامیدنی

رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۰۴، چارچوب مدیریتی پیشگیرانه را برای آب آشامیدنی سالم تحت عنوان برنامه ایمنی آب تهیه نموده است که پس گذشت ۱۴ سال، همچنان قابل استناد است. این برنامه شامل پنج بخش است.

۱- اهداف مبتنی بر بهداشت (ارزیابی بهداشتی)

۲- ارزیابی سیستم برای تعیین اینکه آیا چرخه تامین آب (از منبع ، تصفیه تا نقطه مصرف) می تواند آبی با کیفیت مناسب مبتنی بر اهداف بهداشتی را در دسترس قرار دهد؟

۳- نظارت های اجرائی معیارهای کنترل در چرخه تامین آب

۴- برنامه مدیریتی که تمام موارد زیر را مستند نماید: ارزیابی سیستم، روش های کنترل، برنامه پایش، روش های اصلاحی به منظور مشخص کردن کیفیت آب، برنامه ارتباطی و برنامه پشتیبانی از قبیل روش عملیاتی استاندارد، آموزش کارکنان و ارتباط خطر و برای تعیین کیفیت آب، آزمایشات شیمیایی و میکروبی آب انجام می شود 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.

۵- سیستم نظارت مستقل که عملکرد صحیح موارد فوق را تایید نماید.

طبق پیشنهاد سازمان جهانی بهداشت، نظارت بهداشتی بر کیفیت آب آشامیدنی جهت اطمینان از سالم بودن آن یکی از ارکان مهم برنامه ایمنی آب می باشد. آن سازمان توصیه می نماید که سازمان های تامین کننده آب، برنامه ایمنی آب را به نحوی توسعه دهند که عوامل اصلی فوق را بطور مستند در بر داشته باشد.

ضوابط و استانداردها

استاندارد نمودن هر محصولی یعنی تطابق آن با نیازها و خواست های منطقی مصرف کنندگان، رواج دادن پذیرش عمومی محصولی برای عامه به گونه ای که در قالب هزینه اثربخشی بدون عوارض و عواقب 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 می دهند. 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، درحالی که در استانداردهای ثانویه، باید تدابیر لازم برای ارتقاء بهداشت عمومی، به عمل آید. در ایران، استاندارد شماره ۱۰۵۳ آب آشامیدنی موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی جهت ارزیابی کیفیت آب مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی سازمان جهانی بهداشت به عنوان معتبرترین استانداردهای کیفیت آب می تواند مورد توجه قرار گیرد.

آزمایش های آب

مشخص کردن اینکه آب آشامیدنی، دارای چه وضعی باشد کار ساده ای نیست، از آنجا که آبی که در اختیار ما قرار می گیرد محصولی ساختگی نمی باشد، نمی توان 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 می شود، آب را از نظر فیزیکی و شیمیایی و میکروبی، مناسب مصرف می سازد. آزمایشات فیزیکی و شیمیایی آب طبق روش های استاندارد آزمایشات کیفی آب برای تعیین کیفیت آب آشامیدنی، صورت می گیرد. 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. مهمترین شاخص میکروبی آب، باکتریهای گروه کلیفرم می‌باشند. در رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت جهت تعیین کیفیت آب از نظر میکروبی شاخص مجموع کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های گرم‌پای در نمونه‌های آب مورد آزمایش قرار می‌گیرد. در آب آشامیدنی تعداد کلیفرم‌های گرم‌پای در ۱۰۰ میلی لیتر از نمونه آب باید صفر باشد. همچنین مجموع کلیفرم‌ها نیز در ۹۵٪ نمونه‌های آب مورد آزمایش باید منفی باشد.

روش‌های آزمایش

سه روش عمده که برای تعیین باکتری‌های اندیکاتور در آب وجود دارد به قرار زیر می‌باشد:

الف - روش تخمیر چند لوله‌ای

ب - روش صافی غشایی

ج - روش شمارش بشقابی

ویژگی‌های میکروب‌های نشانگر عبارت است از

الف - سهولت شناخت و شمارش نشانگر

ب - وفور آن در طبیعت و حضور در روده حیوانات خونگرم

ج - مقاومت در مقابل عوامل محیطی

روش ارتقاء آگاهی‌های جامعه در مورد بهداشت و بهسازی آب آشامیدنی

تأمین آب آشامیدنی سالم و پاکیزه مبتنی است بر آگاهی و مشارکت همه جانبه جامعه در خصوص بهره‌برداری و نگهداری از منابع آب، برنامه‌های مؤثر و پایدار مراقبت از اقدامات تأمین آب آشامیدنی در گرو احساس مسئولیت و پشتیبانی جوامع محلی است، بطوریکه جامعه در تمامی مراحل توسعه منابع، انتقال، بهسازی، توزیع و بهره‌برداری، مشارکت داشته و با اظهار نظر و اقدامات عملی مسئولین محلی را در تهیه و تأمین آب آشامیدنی منطبق با استانداردهای تعیین شده یاری نمایند. افراد جامعه باید به سئوالات زیر به آسانی پاسخ دهند:

- اهمیت بهداشتی آب چیست؟
- آبی که برای آشامیدن و دیگر مقاصد بهداشتی در دسترس قرار می‌گیرد از کجا تأمین می‌شود؟
- آب سالم و پاکیزه چگونه استحصال می‌شود؟
- هزینه استحصال، بهره‌برداری و نگهداری آب آشامیدنی چگونه تأمین می‌شود؟

- آیا منابع موجود آب برای حال و آینده جمعیت‌ها کافی است؟
- منابع آلاینده منابع آب و سیستم‌های تهیه و توزیع کدامند؟

جدول ۱ - رویکرد رفتاری حاصل از آموزش بهداشت آب در جامعه

منع آب :

- همه آحاد جامعه لازم است اهمیت آب سالم برای مقاصد شرب و پخت و پز را بدانند
- برای مقاصد بهداشتی نظیر استحمام، شستشو و تمیزی از آب متناسب استفاده گردد
- مصرف صحیح آب و اجتناب از به هدر دادن آن مورد تأکید قرار گرفته و پساب، تخلیه گردد
- منابع حفاظت شده آب، مورد استفاده قرار گیرد و نسبت به نگهداری آن اقدام گردد
- منابع و مجاری آب مورد استفاده نبایستی در معرض آلودگی ناشی از سیستم‌های دفع مدفوع با کانال‌های فاضلاب، سموم کشاورزی و مواد زائد ناشی از دامداری‌ها قرار داشته باشد

بهسازی آب :

- روش‌های ساده بهسازی آب در جامعه صورت گیرد
- در مناطقی که امکان آلودگی به انگل‌هایی نظیر کرم پیوک یا تخم انگل‌ها وجود دارد آب، صاف شود و یا حداقل، مصرف کنندگان نسبت به صاف کردن آن اقدام نمایند

جمع آوری با برداشت آب :

- آب آشامیدنی بایستی بوسیله مجاری یا ظروفی برداشت یا جمع آوری گردد که آلودگی پیدا نکند
- در صورت استفاده از مخازن برای جمع آوری و برداشت آب حتماً سر بسته باشد

محل یا جای ذخیره آب :

- آب ذخیره شده را بایستی در ظروف درب داری که مرتب تمیز می شود ذخیره نمود
- آب شرب، حتی الامکان از دیگر آب‌های مصرفی جداگانه ذخیره و نگهداری شود

استفاده از آب ذخیره شده برای شرب :

هنگام برداشت آب از ظروف ذخیره بایستی توجه داشت توسط ظروف برداشت نظیر لیوان، دست یا عوامل خارجی آلودگی پیدا نکند

مصرف آب :

ضمن اینکه آب مورد استفاده به مقدار کافی تهیه شود مقادیر متناسبی بایستی برای شرب یا دیگر مصارف برداشت نمود. تقریباً مقدار ۳۰-۴۰ لیتر برای مصارف فردی و خانگی روزانه نیاز می‌باشد.

بنابراین توانمندسازی جامعه در خصوص ارتقاء آگاهی، رغبت و رفتار بهداشتی در رابطه با تأمین آب از اصول اساسی طراحی برنامه آموزش بهداشت آب می‌باشد. برای پاسخگویی به سؤالات فوق، موارد زیر بایستی طراحی و اجراء گردد:

- گفت و شنود با جامعه و سازمانهای محلی ذیربط
 - اولویت بندی رفتارهای بهداشتی مرتبط مبتنی بر داده‌های موجود در خصوص مسئله آب آشامیدنی
 - تجزیه و تحلیل رفتارهای غالب و استفاده از آنها در بهسازی و بهداشت آب آشامیدنی
 - و بالاخره تهیه یک برنامه عملی برای آموزش بهداشت آب مستلزم پاسخ به سؤالات زیر است:
 - چگونه بایستی مشارکت جامعه، ارتقاء داده شود؟
 - چه کسی بایستی آموزش بهداشت آب را رهبری نماید (برای گروه‌های هدف)؟
 - محتوای آموزش برای آب آشامیدنی سالم چه باشد؟
 - چه کسی بایستی آموزش بهداشت آب را انجام دهد؟
 - چه روش‌های آموزشی بایستی به کار برده شود؟
 - چه اقدامات حمایتی بایستی توسط سازمان‌های مراقبتی انجام شود؟
- هدف این برنامه جلب مشارکت جامعه برای دستیابی به اهداف بهینه سازی منابع آب آشامیدنی و تأمین و تضمین سلامت جمعیت‌ها می‌باشد.

منابع

1. World Health Organization, Health 2015 from Millennium Development Goals (MDGs) to Sustainable Development Goals (SDGs), 2015.
 - 2- Hammer M J.Sr, Hammer M J. Jr, Water & Wastewater Technology, 2012.
 3. Park K, Environmental Health. In: Park's Textbook of Preventive and Social medicine, 20th edition, M/s Banarsidas Bhanot Publishers, India, 2009. p. 616-99.
 4. World Health Organization, Guidelines for Drinking –Water Quality, Fourth edition, 2011.
 5. World Health Organization, Water Safety Plane Manual: Step by Step Risk Management for Drinking-Water Suppliers, 2009.
- ۶- یزدانبخش ار، منشوری. م، نبی زاده ر.، جاهد غ، فلاح زاده ر.، راهنمای کاربرد سیستم تجزیه و تحلیل خطر و نقاط کنترل بحرانی در برنامه ایمنی آب آشامیدنی، مرکز سلامت محیط و کار، معاونت بهداشتی وزارت بهداشت، انتشارات آوای قلم، ۱۳۸۷.
- ۷- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ویژه گیهای آب آشامیدنی، استاندارد شماره ۱۰۵۳، تجدیدنظر چاپ چهارم.
- ۸- قرآن مجید، سوره انبیاء (ع)، آیه ۳۰..