ASA Laboratories

شرکت آزمون سلامت آسا (آزمایشگاه آسا)

آب، پساب، خاک، مواد غذایی و دامپزشکی

تأسیس ۱۳۷۷

آب بسته بندی

از سرچشمه تا بطری

تابستان ۱۴۰۲

فهرست مطالب

۱- مقدمه ۱

۲- معرفی صنعت بسته بندی آب ۲

۲-۱- تاریخچه آب‌های بطری شده ۲

۲-۱-۱- تاریخچه آب‌های بطری شده در ایران ۳

۲-۲- تعاریف آب‌های معدنی و آشامیدنی ۴

۲-۲-۱- تعریف فراگیر آب معدنی (بطری شده) ۴

۲-۲-۱-۱- تعریف آب معدنی توسط مؤسسه استاندارد ایران ۴

۲-۲-۱-۲- تعریف آب معدنی طبیعی در اروپا ۵

۲-۲-۱-۳- تعریف آب معدنی توسط انجمن بین المللی آب‌های بطری شده ۵

۲-۲-۱-۴- تعریف آب معدنی در آمریکا ۵

۲-۲-۲- آب چشمه ۶

۲-۲-۳- تعریف آب آشامیدنی (فرامعدنی) ۶

۲-۲-۳-۱- تعریف آب آشامیدنی بطری‌شده توسط انجمن بین‌المللی آب‌های بطری شده ۶

۲-۳- منابع تامین آب‌های بطری‌شده ۶

۲-۳-۱- چشمه ۶

۲-۳-۲- قنات ۷

۲-۳-۳- چاه ۷

۲-۳-۳-۱- چاه‌های نیمه‌عمیق ۷

۲-۳-۳-۱- چاه‌های عمیق ۷

۲-۳-۴- رودخانه‌ها، دریا و دریاچه ۷

۲-۴- مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب‌های بطری شده ۸
۲-۴-۱- سختی آب ۸
۲-۴-۲- کدروت و رنگ آب ۹
۲-۴-۳- اسیدیته یا قلیائیت ۱۰
۲-۴-۴- بو و مزه (طعم) ۱۰
۲-۴-۵- کل مواد جامد محلول در آب (TDS) ۱۱
۲-۴-۶- هدایت الکتریکی ۱۱
۲-۴-۷- انحلال‌پذیری گازها در آب ۱۲
۲-۵- بررسی ترکیبات آب‌های معدنی و فرامعدنی ۱۳
۲-۵-۱- کلسیم و منیزیم ۱۳
۲-۵-۲- روی ۱۴
۲-۵-۳- مس ۱۴
۲-۵-۴- آهن ۱۴
۲-۵-۵- سرب ۱۴
۲-۵-۶- آرسنیک ۱۴
۲-۵-۷- سلنیوم ۱۵
۲-۵-۸- کادمیوم ۱۵
۲-۵-۹- جیوه ۱۵
۲-۵-۱۰- کروم ۱۵
۲-۵-۱۱- آلومینیوم ۱۵
۲-۵-۱۲- منگنز ۱۵
۲-۵-۱۳- سولفات‌ها ۱۵
۲-۵-۱۴- سیانور ۱۶

۲-۵-۱۵- کلریدها ۱۶
۲-۵-۱۶- فلور ۱۶
۲-۵-۱۷- نیتریت و نیترات ۱۶
۲-۵-۱۸- ید ۱۷
۲-۵-۱۹- آمونیاک ۱۷
۲-۶- مزایا و معایب آب‌های بطری شده ۱۷
۲-۶-۱- مزایای آب‌های بطری شده ۱۸
۲-۶-۱-۱- امنیت آب ۱۸
۲-۶-۱-۲- حق انتخاب ۱۸
۲-۶-۱-۳- سلامت بیشتر ۱۸
۲-۶-۱-۴- توان نگه‌داری و انتقال راحت‌تر ۱۹
۲-۶-۱-۵- داشتن برچسب ۱۹
۲-۶-۱-۶- هزینه کمتر تولید و تصفیه و انتقال ۱۹
۲-۶-۲- معایب آب‌های بطری شده ۲۰
۲-۶-۲-۱- مشکلات زیست محیطی ۲۰
۲-۷- اقتصاد آب‌های بطری شده ۲۰
۲-۷-۱- اقتصاد آب‌های بطری شده در اروپا ۲۲
۲-۷-۲- اقتصاد آب‌های بطری شده در آمریکا ۲۲
۲-۷-۳- اقتصاد آب‌های بطری شده در چین ۲۳
۲-۷-۴- اقتصاد آب‌های بطری شده در هند ۲۳
۲-۷-۵- اقتصاد آب‌های بطری شده در ایران ۲۳
۳- تصفیه آب‌های معدنی و آشامیدنی بطری شده ۲۵
۳-۱- روش‌های فیزیکی تصفیه آب‌های بطری شده ۲۵

۳-۱-۱- رسوب گذاری ۲۵
۳-۱-۲- هیدروسیکلون ۲۶
۳-۱-۳- فیلتراسیون ۲۷
۳-۱-۳-۱- فیلتر شنی ۲۸
۳-۱-۳-۲- فیلترهای کربن فعال ۲۸
۳-۱-۳-۳- فیلترهای زئولیتی ۳۰
۳-۱-۳-۳-۱- خواص منحصر به فرد زئولیت‌ها ۳۰
۳-۱-۳-۳-۲- کاربرد در تصفیه آب و فاضلاب ۳۱
۳-۱-۳-۳-۳- مشخصات فیلترهای زئولیتی ۳۱
۳-۱-۳-۴- فیلترهای پلیمری ۳۲
۳-۱-۳-۵- اولترا فیلتر ۳۲
۳-۱-۴- اسمز معکوس ۳۳
۳-۱-۵- فناوری نانو در تصفیه آب ۳۴
۳-۱-۵-۱- نانو فیلترها ۳۴
۳-۱-۵-۲- نانو لوله‌های کربنی ۳۵
۳-۱-۵-۳- فیلتر آلومینای نانولیفی ۳۵
۳-۱-۵-۴- فیلترهای نانو الیاف جاذب جریان ۳۶
۳-۱-۵-۵- فیلترهای تک‌لایه‌ای خودآرا روی پایه‌های کلوئیدی ۳۶
۳-۱-۵-۶- فیلترهای پلیمر حفره‌ای سیکلودکسترین ۳۷
۳-۱-۵-۷- نانو مواد ۳۸
۳-۱-۵-۷-۱- نانو ذرات آهن خنثی ۳۸
۳-۱-۵-۷-۲- فتوکاتالیست‌های نانومقیاس دی‌اکسید تیتانیوم ۳۹
۳-۱-۵-۷-۳- نانوذرات مغناطیسی ۳۹

۳-۱-۵-۷-۴- یادآوری (نانو مواد حفره‌ای) ۴۰
۳-۱-۶- تصفیه و گندزدایی به روش یونی (اکتریکی) ۴۰
۳-۱-۶-۱- مزایای گندزدایی الکتریکی آب ۴۱
۳-۱-۶-۱- کاربردهای گندزدایی الکتریکی ۴۲
۳-۱-۷- تصفیه با اشعه ماورای بنفش ۴۲
۳-۲- روش‌های شیمیایی تصفیه آب ۴۵
۳-۲-۱- مکانیسم عملکرد ضدعفونی کننده‌ها ۴۵
۳-۲-۲- عوامل موثر و عملکردی ضدعفونی‌کننده‌ها ۴۶
۳-۲-۳- انواع ضدعفونی‌کننده‌های شیمایی ۴۶
۳-۲-۳-۱- کلر ۴۶
۳-۲-۳-۲- هیپوکلریت سدیم ۴۸
۳-۲-۳-۳- هیپوکلریت کلسیم ۴۸
۳-۲-۳-۴- ازن ۴۸
۳-۲-۳-۵- پرمنگنات پتاسیم ۴۸
۳-۲-۳-۶- برم ۴۹
۳-۲-۳-۷- ید ۴۹
۳-۲-۳-۸- دی‌اکسید کلر ۴۹
۳-۲-۳-۹- آهک ۵۰
۴- کارخانه‌های تولید آب بطری‌شده ۵۱
۴-۱- عوامل موثر در طراحی و ساخت کارخانه‌های آب بطری شده ۵۱
۴-۱-۱- عوامل منطقه‌ای ۵۱
۴-۱-۱-۱- موقعیت جغرافیایی ۵۲
۴-۱-۱-۲- موقعیت اجتماعی ۵۲

۴-۱-۱-۳- آب و هوا ۵۲
۴-۱-۱-۴- مشخصات آب و منبع آن ۵۳
۴-۱-۱-۴-۱- نوع منبع و ترکیبات آن ۵۳
۴-۱-۲- شناخت تجهیزات کارخانه‌های آب بطری شده ۵۳
۴-۲- مراحل تولید آب بطری شده ۵۵
۴-۲-۱- تولید پریفرم ۵۵
۴-۲-۲- تولید بطری ۵۶
۴-۲-۳- بسته بندی ۵۷
۴-۲-۳-۱- شستشو ۵۷
۴-۲-۳-۲- پر کردن ۵۸
۴-۲-۳-۳- درب گذاری ۵۸
۴-۲-۳-۴- برچسب گذاری ۵۸
۴-۲-۳-۵- بسته بندی ۵۹
۴-۳- تصفیه آب ۵۹
۴-۳-۱- تصفیه آب معدنی طبیعی ۵۹
۴-۳-۲- تصفیه آب معدنی ۵۹
۴-۳-۳- تصفیه آب آشامیدنی ۶۰
۴-۴- فرآیند تولید ۶۰
۴-۵- اخذ مجوز ۶۳

۱- مقدمه

صنعت بسته بندی آب بنا به دلایل گوناگون در دهه های اخیر در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه گسترش فراوانی یافته و در دیگر کشورها نیز کم و بیش در حال گسترش می‌باشد. این صنعت در ایران نوپا بوده و منابع مکتوب برای مطالعه عموم در این زمینه بسیار کم می‌باشد.

بشر از دیرباز برای رفع پاره ای از مشکلات جسمی و روحی خود به آب‌های معدنی متوسل شده و بدین منظور به دنبال شناسایی چشمه هایی با شرایط ویژه بوده است. به همین دلیل چشمه های آب گرم، ترش، شور و مشابه آن همواره توجه او را جلب کرده است. به دلیل گسترش شهرها، معضل تامین آب سالم این جوامع و از طرف دیگر محدودیت دسترسی عموم مردم به این چشمه‌ها، ایده بسته بندی و عرضه این اکسیر شفابخش را به ذهن انسان‌ها متصور ساخته و این ایده آغازی بر تامین آب شرب جوامع شهر و حتی روستایی در عصر حاضر بوده است.

آمارهای ارائه شده توسط مراجع ذیصلاح تا سال ۱۳۹۶ حاکی از آن است که در سال‌های اخیر تامین آب شرب توسط آب‌های بطری شده در کشورهای پیشرفته به بالاتر از ۷۵ درصد رسیده است. در کشورهای در حال توسعه نیز این درصد از ۲۵ تا ۷۰ درصد می باشد. هرچند این عدد در کشورهای کمتر توسعه یافته و یا به عبارتی جهان سوم به کمتر از ۱۰ درصد می‌رسد؛ ولی آمار و ارقام بیانگر رشد چشم گیر تامین آب شرب توسط آب‌های بطری شده در این جوامع می‌باشد.

از دلایل این گسترش می‌توان به تمایل حکومت‌ها به تامین آب شرب توسط آب‌های بطری شده در جهت حذف هزینه‌های تامین و تصفیه آب لوله کشی، مشکلات فراوان برای تامین امنیت سلامت آب شرب توسط لوله کشی شهری، اعتماد بیشتر مردم به سلامتی آب‌های بسته بندی، داشتن وجهه (پرستیژ)، قابل حمل بودن، استفاده راحت در مسافرت‌ها و ورزش و تفریحات، همچنین حق انتخاب در نوع آب و تامین آب در حوادث طبیعی و جنگ‌ها با ایمنی بیشتر را نام برد.

در کشور ما برای نخستین بار در سال ۱۳۴۵ توسط شرکت آملو، آب معدنی بسته بندی شده و در بطری‌های شیشه ای به بازار عرضه شد. سال‌های سال استقبالی از این نوع آب صورت نگرفت ولی در سال‌های اخیر مصرف آب های بطری شده بیشتر شده به گونه‌ای که از ۱۰ سال پیش تا کنون مصرف کنندگان آب بسته بندی شده از ۲ درصد به ۵ درصد در سال ۱۳۹۶ افزایش پیدا کرده‌اند. کارشناسان، کیفیت نامناسب آب‌های لوله کشی، توسعه صنعتی، اقتصادی و فرهنگی، بالا رفتن آمار مسافرت‌ها را باعث این رشد می‌دانند.

بازار فراوری و فروش آب آشامیدنی و آب شیرین، از جمله بازارهای جذاب در ایران و جهان است. این بازار در ایران با دارا بودن تقاضای سالانه ۲/۱ میلیارد لیتری و صادرات حدود ۷ میلیون دلار به کشورهای عربی از جمله عربستان، قطر، کویت، یمن، عراق، افغانستان و نیز کشور ترکیه، گردش مالی سالانه حدود ۶۰۰ میلیارد تومانی دارد.

از طرفی، ارزش صنعت آب آشامیدنی در ایران حدود ۷۰۰میلیون یورو است؛ در حالی‌که در ترکیه این صنعت در حدود ۱۴۶۸ میلیون یورو ارزش دارد، که این رقم حدود ۲ برابر ارزش مالی صنعت آب آشامیدنی در ایران است و از آنجا که این دو کشور تقریبا جمعیت مساوی دارند، مصرف آب آشامیدنی در ترکیه حدود ۸ برابر ایران برآورد می‌شود.

۲- معرفی صنعت بسته بندی آب

آب‌های بطری شده یا بسته بندی شده به آبی اطلاق می‌شود، که از یکی از منابع آب سالم مانند چشمه، چاه، قنات، لوله‌کشی شهری و یا منابع قابل اطمینان دیگر تحت شرایط کاملا ایمن استحصال و به کارخانه بسته بندی منتقل و تحت شرایط کنترل شده با روش‌های فیزیکی و یا شیمیایی تصفیه و با رعایت اصول اصول و استانداردهای روز بهداشتی و ایمنی مواد غذایی بسته بندی گردد. این آب‌های معمولا در بطری‌های شیشه‌ای و یل پلی کربنات و پلاستیکی در اندازه و حجم‌های متفاوت بسته بندی می‌گردد. براساس استانداردهای اجباری، بایستی ظروف برچسب گذاری شده و مشخصات ضروری و ترکیبات آب و کارخانه تولیدکننده بر روی برچسب حک گردد.

در این بخش به تاریخچه آب‌های بسته بندی شده (بطری شده)، مزیت آن نسبت به آب‌های لوله کشی، اقتصاد آب بطری شده در تعدادی از کشورها، ترکیبات و مشخصات آب‌های بطری شده، تقسیم بندی این آب‌ها و استانداردهای تعریف شده برای آن‌ها پرداخته می‌شود.

۲-۱- تاریخچه آب‌های بطری شده

به دلیل آن‌که بشر از دیرباز آب را در ظرف ریخته، حمل کرده و حتی به فروش رسانده است؛ نمی‌توان تاریخچه دقیقی برای بسته بندی آب ذکر کرد.

براساس منابع تاریخی بقراط، حکیم یونانی برای اولین بار به خواص آب معدنی اشاره کرده است و از سوی دیگر این رومیان بودند که برای اولین بار به خواص درمانی آب‌های معدنی پی برده و در درمان بعضی از دردهای خود استفاده نمودند. در قرن ۱۶ میلادی استفاده از آب‌های معدنی مانند اسپا در بلژیک، ویشی در فرانسه، فرارل در ایتالیا و آپولینریس در آلمان گسترش خاصی پیدا کرده و مردم اقدام به انتقال این آب‌ها به اقسا نقاط قاره اروپا می‌نمودند. در قرن هجدهم میلادی به دستور لوئی شانزدهم، برای اولین بار کمیته ای جهت طبقه بندی آب‌های معدنی تشکیل می‌گردد. این کمیته آب‌ها را به چهاردسته سرشار از آهن، گازدار، گوگرددار و آب شور دسته بندی کرد.

شاید بتوان منشا تولید و فروش آب بسته بندی شده را به صدها سال پیش در شهرکوچکی در بلژیک به نام اسپا نسبت داد. خاصیت درمانی آب چشمه‌های موجود در این شهر باعث مشهور شدن نام اسپا شده بود؛ از این رو مردم این شهر آب را در بطری‌های سفالی بسته بندی کرده و به مسافران به فروش می‌رساندند. در قرن شانزدهم میلادی به دلیل شیوع بیماری مسری و مرگ و میر فراوان شهروندان یونانی، مردم به استفاده از آب‌های که از چشمه‌های امن و سالم تهیه و در ظروف سفالی پرشده بود توصیه می‌شدند.

ارزش اقتصاد آب و کسب درآمد از فروش آن اولین بار در اروپا در اواخر قرن ۱۷۰۰ میلادی و زمانی که گرایش مردم جهت استفاده از آب شرب از آب چشمه‌های طبیعی یا به منظور آبتنی در آن روزها به فزونی نهاد؛ مورد توجه قرار گرفت. درسال ۱۷۶۷ شخصی به نام جکسون در بوستون آمریکا که صاحب یک چشمه آب معدنی در املاکش بود؛ اقدام به بسته بندی آب معدنی پرطرفدار خویش نمود. محبوبیت این چشمه او را قادر ساخت که فروش آب معدنی را در ناحیه وسیعی گسترش دهد.

در سال ۱۸۴۰ اولین کارخانه صنعتی بسته بندی آب معدنی در اروپا برای تامین آب شرب مصرفی در رستوران‌ها و مسافرخانه‌ها تاسیس گردید و در قرن نوزدهم گسترش یافت. در دهه دوم قرن نوزده میلادی برای اولین بار در اروپا قوانینی در جهت کیفیت آب

بسته بندی وضع گردید. در آغاز شکل‌گیری این صنعت، آب چشمه محبوب‌ترین نوع در میان آب‌های بسته بندی شده بود. بسیاری از افراد عقیده داشتند که آب معدنی اثری درمانی داشته و آب چشمه خلوصی ویژه دارد. همچنین معتقد بودند که آب چشمه آبی است که، مستقیما از بارش‌های آسمانی بوده و دور از هرگونه آلودگی می‌باشد؛ و به همین دلیل بود که صنعت آب بسته بندی به سرعت گسترش پیدا کرد.

تا اواخر قرن ۱۸، آب‌ها در بطری‌های (کوزه) سفالی بسته بندی و عرضه می‌شد. در اواخر این قرن برای اولین بار آب در بطری‌های شیشه‌ای به بازار عرضه گردید. این ابتکار، انقلابی در صنعت آب به راه انداخت و تیراژ تولید آب را از ده‌ها هزار به میلیون‌ها بطری در سال افزایش داد و تولید آن شکل صنعتی به خود گرفت. در اواخر قرن بیستم با کشف مواد پلی اتیلن ترفتالات و ساخت بطری‌های پلاستیک (پت)، انقلاب عظیم دیگری در صنعت آب بسته بندی به وجود آمد؛ که موجب ظهور یکی از بزرگترین اقتصادهای جهان گردید. پس از این نوآوری، تیراژ تولید آب‌های بسته بندی به میلیاردها بطری در سال افزایش یافت و موجب گسترش سریع صنعت آب بسته بندی در اروپا و دیگر قاره‌ها مانند آمریکا و آسیا گردید.

آب بسته بندی در قاره آمریکا نیز در قرن نوزدهم میلادی به صورت بسیار جزئی و موردی و صرفا جهت بهره‌گیری از خواص درمانی چشمه‌هایی که مشهور بودند، تولید و عرضه می‌شد؛ که با پیشرفت صنعت و تکنولوژی و اجرای سیستم آبرسانی شهری و همچنین درمانگاه‌های پیشرفته و مجهز کوچک و محلی از رونق افتادند.

در قرن بیستم میلادی با رشد این صنعت در فرانسه و سوئیس و در رقابت تنگاتنگ کارخانه‌های آب معدنی، هدف تسخیر بازار مصرف سایر کشورهای اروپایی و در قدم بعد ورود به بازارهای آمریکا مدنظر قرار گرفت. با تبلیغات گسترده شرکت‌های بزرگ اروپایی چون نستله و اویون در آمریکا و استقبال مردم این کشور بخصوص قشر متمول، به سرعت مصرف آب‌های بطری شده گسترش پیدا کرد. با پیشرفت این صنعت شرکت‌های بزرگ تولید نوشابه در آمریکا همچون کوکاکولا و پپسی به فکر افتادند تا این بازار را خود در دست بگیرند. به همین سبب این شرکت‌ها اقدام به راه اندازی خطوط تولید آب بسته بندی نموده و جایگاه شرکت‌های اروپایی را تصاحب کردند.

۲-۱-۱- تاریخچه آب‌های بطری شده در ایران

هرچند شناخت و استفاده از آب‌های معدنی در ایران نیز مانند اروپا به هزاران سال پیش باز می‌گردد؛ ولی صرف نظر از این، آن‌چه که امروزه به عنوان صنعت بسته بندی آب می‌نامند؛ قدمتی ۵۰ ساله دارد.

اولین کارخانه بسته بندی آب در ایران به نام آملو در سال ۱۳۵۰ هجری شمسی جهت بسته بندی آب چشمه پرسم واقع در دامنه رشته کوه‌های البرز تاسیس گردید؛ که محصولات خود را در بطری‌های شیشه‌ای به بازار عرضه نمود. وجود املاح در مقادیر بالا از ویژگی‌های این چشمه به شمار می‌رفت.

برخی از صاحب نظران معتقدند به دلیل پایین بودن ظرفیت تولید کارخانه آب معدنی آملو، می‌توان از شرکت آب‌های معدنی دماوند به عنوان اولین تولید کننده آب بسته بندی در ایران نام برد. این شرکت فعالیت خود را در سال ۱۳۵۶ در شهر دماوند و در فاصله ۶۰ کیلومتری از تهران با بهره‌گیری از تکنولوژی آن زمان آغاز نمود. این کارخانه برای سال‌های متمادی تنها تولیدکننده آب معدنی در ایران بود. صنعت آب بسته بندی در ایران در اواخر دهه هفتاد با بهبود نسبی اوضاع اقتصاد ایران (پس از پایان یافتن جنگ) و به دلیل گسترش صنعت توریسم، افزایش مسافرت به دیگر کشورها و آشنایی مردم با سبک زندگی کشورهای پیشرفته،

بالارفتن جمعیت شهرنشین و افزایش توجه مردم به زندگی سالم، به مرور و با آهنگی بسیار کند شروع به رشد کرد و کارخانه‌های زیادی در مناطق مختلف ایران احداث گردید. در برنامه سوم و چهارم توسعه به دلیل مشکلات دولت در تامین آب شرب سالم و بهداشتی، برنامه‌هایی در جهت حمایت و گسترش این صنعت تدوین گردید و تسهیلاتی برای آن درنظر گرفته شد. به همین دلیل، استقبال از این صنعت رشد چشمگیری داشت و طبق آمار ارائه شده تا سال ۱۳۸۷، تعداد ۷۰ کارخانه تولید آب بسته بندی در ایران راه اندازی گردید و این عدد تا سال ۱۳۹۵ به بیش از ۱۴۰ کارخانه افزایش یافت.

۲-۲- تعاریف آب‌های معدنی و آشامیدنی

آب‌های بطری شده تحت عناوین مختلف مانند آب معدنی، آب آشامیدنی، آب گازدار، آب معدنی طبیعی و آب چشمه به بازار ارائه می‌گردند. دو دسته کلی و رایج آب‌های بطری شده آب‌های معدنی و آشامیدنی هستند؛ که تعاریف مختلفی برای آن‌ها در کشورهای صاحب این صنعت صورت گرفته است. تعدادی از تعاریف رایج بدین شرح است:

۲-۲-۱- تعریف فراگیر آب معدنی (بطری شده)

آب معدنی آبی است که به دلیل وجود بیش از حد متعارف بعضی از ترکیبات مانند کربنات کلسیم، ترکیبات آهن، نمک‌های ید، ترکیبات آرسنیک، ترکیبات گوگرددار و مواد رادیواکتیو و نظیر آن‌ها از آب‌های معمولی متمایز است. در افکار عمومی معمولا برای آب‌های معدنی خواص درمانی نیز متصور است که پاره‌ای از این تصورات امروزه از منظر علوم روز نیز به اثبات رسیده است.

۲-۲-۱-۱- تعریف آب معدنی توسط مؤسسه استاندارد ایران

آب معدنی طبیعی، آبی است که با آب آشامیدنی به دلایل زیر متمایز است:

۱. دارای املاح معدنی خاص، عناصر کمیاب و یا ترکیبات دیگر است.
۲. از منابع طبیعی مانند چشمه و نقاط حفاری شده از سفره‌های آب زیرزمینی به دست می‌آید و کلیه اقدامات احتیاطی برای جلوگیری از ورود هرگونه آلودگی یا تاثیر عوامل خارجی روی کیفیت آن انجام می‌گیرد.
۳. ترکیبات آن در فصول مختلف سال از ثبات نسبی برخوردار است.
۴. تحت شرایطی که ویژگی‌های آن تغییر نکند، استحصال می‌شود.
۵. در نزدیکترین محل ممکن به سرچشمه و تحت شرایط بهداشتی خاص بسته بندی می‌شوند.
۶. حمل و نقل آب معدنی در واحدهای حجیم (تانکرها) برای بسته بندی یا برای هر فرآیند دیگری قبل از بسته بندی ممنوع است.
۷. هیچ گونه فرآیند پالایش به جز فرآیندهای زیر که در این استاندارد تعیین شده است در مورد آن به کار نمی‌رود.

الف) جداسازی اجزاء ناپایدار، مثل ترکیبات محتوی منگنز، آهن، سولفور و آرسنیک به وسیله دکانته کردن یا صاف کردن و در صورت لزوم تسریع آن با عمل هوادهی.

ب) پالایش‌های مجاز باید در شرایطی انجام گیرد که در میزان ترکیبات آب معدنی (مواد متشکله آن) تغییر اساسی ایجاد نشود.

۲-۲-۱-۲- تعریف آب معدنی طبیعی در اروپا

آب معدنی، آبی است که از چاه، چشمه‌های طبیعی یا چشمه‌هایی که به صورت مصنوعی ایجاد شده‌اند و آب در آن‌ها جریان دارد تامین شده و دارای شرایط زیر می‌باشد:

۱. بسته بندی آب در سرچشمه و در ظروف مخصوص انجام شود.
۲. یکی از ترکیبات معدنی و یا عناصر مفید آن بایستی بطور چشم‌گیری شاخص باشد.
۳. هیچ گونه آلودگی میکروبی و شیمیایی نداشته باشد و حالت طبیعی خود را تا مصرف حفظ کند.
۴. ترکیبات آن بایستی پایدار بوده و در طول فرآیند تولید تغییر نکند.
۵. هیچ گونه عملیات تصفیه روی آن انجام نگیرد.
۶. آب معدنی طبیعی، آبی غیر استریل است و هیچ ماده ضدعفونی کننده و یا طعم دهنده در آن وجود ندارد. با این حال چند استثنا برای آن وجود دارد:

الف) جدا کردن عناصر ناپایدار مانند ترکیبات آهن و گوگرددار با استفاده از روش‌های کاملا فیزیکی مانند هوادهی مجازی است.

ب) جدا کردن ترکیبات مضر مانند آرسنیک و منگنز، صرفا با روش‌های فیزیکی مجاز است.

ج) از بین بردن تمام و یا قسمتی از گاز دی اکسید کربن موجود در آن صرفا با روش‌های فیزیکی مجاز است.

۲-۲-۱-۳- تعریف آب معدنی ارائه شده توسط انجمن بین المللی آب‌های بطری شده (ICBWA)

آب معدنی، آبی است که به راحتی از آب آشامیدنی به دلایل زیر قابل تشخیص است:

۱. یکی از عناصر و یا نمک‌های معدنی در آن به گونه‌ای قابل ذکر و بصورت شاخص متمایز باشد.
۲. از یکی از منابع آب زیرزمینی مانند چشمه و یا چاه که از لایه‌های متفاوت عبور کرده و حاوی عناصر و ترکیبات طبیعی بی‌ضرر و عاری از هرگونه مواد فیزیکی و شیمیایی خارجی باشد؛ تهیه شود.
۳. در یک دوره زمانی مشخص، عناصر و ترکیبات موجود در آب، دبی و درجه حرارت منبع آب نوسان زیادی نداشته باشد.
۴. منبع آب عاری از میکروب، باکتری، قارچها و مواد شیمیایی مضر باشد.
۵. در نزدیک‌ترین منطقه ممکن به منبع آب بسته بندی شود.
۶. هیچ گونه عملیات تصفیه شیمیایی روی آن صورت نگیرد.

۲-۲-۱-۴- تعریف آب معدنی در آمریکا

آب معدنی، به آبی اطلاق می‌شود که از منابع زیرزمینی مانند چشمه و یا چاه که عاری از آلودگی‌های میکروبی است و نسبت به خطرات آلودگی محیط کاملا محافظت شده، تامین گردد و در هر لیتر آن کمتر از ۲۵۰ میلی‌گرم مواد جامد محلول وجود داشته باشد. همچنین بایستی حداقل یکی از مواد معدنی آن نسبت به آب‌های معمولی برتری چشم‌گیری داشته باشد.

۲-۲-۲- آب چشمه

یکی از تعاریف آب‌های بطری شده که توسط انجمن بین‌المللی آب‌های بطری شده ارائه شده است در اتحادیه اروپا و آمریکا نیز استفاده می‌شود؛ آب چشمه می‌باشد.

این گروه شامل آب‌هایی می‌شود که از چشمه‌های طبیعی یا حفاری شده استخراج و آب حالت اولیه خود را حفظ کند. آب چشمه باید بدون تصفیه شیمیایی و فقط با استفاده از روش‌های فیزیکی تصفیه و بسته بندی گردد. این آب بایستی از نظر ترکیبات استانداردهای آب آشامیدنی را دارا باشد.

۲-۲-۳- تعریف آب آشامیدنی (فرامعدنی)

آب آشامیدنی، آبی است گوارا که خواص فیزیکی، ترکیبات شیمیایی و بیولوژیکی آن در حدی باشد که مصرف آن عارضه سویی در کوتاه یا دراز مدت در انسان ایجاد ننماید. آب آشامیدنی بسته بندی شده یک ماده غذایی سالم محسوب می‌گردد. این محصول ممکن است حاوی مواد معدنی و گاز دی‌اکسیدکربن (که به طور طبیعی در آن وجود دارد و یا به طریق مصنوعی به آن اضافه شده است) باشد. آب آشامیدنی نباید حاوی مواد شیرین کننده، طعم دهنده و یا سایر مواد افزودنی غذایی باشد. آب آشامیدنی را از چشمه‌ها، قنات‌ها و یا چاه‌های عمیق استخراج می‌کنند و بکارگیری انواع روش‌های تصفیه مربوط به آب، مانند کلیه فراوری‌های فیزیکی، حرارتی، شیمیایی یا ضد میکروبی ایمن و مناسب، مجاز است. این فراوری‌ها می‌توانند به تنهایی یا ترکیبی مورد استفاده قرار گیرند. هر نوع فراوری ضدمیکروبی انجام شده نباید ترکیبات اولیه آب را تغییر داده یا ترکیبات ثانویه در آب ایجاد نماید.

۲-۲-۳-۱- تعریف آب آشامیدنی بطری شده توسط انجمن بین المللی آب‌های بطری شده

آب آشامیدنی و یا آب شرب، آبی است که در ظروف ایزوله با محیط اطراف، با شکل‌ها و حجم‌های مختلف بسته بندی شده و کاملا سالم و بهداشتی و مناسب برای شرب می‌باشد.

۲-۳- منابع تامین آب‌های بطری شده

کارخانه‌های بسته بندی آب عموما از چشمه‌ها برای تامین آب مورد نیاز خود استفاده می‌کنند. هرچند کارخانه‌های زیادی هم وجود دارند که از آب چاه و یا قنات به عنوان منبع تامین آب بهره می‌برند. در این بخش به تعریف و مشخصات هریک از این منابع پرداخته می‌شود. شایان ذکر است در برخی کشورها مانند آمریکا استفاده از آب لوله کشی شهری (غیر شرب) به عنوان منبع آب برای کارخانه‌های بسته بندی آب رایج می‌باشد. هم اکنون بیش از ۴۰ درصد از کارخانه‌های آب معدنی در این کشور از سیستم آب شهری بهره می‌برند ولی در ایران این کار منع قانونی دارد.

۲-۳-۱- چشمه

بخشی از بارش‌های جوی تحت تاثیر پوشش سطحی لایه‌ها، خلل و فرج و درز و شکاف‌ها و همچنین نیروی ثقل به لایه‌های زیرین نفوذ پیدا می‌کند. وقتی آب در زیر زمین به لایه‌ای نفوذ ناپذیر و یا ناودیس رسید، آب در این ناحیه ذخیره می‌شود. در قسمت‌هایی که لایه‌های یاد شده به سطح زمین نزدیک است، آب از درز و شکاف‌های موجود در لایه‌ها به سطح زمین نفوذ کرده و چشمه را به وجود می‌آورد. در حقیقت چشمه را می‌توان محل تلاقی سفره آب زیرزمینی با سطح زمین دانست.

بسته به سفره آب، چشمه می‌تواند دائمی، موقتی و یا ارتزین (جوشان) باشد. وقتی سطح آب در سفره از محل خروج آب (مظهر چشمه) بالاتر باشد؛ آب با فشار از چشمه خارج می‌شود که به آن جوشان یا ارتزین می‌گویند.

۲-۳-۲- قنات

در واقع قنات یا کاریز یک نقب یا تونل با شیب بسیار ملایم نسبت به افق می‌باشد، که به سمت منبع آب زیرزمینی حفر و موجب هدایت آب به محل مصرف می‌شود. این نقب یا تونل از یک چاه اصلی (مادر چاه) شروع شده و در هر چند ده متر توسط یک چاه فرعی به سطح زمین متصل می‌گردد، تا بتوان هوای لازم برای کاگران را تامین و تخلیه خاک حفاری شده در تونل تسهیل گردد. قنات معمولا در دشت‌های شیب‌دار و یا کوهپایه‌ها حفر می‌شود. محل خروج آب از قنات را مظهر قنات می‌نامند.

۲-۳-۳- چاه

حفره‌ای است عمودی که به وسیله انسان در پوسته سخت زمین تا رسیدن به سفره‌های آب زیر زمینی حفر می‌گردد؛ تا امکان دسترسی به منابع آب زیرزمینی را فراهم سازد. چاه‌ها را به دو دسته عمیق و نیمه عمیق نقسیم بندی می‌کنند. تا کنون تعریف دقیق و مدونی برای جدایی چاه عمیق و نیمه عمیق ارائه نشده است ولی بطور معمول تعریف زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۲-۳-۳-۱- چاه‌های نیمه عمیق

در پاره‌ای از منابع به چاه‌هایی که به وسیله دست حفر می‌شوند، چاه نیمه عمیق می‌گویند و برخی دیگر چاه‌هایی را که تا عمق ۳۰ الی ۳۲ متری حفر می‌شوند، چاه نیمه عمیق می‌نامند. تعاریف دیگری نیز ارائه شده است؛ مانند: چاه‌هایی که تا اولین سفره آب زیرزمین حفر می‌شوند و یا چاهی که کیفیت آب در آن تغییر نکند؛ اما در بیشتر منابع آمده است: چاهی که تا اولین سفره آب زیرزمینی حفر می‌شود؛ چاه نیمه عمیق است؛ ولو این‌که عمق آن از ۱۰۰ متر نیز تجاوز نماید.

۲-۳-۳-۲- چاه‌های عمیق

به چاه‌هایی گفته می‌شود که به دلیل عمق زیاد آن‌ها با دستگاه حفاری حفر می‌شوند. بیشتر چاه‌های کشاورزی و چاه‌هایی که در سفره‌های عمیق، یعنی در سفره‌هایی که سطح آب آن‌ها در اعماق زیاد واقع است حفر می‌شوند؛ از نوع عمیق می‌باشند. قطر چاه‌های عمیق متفاوت است؛ و از ۱۲ تا ۱۸ اینچ متغیر می‌باشد. چاه‌های عمیق برخلاف چاه‌های نیمه عمیق که تا اولین سفره آب حفر می‌شوند؛ از سفره‌های مختلف می‌گذرند و می‌توانند از تمامی آن‌ها آب بگیرند. چاه‌های عمیق را، هم در رسوبات نرم (آبرفتی) و هم در سازند سخت حفر می‌نمایند. دستگاه حفاری ضربه‌ای با ضربه‌های مداوم (حدود ۵۰ تا ۶۰ ضربه در دقیقه) و دستگاه حفاری روتاری با چرخش مداوم مته، سنگ‌ها را خرد می‌کنند. مواد خرد شده را در سیستم حفاری ضربه‌ای با وسیله‌ای به نام گل کش بالا می‌آورند؛ ولی در سیستم روتاری به کمک جریان مستقیم و یا معکوس گل حفاری و یا آب، از درون چاه خارج می‌سازند. برای حفر چاه در لایه‌های سخت، از دستگاه حفاری روتاری استفاده می‌شود.

۲-۳-۴- رودخانه‌ها، دریا و دریاچه‌ها

معمولا بخشی از بارش‌های جوی در سطح زمین جاری شده و بعد از بهم پیوستن، رودخانه‌ها را تشکیل می‌دهند. رودها نیز به عنوان یکی از منابع تامین آب کارخانه‌های بسته بندی آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مواقعی که منابع آب شیرین در دسترس نباشد، به ناچار می‌توان از منابع آب شور، مانند دریاچه‌ها و یا دریاها برای تامین آب شرب استفاده نمود. در این صورت ابتدا بایستی

توسط روش‌هایی مانند استفاده از دستگاه تصفیه اسمز معکوس و یا برج‌های تقطیر، آب را به آب مقطر تبدیل و سپس املاح مورد نیاز را به آن اضافه نمود. طبیعی است که آب بدست آمده از این منابع بسیار گران‌تر از سایر منابع آب شیرین است؛ به همین دلیل از این منابع به ندرت استفاده می‌شود.

۲-۴- مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب‌های بطری شده

برای آب‌های بطری شده استانداردها و محدودیت‌هایی از نظر خواص فیزیکی و ترکیبات آن وضع شده است؛ که در کشورهای مختلف متفاوت بوده و در بعضی از موارد اختلافات فاحشی با یکدیگر دارند. در این بخش به بررسی خواص فیزیک و شیمیایی آب و میزان مجاز آن در استانداردهای رایج پرداخته می‌شود.

۲-۴-۱- سختی آب

یکی از پارامترهای مهم آب سختی آن می‌باشد. میزان سختی آب به میزان کاتیون‌هایی مانند کلسیم، منیزیم، آهن، آلومینیوم و منگنز بستگی دارد. میزان بهینه سختی بر اساس استاندارد ایران ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شده است. حداکثر مجاز این پارامتر ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. در بیشتر کشورها محدودیتی برای این پارامتر وجود ندارد، ولی به دلیل این‌که مصرف دراز مدت آب‌های بسیار سخت ممکن است برای بدن مشکل ساز باشد و از طرف دیگر بیشتر افراد طعم و مزه آب‌های بسیار سخت را نمی‌پسندند؛ لذا این پارامتر عاملی تعیین کننده در طراحی سیستم تصفیه آب در کارخانه‌ها می‌باشد.

سختی آب به دو دسته موقت و دائم تقسیم می‌شود. سختی موقت آب، بخشی از سختی آب است که از وجود بی‌کربنات‌های کلسیم، منیزیم، آهن در آن ناشی می‌شود و تنها با عمل جوشاندن می‌توان آن را برطرف کرد. سختی دائم آب به وجود نمک‌هایی غیر از بی‌کربنات فلزهای موجود در آب مربوط است؛ و با عمل جوشاندن از بین نمی‌رود بلکه برای از بین بردن آن باید از مواد شیمیایی مناسب استفاده کرد.

مجموع سختی موقت و سختی دائم را سختی کل می‌نامند. آبی که سختی کل آن از یک میلی اکی والان (mEq) کربنات کلسیم کمتر باشد؛ آب نرم (شیرین) محسوب می‌شود.

سختی آب مشکلی برای سلامت بدن ایجاد نمی‌کند؛ بلکه وجود کلسیم و منیزیم ضمن استحکام بخشی به استخوان‌ها، در کهنسالی از پوکی استخوان و مشکل فشار خون جلوگیری نموده و انعطاف پذیر ماندن رگ‌های بدن را باعث می‌گردد. هرچند در بعضی منابع پزشکی، مصرف مداوم آب‌های بسیار سخت (سختی بیش از ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) به دلیل آن‌که ممکن است برای افرادی که مشکل سنگ سازی در کلیه دارند مضر باشد؛ توصیه نشده ولی این موضوع برای عموم مردم صدق نکرده و از طرفی مزایای مصرف آب‌های سخت بیش از مضرات آن می‌باشد.

مصرف آب‌های سخت در صنعت به دلیل ایجاد رسوبات کربناتی در لوله‌ها، بویلرها، دیگ‌های بخار و تاسیسات گرمایشی و سرمایشی مشکلات فراوانی ایجاد می‌کند. برای جلوگیری از این موضوع و کاهش مشکلات یاد شده معمولا سختی آب را باید حذف یا کاهش داد. بهترین روش حذف سختی آب استفاده از روش اسمز معکوس است.

۲-۴-۲- کدورت و رنگ آب

کدورت پدیده‌ای است که میزان شفافیت آب را مشخص می‌کند و به عنوان یک خاصیت ظاهری آب محسوب می‌گردد. کدورت باعث پراکندگی یا جذب نور در حین عبور آن بر روی یک خط مستقیم در آب می‌شود. کدورت در اثر وجود مواد معلق کلوئیدی که اندازه آن‌ها بین یک میکرون تا یک هزارم میکرون (۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۰۰۰۱ میلیمتر) می‌باشد؛ ایجاد می‌گردد. ذرات موجود در آب برحسب شکل، اندازه و تراکم در آب با جذب یا پراکنده ساختن بخشی از نور تابیده شده به آن، میزان نور عبورکرده را کم می‌کند. هرچه شدت نور عبور کرده بیشتر باشد، ظاهر آب شفاف‌تر و زلال‌تر به نظر می‌آید و هرچه میزان و تراکم عامل‌های خارجی، اعم از آلی و معدنی (گل و لای، خاک رس، سیلت، میکرو ارگانیسم‌ها، رشته‌های گیاهی، ترکیبات آلی رنگی محلول، ذرات سیاه مثل کربن فعال و اکسیدهای فلزی) در آب بیشتر باشد؛ میزان نور جذب یا منحرف شده بیشتر و در نتیجه کدورت آب بیشتر است.

تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی و ورود مواد زائد گوناگون به منابع آب، شستشوی مواد فرسایش یافته از سطح زمین و لایه‌های درونی خاک، میکرو ارگانیسم‌ها، جلبک‌ها و گیاهان آبزی و ترکیبات حاصل از تجزیه و فساد آن‌ها، اسید هیومیک، ترکیبات آهن‌دار موجود در آب‌های روان سطحی و بارش‌های جوی و نفوذ آن‌ها به آب‌های زیر سطحی، حباب‌های هوا و ذرات ناشی از فرآیندهای تصفیه از مهمترین عوامل ایجاد کدورت درآب می‌باشند.

در میان عامل‌های مشخص کننده کیفیت آب، کدورت جایگاه ویژه ای دارد؛ زیرا، کدورت بر مقبولیت عمومی (زیبا شناختی) آب آشامیدنی تاثیر منفی گذاشته، موجبات اعتراض و نارضایتی مصرف کننده را باعث می‌شود. کدورت بیش از ۵ واحد معمولا برای مصرف کننده قابل تشخیص است؛ اهمیت کدورت تا آنجاست که باعث شده تنها محور و اساس عملکرد فرآیندهای متعارف تصفیه آب بر حذف عامل‌های ایجاد کننده کدورت بنا نهاده شود و اصول طراحی تصفیه‌خانه‌ها نیز بر پایه زدایش این عامل استوار است. مشکل کدورت در آب‌های سطحی و همچنین چشمه‌هایی که از لایه‌های زیرین در زمین‌هایی با تراکم کم و خلل و فرج زیاد و دانه بندی درشت می‌جوشند؛ در فصول بارندگی نمایان‌تر است. در چشمه‌هایی که از سفره‌های زیر زمینی تغذیه می‌شوند و آب چاه‌های عمیق و نیمه عمیق به دلیل خاصیت فیلتراسیون لایه‌های مختلف زمین و فرآیند جذب سطحی، دارای کدورت کمتری می‌باشند. کدورت ناشی از مواد آلی و معدنی، بستر مناسبی برای جذب حشره‌کش‌ها و سایر ترکیبات آلی و میکرو ارگانیسم‌ها و فلزات سنگین است. ذرات آلی و معدنی که کدورت آب را باعث می‌شوند؛ بستری مناسب و حاوی مواد مغذی را برای رشد میکروب‌ها در شبکه توزیع فراهم می‌آورند. این ذرات با ایجاد پوشش محافظ مانع از دسترسی و تماس مواد گندزدا (ضدعفونی کننده) با میکروب‌ها می‌شوند و به دلیل کاهش کارایی مواد گندزدا، می‌بایست مقادیر بیشتری از این مواد به آب افزود. کدورت تاثیر مستقیم روی رنگ، طعم و بوی آب دارد و همچنین باعث اختلال در انجام آزمایشات و مراحل تصفیه آب می‌گردد. مواد کلوئیدی کدورت‌زا، سطوحی را برای جذب ارگانیسم‌های بیولوژیکی یا مواد شیمیایی مضر و یا عامل طعم و بوی نامطلوب فراهم می‌کنند. در تصفیه خانه، کدورت باعث کاهش کارایی فیلترهای شنی می‌شود. مصرف آبی که کدورت بالایی داشته و کلرزنی شود؛ مخاطرات بهداشتی در پی دارد. همچنین گندزدایی به روش اشعه ماوراء بنفش در آب‌های کدر چندان کارایی ندارد.

ارتباط معناداری بین کدورت نمونه آب و شمارش میکروب‌های موجود در آن وجود دارد. سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۰۶ میزان سلامت میکروبی و فقدان باکتری و ویروس‌ها در آب را بر مبنای کدورت قرار داده است. به عنوان مثال اگر میانگین کدورت چند نمونه از یک آب کمتر از ۲۰ NTU یا کدورت یک نمونه منفرد کمتر از ۵ NTU باشد؛ به احتمال یقین (۹۹/۹۹٪) آب عاری از باکتری و ویروس خواهد بود، مشروط بر آن‌که کلر باقیمانده آزاد پس از ۳۰ دقیقه تماس در محدوده ۰/۸ – ۰/۵ میلی‌گرم در

لیتر و pH آب کمتر از ۸ باشد. میزان کدورت نه تنها به عنوان شاخص کارآمدی تصفیه خلنه‌های آب در زدایش عامل‌های میکروبی، بلکه می‌تواند به عنوان مشخصه سنجش میکروبی آب نیز شناخته شود. یادآور می‌شود آزمایش شمارش و تعیین مقدار باکتری‌های شاخص آلودگی مدفوعی آب (باکتری‌های کلیفرم – اشرشیاکلی) نیازمند صرف زمانی معادل ۲۴ تا ۷۲ ساعت می‌باشد. برای رفع این نقیصه آزمایش کدورت در کمترین زمان ممکن می‌تواند بسیار راهگشا باشد. به همین دلیل در آمریکا، آزمایش سنجش کدورت مبنای آزمایش میکروبی آب در نظر گرفته شده است. حد مطلوب کدورت در آب شرب طبق استاندارد شماره ۱۰۵۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران NTU ۱ و حداکثر مجاز آن NTU ۵ می‌باشد.

۲-۴-۳- اسیدیته یا قلیائیت

اسیدیته و قلیائیت به ترتیب بیانگر غلظت کاتیون‌های هیدروژن (H^+) و آنیون‌های هیدروکسید (OH^-) در آب می‌باشد. مقدار اسیدیته یا pH از ۱ تا ۱۴ در مقیاس لگاریتمی بوده؛ که از ۱ تا ۷ آب را اسیدی، عدد ۷ را خنثی و بالاتر از ۷ را قلیائی یا بازی می‌گویند. در pH برابر با ۷، تعداد کاتیون‌های هیدروژن برابر با تعداد یون‌های هیدورکسید می‌باشد؛ بنابراین آب حالت خنثی دارد (آب مقطر). اعداد اختصاص داده شده به قدرت اسیدیته در مقیاس لگاریتمی بوده و مفهوم آن این است که به ازای هر واحد افزایش اسیدیته در حقیقت این خاصیت ده برابر افزایش پیدا می‌کند. به عنوان مثال در نمونه‌ای از آب که pH آن ۸ است، غلظت یون هیدروکسید ده برابر بیشتر از آبی است که pH آن ۷ می‌باشد.

معمولا آب‌هایی که pH آن‌ها بین ۶ تا ۸/۵ می‌باشند را برای آشامیدن مناسب می‌دانند. در اسیدیته کمتر از ۶ قدرت اسیدی آب زیاد بوده و مشکلات گوارشی برای بدن به وجود خواهد آورد. اگر قدرت قلیائیت آب بیش از ۸/۵ شود باز هم برای بدن مشکل ساز و زیان آور است. از آنجا که pH خون انسان حدود ۷/۴ است و بدن نیز به شدت به میزان اسیدیته کمتر از ۷ حساس بوده و ممکن است مشکلات حادی را برای بدن به وجود آورد؛ محققان توصیه می‌کنند، بیشتر از آب‌هایی قلیائی با قدرت قلیائیت حدود ۸ برای آشامیدن استفاده شود.

۲-۴-۴- بو و مزه (طعم)

آبی که برای آشامیدن انتخاب می‌شود باید بدون بو باشد. بو و طعم یکی از پارامترهای حساس بوده و معمولا بیشترین شکایت از کیفیت آب‌ها به دلیل وجود بو و طعم در آن است. بو درآب‌ها بشتر به دلیل وجود مواد آلی، جلبک‌ها، فاضلاب‌های انسانی، صنعتی و کشاورزی و یا استفاده از ظروف پلاستیکی نامرغوب ناشی می‌شود. به هر حال بو در آب، هر منشئی که داشته باشد مطلوب نبود وعلاوه بر ناخوشایندی در بیشتر موارد حاکی از ناسالم بودن آن نیز می‌باشد. معمولا برای حذف بو، آب را از فیلترهای کربن اکتیو و یا فیلترهای نانو و نانو سرامیکی مناسب عبور می‌دهند. البته با اضافه کردن مواد شیمیایی و بعضی از گندزداها مانند پرمنگنات پتاسیم می‌توان بوی نامطبوع را ازبین برد؛ ولی در این صورت علاوه بر این‌که آب کیفیت طبیعی خود را از دست می‌دهد؛ براساس تعاریف در صورت بسته بندی، این آب بایستی در رده آب‌های آشامیدنی دسته بندی گردد.

برخلاف بو، وجود طعم در آب‌های معدنی بیشتر به دلیل وجود عناصر معدنی و ترکیبات آن‌ها می‌باشد. هر چند در مواردی هم ممکن است، عوامل آلی نیز هم زمان با ایجاد بوی نامطبوع موجب ایجاد طعم ناخوشایند گردند. وجود عناصر معدنی و ترکیبات آن‌ها ممکن است موجب ترشی، شوری، شیرینی و یا تلخی آب شود. در ادامه توضیح داده می‌شود که، ترکیبات آهن باعث ترشی، ترکیبات منیزیم باعث شیرینی و وجود نمک‌های سدیم باعث شوری و وجود ترکیبات اورانیوم یا دیگر مواد رادیواکتیو و یا حذف کلسیم و منیزیم از آب موجب تلخی آب می‌گردد. به هرحال بر خلاف تاثیر بو، ممکن است وجود طعم و مزه در حد متعارف (بسیار

جزئی) برای آب‌های معدنی مشکل ساز نبود و مصرف کننده با اطلاع از علت آن و صرفا جهت استفاده از خواص عنصرهای خاص و یا ترکیبات موجود در آب، مزه آن را تحمل نمایند.

۲-۴-۵- کل مواد جامد محلول در آب (TDS)

فاکتور کل مواد جامد محلول، برابر مجموع غلظت همه یون‌های موجود در آب می‌باشد. مواد محلول در آب ممکن است آلی یا معدنی باشند. این خاصیت را نمی‌توان به عنوان معیار اصلی مشخص کننده کیفیت آب در نظر گرفت؛ بلکه بیشتر درجه شفافیت آب را مشخص می‌کند.

مواد غیرآلی (معدنی) حل شده در آب شامل: مواد معدنی، فلزات و گازها می‌باشند. مواد حاصل از تجزیه گیاهان، مواد شیمیایی آلی و گازهای آلی، اجزای آلی محلول در آب را تشکیل می‌دهند. بعضی از مواد آلی به صورت ذرات کلوئیدی هستند؛ اما بیشتر مواد آلی به صورت محلول هستند. آلاینده‌های آلی ممکن است باعث ایجاد بو، رنگ و طعم نامطبوع در آب شوند. ممکن است برخی از ترکیبات شیمیایی موجود در آب براساس تحقیقات مراکز علمی سمی و برخی از اجزای آلی محلول سرطان‌زا باشند. واحد سنجش، کل مواد جامد محلول میلی‌گرم در لیتر (Mg/L) می‌باشد. حداکثر مقدار کل مواد جامد محلول در استاندارد آب شرب ایران ۱۵۰۰ و در شرایط ویژه ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ذکر شده است. مقدار مطلوب کل جامدات محلول در آب در استاندارد ذکر نشده است؛ اما آن‌چه که مسلم است، هرچقدر ناخالصی‌های محلول در آب (خصوصا آن دسته از ناخالصی‌ها نظیر نیترات که برای بدن مضر هستند) کمتر باشد، آب گواراتر و سالم‌تر خواهد بود. از طرفی کاهش کل مواد جامد محلول ممکن است تغییر طعم آب را به دنبال داشته باشد و از آنجا که طعم و مزه آب یک پارامتر نسبی است و برای مصرف کنندگان مختلف متفاوت است؛ آستانه تغییر مزه نیز قابل اندازه‌گیری نبوده و لذا در استاندارد ذکر نشده است. با این توضیحات مشخص می‌شود که ممکن است مقدار ناخالصی‌های محلول در یک نمونه آب، از مقدار استاندارد تجاوز نکرده باشد، اما از نظر مصرف‌کننده، آن نمونه مطلوبیت لازم جهت مصرف را نداشته باشد. به‌طور مثال کل مواد جامد محلول آب بعضی از شهرهای کویری ایران، حدود ۹۰۰ میلی‌گرم در لیتر است. مصرف این آب از نظر استاندارد آب شرب مجاز محسوب می‌شود؛ اما چنان‌که می‌دانیم، این آب‌ها مطلوبیت لازم را جهت مصرف ندارد. این موضوع بستگی زیادی به نوع ترکیبات جامد محلول در آب دارد.

۲-۴-۶- هدایت الکتریکی (EC)

هدایت الکتریکی معیاری از توان آب برای هدایت جریان الکتریکی می‌باشد، که این ویژگی با کل غلظت مواد یونیزه شده در آب (یون‌های مثبت و منفی) و دمایی که اندازه‌گیری در آن انجام می‌شود مرتبط می‌باشد. واحد هدایت الکتریکی ohm^{-1} یا mho و واحد هدایت الکتریکی ویژه آب μ mho/cm (میکروموس بر سانتیمتر) است که در سیستم SI با μ Siemens/cm (میکرو زیمنس بر سانتیمتر) نمایش داده می‌شود. معمولا وقتی از واژه هدایت الکتریکی آب استفاده می‌شود؛ منظور همان هدایت الکتریکی ویژه آب می‌باشد. با توجه به این‌که هدایت الکتریکی رابطه مستقیمی با کل مواد جامد محلول و نمک‌های محلول در آب دارد، لذا اندازه‌گیری آن به منظور کنترل کیفیت آب از اهمیت زیادی برخوردار است.

یکی از راه‌های ساده تعیین غلظت املاح محلول درآب، اندازه‌گیری هدایت الکتریکی است. آب مقطر یا آب خالص تقریبا هادی جریان الکتریسیته نیست؛ ولی اگر در آب نمک‌های محلول وجود داشته باشد، آب را هادی جریان الکتریسیته می‌کند. هر چقدر املاح حل شده در آب بیشتر باشد، قابلیت هدایت الکتریکی نیز افزایش می‌یابد؛ به عبارت دیگر مقاومت الکتریکی آن کاهش پیدا

می‌کند. با توجه به نقش درجه حرارت در میزان هدایت الکتریکی آب، اندازه‌گیری‌ها در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد بایستی صورت گیرد. هدایت الکتریکی به ازای افزایش هر درجه سانتی‌گراد تقریبا ۲ درصد افزایش می‌یابد.

هدایت الکتریکی آب باران بین ۲ تا ۱۰۰ میکروموس بر سانتیمتر تغییر می‌کند و در آب‌های سطحی و زیرزمینی از حدود ۹۰ میلی موس بر سانتیمتر شروع شده و به چندین هزار میکروموس می‌رسد. هدایت الکتریکی آب دریاهای آزاد حدود ۹۰۰۰۰ میکروموس و در دریاچه‌های شور چند برابر دریاهای آزاد است. در آب تقریبا خالص رابطه بین هدایت الکتریکی و غلظت کل املاح به صورت زیر است:

TDS= 2EC

وقتی غلظت ناخالصی‌ها در آب زیاد شود، یون‌ها بر روی حرکت یکدیگر اثر منفی گذاشته و دیگر هدایت الکتریکی محلول با غلظت یون‌ها رابطه خطی نخواهد داشت. در واقع رابطه‌ی بین TDS و EC برای هر نمونه آب فرق دارد و بستگی به غلظت و نوع ناخالصی‌های موجود در آب دارد. برای بسیاری از آب‌های شهری و طبیعی رابطه زیر برقرار است:

TDS= 1.55EC

مقدار هدایت الکتریکی آب را می‌توان با دستگاه **EC**متر (**Electrical Conductivity Meter**) بصورت مستقیم اندازه‌گیری کرد.

۲-۴-۷- انحلال پذیری گازها در آب

منظور از انحلال پذیری گازها در آب، میزان گازی است که می‌توان به واحد حجم آب تزریق کرد؛ به گونه‌ای که گاز در شرایط عادی از آب خارج نگردد. فشار، دما و نوع گاز از جمله عواملی هستند که بر انحلال پذیری گازها در آب تاثیرگذارند. دمای پایین و فشار زیاد، شرایط ایده‌آل برای انحلال پذیری گازها در آب می‌باشند. در طبیعت گازهای موجود در هوا حین تماس با آب، در اثر فشار جزئی این گازها، وارد آب می‌شوند. مقدار انحلال این گاز به مواردی همچون دمای آب، فشار جزئی گاز، جنس گاز و قطبی بودن مولکول‌های گاز بستگی دارد. برخی از گازها مانند اکسیژن و نیتروژن همواره بصورت گاز در آب حضور دارند، در حالی که تعدادی دیگر چون دی‌اکسیدکربن، آمونیاک و هیدروژن سولفوره هم بصورت گاز و هم بصورت یون که در اثر یونیزاسیون ایجاد می‌شوند؛ می‌توانند وجود داشته باشند. میزان یونیزاسیون این گازها بستگی به pH آب دارد.

براساس نظریه هنری برای انحلال پذیری گازها در آب شرایط زیر را می‌توان پیش بینی کرد:

- وقتی آب در تماس با هوا قرار می‌گیرد، همه‌ی گازهای موجود در هوا در آب نیز نفوذ خواهند کرد. میزان این نفوذ متفاوت بوده و بستگی به دما، جنس و فشار جزئی آن گازها دارد.
- با افزایش دمای آب، فشار بخار آب زیاد شده و در نتیجه با افزایش فشار جزئی آب، فشار جزئی گازهای دیگر کاهش یافته و این گازها از آب خارج می‌گردند.
- در یک دمای ثابت هرچه فشار گاز را بیشتر کنیم مقدار گاز بیشتری در آب حل می‌شود.
- در دمای جوش تقریبا همه گازها از آب خارج می‌شوند.
- گازهایی که دارای پیوند قطبی هستند بیشتر در آب حل می‌شوند.
- گازهایی که وزن مولکولی سنگین‌تری دارند بیشتر در آب حل می‌شوند.

نوع گاز	N_2	O_2	CO_2	NH_3	HCL
انحلال پذیری	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۳۹	۰/۱۴۵	۴۷	۶۹/۵

تصویر شماره ۱- میزان انحلال پذیری گازها در ۱۰۰ گرم آب خالص در دمای ۲۰ درجه

همانطور که در تصویر شماره ۱ ملاحظه می‌گردد؛ انحلال پذیری گاز HCL از سایر گازهای مطرح شده بیشتر است زیرا HCL در آب یک اسید قوی بوده که بطور کامل یونیزه می‌شود و یون‌های حاصل از آن به شدت آبپوشی شده و جاذبه قوی ناشی از آبپوشی آن‌ها سبب پیشرفت خود به خودی فرآیند انحلال می‌شود.

در مورد گاز NH_3 از آن‌جا که مولکول‌های این گاز می‌توانند به خوبی با مولکول آب پیوند هیدروژنی برقرار کنن؛ انحلال پذیری آن از سه گاز دیگر بیشتر است. انحلال پذیر CO_2 نیز از گازهای O_2 و N_2 بیشتر بوده و علت آن به حجم بیشتر مولکول این گاز بستگی دارد. در مورد گاز CO_2 ابرالکترونی لایه ظرفیت راحت‌تر جا به جا شده و تشکیل پیوندهای دوقطبی القائی آسان‌تر است. بیشتر بودن میزان انحلال پذیری گاز O2 نسبت به N2 به دلیل تفاوت در مرتبه پیوندهای موجود در این مولکول است. از آن‌جا که در مولکول N2 پیوند سه گانه وجود دارد و نسبت به پیوند دوگانه در مولکول O2 کوتاه‌تر است؛ قابلیت جا به جایی ابر الکترونی اتم‌های آن کمتر بوده و دو قطبی القایی سخت‌تر ایجاد می‌شود و جاذبه مولکول‌های N2 با مولکول‌های آب کمتر خواهد بود.

اگر شرایط قطبیت مولکول‌ها مشابه باشد، مولکول‌های سنگین‌تر نسبت به مولکول‌های سبک‌تر انحلال پذیری بیشتری دارند. به عنوان مثال در بین گازهای Ar ، O_2، CH_4، N_2، H_2 با کاهش جرم مولکولی انحلال پذیری از راست به چپ کاهش می‌یابد.

ترتیب انحلال پذیری : $HCL > NH_3 > CO_2 > O_2 > N_2$

۲-۵- بررسی ترکیبات آب‌های معدنی و فرامعدنی

۲-۵-۱- کلسیم (Ca) و منیزیم (Mg)

این دو فلز از مهمترین عناصر مورد نیاز بدن هستند و روزانه ۳۵ درصد کلسیم و منیزیم مورد نیاز، از طریق مصرف مواد غذایی جذب بدن می‌شوند. میزان ترکیبات این دو عنصر بیانگر سختی آب می‌باشد. برای آب‌های معدنی در بیشتر کشورها محدودیت خاصی برای میزان این دو عنصر بیان نشده است ولی از آنجا که سختی بیش از ۶۰۰ برای آب‌های آشامیدنی مجاز نمی‌باشد و میزان ترکیبات این دو عنصر تقریبا از عوامل اصل سختی آب می‌باشد؛ در واقع بطور غیر مستقیم برای آن محدودیت اعمال شده است.

۲-۵-۲- روی (Zn)

نیاز بدن انسان به عنصر روی حدود ۱۰ میلی‌گرم در روز است. این فلز از طریق ادرار و مدفوع دفع می‌گردد و در بدن انباشته نمی‌شود. وجود مقادیر بیش از ۵ میلی‌گرم روی در هر لیتر آب به دلیل تولید هیدرات و هیدروکربنات روی، طعم نامطبوعی ایجاد می‌کند. برای این عنصر در استانداردهای آب معدنی و آشامیدنی محدودیتی اعمال نشده است.

۲-۵-۳- مس (Cu)

مس در آب‌های طبیعی در غلظت‌های بسیار پایین وجود دارد، ولی مقادیری از این عنصر می‌تواند در آب‌های اسیدی و آب‌های اشباع از اکسیژن حین عبور از لوله‌های آب حاوی مس حل گردد. مقادیر زیاد مس در آب، علاوه بر ایجاد طعم نامطبوع، باعث پیدایش لکه‌های سیاه روی کاشی و لباس‌های سفید حین شستشو خواهد شد. مقادیر جزئی مس در حد کمتر از ۰/۱۱ میلی‌گرم بر لیتر برای نوزادان به ازای هرکیلو وزن بدن ضروری است و مقادیر زیاد آن مضر بوده و باعث بیماری کبدی می‌شود. مقدار ۲ میلی‌گرم بر لیتر از مس در آب‌های آشامیدنی مجاز است.

۲-۵-۴- آهن (Fe)

آهن یکی از فراوان‌ترین عناصر موجود در طبیعت است و به همین دلیل در اکثریت آب‌های طبیعی نیز یافت می‌شود. در آب‌های سطحی، اکسیژن موجود در هوا با آهن ترکیب شده و ترکیبات قابل رسوب را به وجود می‌آورد. بنابراین در آب‌های سطحی، عنصر آهن به نسبت کمتر یافت می‌شود ولی در آب‌های زیرزمینی در غیاب اکسیژن و وجود غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن حالت متفاوتی نسبت به آب‌های سطحی به وجود می‌آید و غلظت آهن در این آب‌ها نسبتا بالا است. آهن همانند مس و روی در بدن انسان انباشته نمی‌شود و بدن در تشکیل هموگلوبین خون به این عنصر نیازمند است. میزان آهن موجود در آب آشامیدنی توسط سازمان استاندارد ایران تا مقدار ۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر مطلوب شناخته شده است. غلظت بیش از ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر آهن در آب به آن طعم فلز می‌دهد. در سیستم آب شهری به علت استفاده از لوله‌های از جنس آهن و یا ترکیبات آهن‌دار، و به دلیل خوردگی شدید آهن، این عنصر در آب بیش از حد معمول وجود دارد. در استاندارد آب آشامیدنی و معدنی برای حد مجاز این عنصر، محدودیت تعیین نشده است.

۲-۵-۵- سرب (PB)

سرب بر خلاف مس، روی و آهن در بدن انسان انباشته می‌شود و متابولیسم بدن نیاز چندانی به این عنصر ندارد. سرب سبب بروز مسمومیت و بی‌اشتهایی و دردهای عضلانی می‌گردد. از جمله آسیب‌های سرب در بدن جایگزین شدن سرب به جای کلسیم در ترکیب استخوان‌ها می‌باشد که موجب ضعف و پوکی استخوان می‌شود. علاوه بر این، سرب عملکرد آنزیم‌های هموگلوبین را مختل می‌نماید؛ که منجر به کم خونی‌های حاد می‌گردد. حد مجاز آن ۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر در آب آشامیدنی و معدنی می‌باشد.

۲-۵-۶- آرسنیک (AS)

معمولا آب‌های زیر زمینی عاری از آرسنیک می‌باشند. آرسنیک همانند سرب در بدن انباشته می‌شود. این فلز مسموم کننده بوده و مصرف مداوم آب حاوی آرسنیک با غلظت بالا می‌تواند منجر به پیگمانتاسیون پوست و انواع بیماری‌های گوارشی، خون و کلیوی گردد. براساس توصیه سازمان جهانی بهداشت، میزان آرسنیک در آب آشامیدنی نباید بیشتر از ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر باشد.

استاندارد ایران، قبلا، حداکثر مجاز آرسنیک در آب آشامیدنی را ۵۰ میکروگرم در لیتر تعیین نموده بود؛ اما در سال ۱۳۸۸ استاندارد ملی شماره ۱۰۵۳ تدوین شد که حد مجاز آرسنیک در آب را به میزان ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر یا معادل ۱۰ میکروگرم در لیتر تقلیل داد. لازم به ذکر است حداکثر میزان مجاز آرسنیک در آب معدنی نیز معادل ۱۰ میکروگرم در لیتر اعلام شده است.

۲-۵-۷- سلنیوم (Se)

در آب‌های طبیعی سلنیوم به مقدار بسیار کم وجود دارد. این عنصر در کبد و کلیه ذخیره می‌گردد. اگر در منطقه‌ای سنگ‌های حاوی عنصر سلنیوم وجود داشته باشد؛ آب‌های آن ناحیه حاوی ۰/۰۵ تا ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر از این ماده می‌باشند. مقدار مجاز این عنصر در آب‌های آشامیدنی و معدنی حداکثر ۰/۰۱ گرم بر لیتر می‌باشد.

۲-۵-۸- کادمیوم (Cd)

کادمیوم از جمله عناصری است که در بدن انسان انباشته می‌شود. املاح محلول این فلز باعث سوزش جداره روده و معده می‌گردد. مطابق استاندارد آب‌های آشامیدنی و معدنی مقدار مجاز کادمیوم ۰/۰۰۳ میل‌گرم بر لیتر می‌باشد

۲-۵-۹- جیوه (Hg)

این عنصر بسیار خطرناک و مسوم کننده است. متاسفانه با صنعتی شدن جوامع، میزان آن در آب‌های سطحی و زیرزمینی رو به افزایش است. حداکثر مجاز این عنصر در آب معدنی براساس استاندارد ایران ۰/۰۰۶ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

۲-۵-۱۰- کروم (Cr)

این فلز در صنایع مختلف کاربرد دارد و مسمومیت‌زا نمی‌باشد. این عنصر معولا به میزان بسیار ناچیز در آب‌های زیرزمینی یافت می‌شود. حدمجاز این عنصر در استاندارد آب آشامیدنی و معدنی ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

۲-۵-۱۱- آلومینیوم (Al)

این فلز مسمومیت‌زا نیست؛ ولی وجود عنصر آلومینیوم در آب شرب مصرفی در طولانی مدت باعث بروز بیماری آلزایمر گردیده و برای بیماران کلیوی نیز خطرناک است. سولفات آلومینیوم ممکن است در فرآیند فراوری آب‌ها مورد استفاده قرار گیرد. در استاندارد آب‌های آشامیدنی ایران حد مطلوب این عنصر ۰/۱ و حد مجاز آن ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

۲-۵-۱۲- منگنز (Mn)

منگنز همانند آهن از بدن دفع می‌گردد؛ ولی مصرف مستمر آب‌هایی که بیش از حد مجاز منگنز دارند؛ موجب ماندگاری این ماده در بدن شده و ایجاد اختلالات در مغز می‌کند. املاح منگنز همانند آهن لکه‌های سیاه و قهوه‌ای روی پارچه و کاغذ ایجاد می‌نماید. مطابق استاندارد آب‌های معدنی، حداکثر مقدار مجاز این عنصر ۰/۴ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

۲-۵-۱۳- سولفات‌ها (SO42)

این آنیون به مقدار بسیار زیاد در آب‌های سطحی و زیرزمینی مشاهده می‌گردد و ترکیبات آن شامل سولفات سدیم، سولفات پتاسیم و سولفات منیزیم می‌باشد. این ترکیب در آب‌های آشامیدنی ایجاد طعم می‌نماید. آب‌هایی که حاوی مقادیر بالای سولفات

سدیم و سولفات منیزیم هستند، معمولا مزه گس و تلخ خواهند داشت. حد مطلوب این ترکیب در آب‌های آشامیدنی ۲۵۰ میلی‌گرم و مقدار مجاز این آنیون ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. برای آب‌های معدنی بطری شده میزان این ترکیب محدودیت ندارد.

۲-۵-۱۴- سیانور (CN)

سیانور از جمله آنیون‌هایی است که به ندرت در آب‌های سطحی و زیرزمینی مشاهده می‌گردد. ولی در پساب‌های صنعتی خصوصا در صنعت آبکاری این ماده وجود دارد و ممکن است در اثر عدم رعایت مسائل و قوانین زیست محیطی وارد آب‌های زیرزمینی گردد. آنیون سیانور به شدت مسموم‌کننده می‌باشد. غلظت مجاز آن در آب‌های آشامیدنی و معدنی ۰/۰۷ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

۲-۵-۱۵- کلریدها (Cl)

این آنیون نیز همانند سولفات به مقدار بسیار زیاد در آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی مشاهده می‌شود. مقدار مجاز آن در آب‌های آشامیدنی در حدود ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. ترکیبات آن شامل کلرید سدیم، کلرید پتاسیم و کلرید منیزیم می‌باشد. چای یا قهوه تهیه شده با آب‌هایی که این ترکیب را دارند معمولا بد رنگ و بد طعم می‌باشند. حد مطلوب آن بر اساس استاندارد آب‌های آشامیدنی ایران ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر است. در استاندارد آب‌های معدنی برای این ترکیب محدودیتی مشخص نشده است.

۲-۵-۱۶- فلور (F)

وجود فلور با غلظت کم در آب بخصوص برای سلامت دندان‌ها مفید است؛ ولی در غلظت‌های بالا مضر می‌باشد. براساس استلندردهای تدوین شده، میزان فلور در آب‌های آشامیدنی ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر و برای آب‌های معدنی ۴ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. چنانچه سطح فلور آب زیاد باشد منجر به ایجاد لک بر روی دندان‌ها (بیماری فلورزیس) و همچنین ناراحتی‌های استخوانی می‌گردد.

۲-۵-۱۷- نیتریت و نیترات (NO_2—NO_3)

ترکیبات نیتروژن‌دار بیشتر از طریق فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی و انسانی به منابع آب زیرسطحی و سطحی وارد می‌شوند. نیترات می‌تواند به نیتریت که ترکیب بسیار خطرناکی است تبدیل شود. نیتریت یک عامل اکسیدکننده بسیار قوی است و می‌تواند با تبدیل هموگلوبین خون به متهموگلوبین سلامت انسان را به خطر انداخته و حتی در موارد حاد موجب مرگ شود. نیتریت به علت ناپایدار بودن بسیار سمی‌تر از نیترات می‌باشد. این یون‌ها با آمین‌ها یا آمیدها واکنش داده و نیتروزامین‌ها را تشکیل می‌دهد. این ترکیبات عامل شناخته شده بروز سرطان بوده، عملکرد غده تیروئید بدن را کاهش داده و سبب کمبود ویتامین **A** در بدن می‌شود. در کشورها، استانداردهای متفاوتی برای میزان مجاز این ترکیبات در آب آشامیدنی وضع کرده‌اند. در ایران حد مجاز نیترات حداکثر ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و برای نیتریت حداکثر ۳ میلی‌گرم بر لیتر است. در ایالات متحده آمریکا حداکثر مجاز برای این دو ترکیب ۱۰ میلی گرم بر لیتر و برای آب‌های معدنی این حد برای نیتریت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و برای نیتریت ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر است.

۲-۵-۱۸- ید (I)

در شرایط متعارف حداکثر انحلال عنصر ید در آب ۰/۲۴ گرم بر لیتر است. معمولا مقادیر ید موجود در آب‌های طبیعی بسیار کم بوده ولی در آب‌های شور طبیعی مقدار آن چشم‌گیر می‌باشد.در صنایع مختلف از ید به عنوان ضدعفونی کننده قوی استفاده می‌شود. یکی از موارد مصرف آن به عنوان ضدعفونی کننده در استخرهای شنا می‌باشد؛ ولی به دلیل هزینه زیاد و خطر مسمومیت، روش‌های دیگر ضدعفونی توصیه شده است. ید یکی از عناصر مورد نیاز غده تیروئید برای ساختن تیروکسین می‌باشد و برای بدن بسیار مفید است؛ ولی وجود آن در آب آشامیدنی گاهی سبب بروز حساسیت می گردد. در سال‌های اخیر ید به همراه نمک طعام جهت جبران کمبود آن تجویز می‌گردد. زیادی ید در بدن منجر به بیماری یدیسم می‌گردد. در استاندارد ملی ایران برای آب‌های آشامیدنی محدودیتی برای این عنصر تعیین نشده است.

۲-۵-۱۹- آمونیاک (NH_3)

آمونیاک مهم‌ترین ترکیب هیدروژنه ازت است و در طبیعت از تجزیه مواد آلی نیتروژن‌دار تولید می‌شود. آمونیاک گازی بی‌رنگ، اشک آور، با بوی فوق‌العاده تند و زننده است؛ که سبب تحریک دستگاه تنفسی، پوست و چشم می‌شود و تماس مداوم با حجم زیاد این گاز به دلیل آسیب رسیدن به شش‌ها می‌تواند سبب مرگ فرد شود. گاز آمونیاک از هوا سبک‌تر است و به سهولت به مایع تبدیل می‌شود. میزان آمونیاک آزاد موجود در آب برحسب میزان ازت محاسبه می‌شود و ممکن است بصورت نمک‌های آمونیوم، آمونیاک آزاد و کمپلکس‌های آمونیاکی وجود داشته باشد. شکل دیگری از ترکیبات ازت، ازت آلبومینوئیدی است که در اثر تجزیه شیمیایی مواد آلی نیتروژن‌دار به‌وجود می‌آید. آمونیاک همچنین از طریق احیاء نیتریت و نیترات در آب چاه‌های عمیق نیز می‌تواند تولید شود. مهمترین عامل ورود این ماده به آب‌های زیر زمینی مواد شوینده و سفیدکننده می‌باشد. حدمطلوب آمونیاک در آب‌های آشامیدنی ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

۲-۶- مزایا و معایب آب‌های بطری شده

مزایای زیادی برای آب‌های بطری شده قابل ذکر است. این مزایا تاکنون توانسته به‌خوبی باعث گسترش و رونق این صنعت شود. امروزه در بیشتر کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه آب شرب مصرفی شهروندان از طریق آب‌های معدنی و فرامعدنی بطری‌شده تامین می‌گردد. این موضوع بخصوص در اواخر قرن بیست و اوایل قرن بیست و یکم سرعت بیشتری به خود گرفته است. علت این رشد را می‌توان در عواملی چون اعتقاد قشر بزرگی از مردم به این موضوع که آب‌های بسته بندی طبیعی‌تر و دارای خواص و طراوت بیشتری نسبت به آب لوله‌کشی است؛ افزایش درآمد اقشار مختلف جامعه در کشورهای پیشرفته، قدرت انتخاب در نوع آب و ترکیبات موجود در آن، قابلیت حمل و نقل ساده، در دسترس بودن در مسافرت‌ها و مزایای زیاد دیگری جستجو کرد. از طرفی دولت‌ها نیز به دلیل هزینه زیاد در تامین و انتقال آب شرب، مردم را به مصرف آب‌های بسته بندی تشویق می‌نمایند. درکنار مزایای یاد شده، گسترش این صنعت نیز مانند تمام صنایع روز دنیا دارای ابعاد منفی از جمله، مشکلات زیست محیطی حاصل از دور ریز ظروف آب‌های بطری شده می‌باشد.

در این بخش به تفصیل به دلایل برتری یافتن آب‌های بطری شده بر آب لوله‌کشی پرداخته می‌شود.

۲-۶-۱- مزایای آب‌های بطری شده

۲-۶-۱-۱- امنیت آب

تامین امنیت شبکه‌های اصلی و فرعی توزیع آب شرب به دلیل گستردگی، نیازمند وجود گروه‌های حفاظتی و امنیتی بوده و حتی در مواقع عادی یکی از مشکلات سازمان‌های مربوطه می‌باشد. علیرغم هزینه‌های فراوان در راستای حفاظت و کنترل مداوم منابع آب، تصفیه خانه‌ها و خطوط لوله، احتمال خطا و آلودگی آب لوله‌کشی شرب همواره وجود داشته و در سراسر جهان بارها اتفاق افتاده است. از طرفی در هنگام وقوع حوادث غیرمترقبه مانند سیل، زلزله، آتشفشان و مهم‌تر از همه در فاجعه جنگ‌ها، تامین امنیت خط لوله و حفظ کیفیت و سلامت آب غیرممکن و یا بسیار مشکل خواهد شد و معمولا تامین آب شرب برای شهروندان را به بحران تبدیل می‌کند. در این‌گونه حوادث طبیعی و غیرطبیعی، وجود آب‌های بسته بندی علاوه بر داشتن امنیت غذایی و سلامت کافی، به سادگی قابل نقل و انتقال و نگه‌داری می‌باشد و می‌تواند به سرعت در اختیار گروه‌های هدف قرار گیرد.

۲-۶-۱-۲- حق انتخاب

در جوامعی که آب شرب توسط لوله تامین می‌شود؛ تمامی شهروندان از یک نوع آب استفاده می‌کنند. در این موارد هیچ‌گونه حق انتخابی در نوع آب، کیفیت املاح، اسیدیته، سختی و سایر خواص آب وجود ندارد. برخلاف آب لوله‌کشی، به دلیل تنوع چشمه‌ها و سایر منابع آب و گسترش کارخانه‌های بسته بندی آب در نقاط مختلف اقلیمی، آب‌ها با ترکیبات، سختی و اسیدیته متنوع در اختیار مردم قرار می‌گیرد. بنابراین هر فرد بنا به سلیقه و فراخور نیاز بدن خود می‌تواند آب شرب خود را انتخاب نماید.

۲-۶-۱-۳- سلامت بیشتر

بنابه دلایل زیر سلامت آب‌های بسته بندی شده از آب‌های لوله‌کشی شهری بیشتر است:

۱. در سیستم آب شهری به منظور گندزدائی از موادی مانند کلر، دی‌اکسید کلر، هیپوکلرید سدیم یا پتاسیم و مواد مشابه استفاده می‌شود. اکثر گندزداها با مواد آلی موجود در آب ترکیبات مضر جدیدی (مانند تری‌هالومتان‌ها که ناشی از واکنش کلر می‌باشد) را تولید می‌کنند؛ که قابل جداسازی از آب نیستند. از طرف دیگر برای مقابله با آلودگی‌های احتمالی در مسیر انتقال آب تا محل مصرف (آلودگی ثانویه)، مقداری مواد ضدعفونی کننده بصورت مازاد به آب اضافه می‌کنند، که وجود این مواد گندزدای باقی مانده در آب شرب ممکن است در دراز مدت مشکلاتی را برای سلامتی مصرف‌کنندگان به وجود آورد. برخلاف آب‌های لوله‌کشی، بیشتر آب‌های بطری شده از چشمه‌ها و یا منابع سالم و دور از آلودگی شهری و صنعتی تامین می‌شوند و در اکثر قریب به اتفاق، از روش‌های غیر شیمیایی برای ضدعفونی آب استفاده می‌شود.

۲. به دلیل مواردی چون فرسودگی لوله‌های انتقال و توزیع آب، ضربه ماشین‌آلات سنگین در حین تردد به لوله‌ها، نشست زمین، نقص در آب‌بندی اتصالات و عوامل عدیده دیگر، نشت آب از بدنه لوله و یا محل اتصالات اتفاق می‌افتد. ماندگاری طولانی آب‌های نشت یافته در اطراف لوله‌ها باعث تولید لجن می‌شود. علاوه بر ورود تدریجی این آب‌های آلوده به داخل شبکه که در اثر نفوذ اتفاق می‌افتد؛ در صورت قطع شدن جریان آب از مبدأ تامین، فشار منفی که در اثر مصرف آب داخل لوله‌ها در نقاط تراز پایین‌تر ایجاد می‌شود؛ باعث مکیده شدن آب‌های آلوده و لجن تولید شده در اطراف محل نشت گردیده و پس از وصل مجدد جریان، این آلودگی در سراسر شبکه آب شرب پخش می‌شود.

۳. در مناطقی که آب شرب از چاه‌ها تامین می‌شود، احتمال نفوذ آب‌های سطحی آلوده به سموم دفع آفات کشاورزی، کودهی شیمیایی و فاضلاب شهری، روستایی و صنعتی بخصوص در شهرهایی که فاقد سیستم جمع‌آوری فاضلاب می‌باشند؛ همچنین آلودگی‌های ناشی از تردد ماشین‌آلات، گرد آزبست مربوط به سایش لنت ترمز اتومبیل‌ها، مواد سمی میکرونی حاصل از سایش لاستیک اتومبیل‌ها، انواع روغن‌های صنعتی و غیره به آب چاه وجود دارد. این آلودگی‌ها به سادگی قابل تصفیه نبوده و معمولا وارد آب‌های زیرزمینی می‌شوند. آب‌های بسته بندی معمولا از چشمه‌های موجود در دل کوه‌ها که به دور از این آلودگی‌ها هستند تامین گردیده و به همین دلیل از سلامتی مناسب برخوردارند.

۴. به دلیل گستردگی عملیات و حجم عظیم آب در تصفیه‌خانه‌های شهری احتمال وجود خطا در حین مراحل تصفیه آب زیاد است؛ در حالی که در کارخانه‌های بسته بندی آب، به دلیل کنترل چند مرحله‌ای توسط واحد کنترل کیفیت کارخانه، مراجع قانونی و کنترلی دولتی مانند وزارت بهداشت و اداره استاندارد، سازمان‌های مردمی مانند انجمن آب‌های بسته بندی و در نهایت کنترل توسط مصرف‌کننده، احتمال آلودگی بسیار کمتری را می‌توان برای آن‌ها متصور بود.

۵. وجود قوانین و استانداردهای سخت‌گیرانه برای آب‌های بطری شده و اجبار کارخانه‌های تولید آب‌های بطری شده برای رعایت و اجرای این استانداردها از سوی مراجع ذیصلاح دولتی و مردمی، احتمال آلودگی آب‌های بسته بندی را به شدت کاهش می‌دهد.

۲-۶-۱-۴- توان نگه‌داری و انتقال راحت‌تر

به دلیل میکروب‌زدائی کامل آب‌های بسته‌بندی در کارخانه‌ها و قراردادن آب در بسته‌های غیر قابل نفوذ، این آب‌ها دارای ماندگاری زیاد می‌باشند. برهمین اساس می‌توان آن‌ها را مدت زمان طولانی بدون تغییر در کیفیت آن نگه‌داری نمود. همین امر سبب شده است که در هنگام وقوع حوادث غیر مترقبه، مسافرت‌ها، اردوها، کوهنوردی و موارد مشابه، بتوان به میزان مورد نیاز آب ذخیره نمود. همچنین به دلیل بسته‌بندی‌های متنوع در ابعاد و اوزان قابل حمل به راحتی می‌توان این آب‌ها را در راهپیمایی، ورزش، مسافرت و موارد مشابه بهمراه داشت و استفاده نمود. این موضوع یکی از دلایل بسیار مؤثر در فراگیر شدن استفاده از آب‌های بسته‌بندی می‌باشد.

۲-۶-۱-۵- داشتن برچسب

وجود برچسب برروی هر محصول به عنوان شناسنامه آن کالا می‌باشد. از لحاظ روان‌شناختی افراد جذب محصولی خواهند شد که دارای شناسنامه باشد و هرچه مشخصات کامل، واضح و دقیق‌تر باشد؛ مصرف‌کننده رغبت بیشتری نسبت به مصرف آن پیدا می‌نماید. این موضوع در خصوص مواد غذایی بیشتر صدق نموده و از حساسیت بیشتری برخوردار است. یکی از مزیت‌های آب‌های بطری شده نسبت به آب لوله‌کشی وجود برچسب مشخصات آب و کارخانه تولیدکننده بر روی بطری‌ها می‌باشد.

۲-۶-۱-۶- هزینه کمتر تولید و تصفیه و انتقال آب برای دولت‌ها

گسترش روزافزون شهرها و تبدیل شهرها به کلانشهرها، تامین آب شرب را برای دولت‌ها بسیار مشکل کرده است. برای رساندن آب شرب توسط سیستم لوله‌کشی دو راه پیش روست:

- راه اول این‌که آب مورد نیاز جهت شرب و دیگر مصارف توسط یک خط لوله به محل مصرف انتقال یابد؛ در این صورت بایستی به منظور تامین آب مناسب برای شرب که میزان آن کمتر از ۲ درصد کل آب مصرفی می‌باشد؛ تمام آب را در حد آب شرب، تصفیه و گندزدایی نمود.
- راه دوم، استفاده از دو خط انتقال آب است که یک خط آب شرب و خط دیگر آب جهت مصارف بهداشتی را به محل مصرف انتقال دهد.

در هر دو صورت هزینه گزافی صرف این کار خواهد شد. از طرفی تامین امنیت خطوط انتقال و تصفیه‌خانه‌ها و سرویس و نگه‌داری این سیستم‌ها هزینه‌های زیادی را به دولت‌ها تحمیل می‌کند. از آنجا که معمولا این هزینه از درآمدهای مالیاتی هر کشور تامین می‌گردد؛ فشار زیادی را بردوش اقشار متوسط و ضعیف جامعه تحمیل خواهد کرد. بنابراین دولت‌ها جهت کاهش این هزینه‌ها ترجیح می‌دهند تا آب شرب شهروندان توسط آب بطری شده تامین گردد.

۲-۶-۲- معایب آب‌های بطری شده

۲-۶-۲-۱- مشکلات زیست محیطی

با کشف مواد پلیمری و گسترش تولید و مصرف این مواد، صنعت بسته بندی آب نیز رونق فراوانی یافت. با رشد روزافزون مصرف انواع نوشیدنی‌های که در بطری‌های پلیمری بسته‌بندی شده و به آسانی قابل حمل به هرنوع اقلیم از جمله کوهستان‌ها، مراتع، جنگل‌ها و دیگر مکان‌ها می‌باشد؛ امروزه به کمتر مکانی می‌توان پا گذاشت که دور ریز این بطری‌ها در طبیعت یافت نشود. این بطری‌ها به کندی تجزیه شده و براساس یافته‌های علمی، بعضی از این مواد عمری بالغ بر ۳۰۰ سال در طبیعت دارند؛ به همین دلیل تنها راه برون رفت از این مشکل که تاکنون پیشنهاد شده است، بازیافت این مواد می‌باشد.

باعنایت به تمام تمهیداتی که برای بازیافت این بطری‌ها صورت گرفته است؛ متاسفانه هنوز یکی از بزرگترین مشکلات زیست محیطی وجود بی‌شمار بطری‌های رها شده در محیط زیست می‌باشد.

اخیرا علاوه بر سرمایه‌گذاری و گسترش صنعت بازیافت، دانشمندان و صاحبان صنایع به دنبال راه‌هایی برای کاهش آلودگی این مواد می‌باشند. از جمله راهکارهایی که امروز به نتیجه رسیده کاهش چشمگیر وزن بطری‌ها بوده، که تاثیر شایانی در کاهش میزان ورود این مواد به طبیعت داشته است. یکی دیگر از تحقیقاتی که به نتیجه رسیده است ولی تا کنون عملیاتی و یا همگانی نشده، کشف مواد قابل تجزیه برای ساخت بطری‌های آب و نوشابه می‌باشد.

۲-۷- اقتصاد آب‌های بطری شده

امروزه یکی از پررونق‌ترین اقتصاد کشورهای پیشرفته را صنعت آب‌های بسته بندی تشکیل می‌دهد. این صنعت در بسیاری از قاره‌ها از جمله آمریکا، آسیا و آفریقا نوظهور بوده و در پاره‌ای از کشورها مانند چین رشد بسیار زیادی در سال‌های اخیر داشته است. صنعت بسته بندی آب، به رقم تحمیل هزینه‌ای ۳۰۰ تا ۵۰۰ برابر نسبت به آب لوله‌کشی به مردم، به سرعت در ملیت‌های مختلف نفوذ کرده است.

تولید آب بطری‌شده در جهان در سال ۲۰۱۴ حدود ۳۰۰ میلیارد لیتر بوده و قیمت واحد آن با توجه به نوع آب و نحوه بسته‌بندی بسیار متنوع و از ۲۵ سنت تا ۶۰ دلار برای هر بطری ۱/۵ لیتری متغیر است. براساس آمار ارائه شده از سوی انجمن بین‌المللی آب‌های بطری شده، بطور متوسط قیمت هر بطری در جهان در سال ۲۰۱۴ تقریبا ۱/۲ دلار می‌باشد. بر این اساس کل گردش مالی حاصل از فروش آب‌های بطری شده در جهان ۳۶۰ میلیارد دلار می‌باشد.

اگر بخواهیم گردش مالی این صنعت را بافروش نفت خام مقایسه کنیم؛ با توجه به فروش کل نفت خام در جهان در سال ۲۰۱۴ به مبلغ ۱۸۰۰ میلیارد دلار، صنعت آب‌های بطری شده، گردش مالی معادل ۲۰ درصد یا یک پنجم فروش نفت خام در کل جهان می‌باشد. سهم مناطق مختلف جهان در این صنعت و سرانه مصرف آب بطری شده در مناطق مهم جهان بصورت زیر می‌باشد.

رتبه	نام منطقه	درصد تولید آب بطری شده
۱	آسیا	۳۱
۲	اروپا	۲۸/۲
۳	آمریکای شمالی	۲۳/۷
۴	آمریکای لاتین	۸/۵
۵	خاورمیانه و شمال آفریقا	۴/۸
۶	آفریقا	۳/۴
۷	استرالیا	۰/۴

تصویر شماره ۲- نسبت تولید آب‌های بطری شده در جهان

رتبه	نام منطقه	میزان مصرف سرانه (لیتر)
۱	اروپا	۱۰۳/۳
۲	آمریکای شمالی	۹۴/۵
۳	استرالیا	۵۰
۴	آمریکای لاتین	۳۲/۵
۵	آفریقا	۳۰
۶	آسیا	۱۸/۷
متوسط مصرف جهان		۵۰

تصویر شماره ۳- میزان مصرف سرانه آب بسته بندی در جهان

۲-۷-۱- اقتصاد آب‌های بطری شده در اروپا

اروپا علاوه بر کهن‌ترین منطقه از جهان در استفاده از آب بسته بندی، صاحب پررونق‌ترین اقتصاد در این زمینه است. شرکت‌های بزرگی چون نستله در سوئیس با نام تجاری پیورلایف و دنون در فرانسه با نام تجاری اویون، دو قطب بزرگ تولید و توزیع آب بطری شده در اروپا و جهان می‌باشند. آمار و اطلاعات ارائه شده از سوی مراجع رسمی نشان می‌دهد که گسترش صنعت آب بسته بندی در کشورهایی چون آمریکا مدیون حضور و صادرات آب بسته بندی شده توسط این شرکت‌ها بوده است. آمار انجمن اروپا نشان می‌دهد در سال ۱۹۹۹، حدود ۴۵ درصد از آب بسته بندی شده جهان در اروپای غربی و در مجموع حدود ۵۰ درصد از آب بسته بندی جهان در این قاره مصرف می‌شود.

براساس آمار ارائه شده از سوی انجمن آب‌های بطری شده اروپا در سال ۲۰۱۵، حجم فروش کارخانه‌های تولید آب بطری شده در این قاره ۱۴/۲ میلیارد دلار بوده و ۵۲ میلیارد لیتر آب توسط ۵۹۴ کارخانه، بسته بندی و روانه بازار مصرف شد است. در سال ۲۰۱۵ حدود ۵۲۰۰۰ نفر را بطور مستقیم و حدود ۸۳۳۰۰۰ نفر را بطور غیرمستقیم در این صنعت در قاره اروپا مشغول به کار نموده است.

سرانه مصرف آب بطری شده در این قاره ۱۰۳/۳ لیتر می‌باشد که در جهان رتبه اول را دارد. ایتالیا و آلمان با سرانه مصرف ۱۷۶ و ۱۶۸ لیتر، پرمصرف‌ترین و فنلاند با سرانه مصرف ۱۸ لیتر کم مصرف‌ترین کشورها هستند. در این قاره براساس آمار ارائه شده ۸۳ درصد از آب‌های بطری شده آب معدنی طبیعی، حدود ۱۴ درصد آب چشمه و ۳ درصد آب آشامیدنی می‌باشد.

۲-۷-۲- اقتصاد آب‌های بطری شده در آمریکا

صنعت آب معدنی در کشور آمریکا تا دهه ۹۰ قرن بیست گسترش چندانی نداشت. ورود آب‌های بطری شده از کشورهای اروپایی و گسترش مصرف آن‌ها با توجه به تبلیغات فراوان این برندها، موجب راه‌اندازی کارخانه‌های تولید آب توسط شرکت‌های بزرگی چون کوکاکولا و پپسی کولا گردید. امروزه چهارکمپانی نستله، دنون، کوکاکولا و پپسی‌کولا از بزرگترین و اصلی‌ترین شرکت‌های تولید آب بطری شده در آمریکا هستند. براساس آمار ارائه شده از مراکز رسمی آمریکا، آب بطری شده به عنوان اولین انتخاب و پرمصرف‌ترین نوشیدنی نسبت به سایر نوشیدنی‌هایی مانند آب‌میوه، چای و قهوه، شیر و نوشابه‌های گازدار اعلام گردیده است. حدود ۴۰ درصد آب‌های بسته بندی در این کشور از سیستم آب شهری و مابقی از چشمه‌ها و دیگر منابع طبیعی تامین می‌گردد. فروش آب بسته‌بندی شده در کشور آمریکا بعد از چندسال رکود به دلیل مشکلات و بحران اقتصادی، در سال ۲۰۱۲ به بیش از ۹ میلیارد گالن رسیده است. براین اساس سرانه مصرف آب بسته بندی در این کشور حدود ۱۰۰ لیتر در سال می‌باشد. آمریکا بعد از گذر از دوران رکود اقتصادی، رشد ۶ درصدی را در این صنعت شاهد بود. ارزش اقتصادی این صنعت در سال ۲۰۱۲ بالغ بر ۱۱/۸ میلیارد دلار و در سال ۲۰۱۴ حدود ۱۳/۲ میلیارد دلار بوده است. در زمان نگارش این اثر، برآوردها برای سال ۲۰۱۶ بالغ بر ۱۲ میلیارد گالن بوده است. این صنعت سالانه موجب گردش مالی ۴۰ میلیارد دلاری در آمریکا شده است و براساس آمار ارائه شده از سوی انجمن آب‌های معدنی آمریکا حدود ۷۰۰ برند آب معدنی مشغول به فعالیت هستند. در آمریکا علیرغم این‌که مالیات سنگینی بر روی مواد سوختی مانند بنزین و گازوئیل، معادن و سایر منابع طبیعی وضع شده است؛ تولیدکنندگان آب بطری شده به دلیل مصرف عمومی این محصول و در راستای حمایت، ترویج و گسترش این صنعت از معافیت مالیاتی برخوردارند. با این حال قیمت آب بسته بندی از مواد سوختی گران‌تر است.

۲-۷-۳- اقتصاد آب‌های بطری شده در چین

فروش آب بطری شده در کشور چین در سال ۲۰۱۲ حدود ۵۴ میلیارد لیتر بوده و این عدد نسبت به سال قبل حدود ۱۴ درصد رشد نشان می‌دهد. رشد این صنعت از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ حدود ۳۳۰ درصد بوده و از ۱۶ میلیارد لیتر به ۵۴ میلیارد لیتر رسیده است. مهمترین شرکت‌های تولیدکننده آب بطری شده در این کشور TingHsin، Nongfu، Wahaha، Huarum و IceDew می‌باشند. عواملی چون عقیده مردم به سلامت بیشتر آب‌های بسته بندی نسبت به آب لوله‌کشی، در دسترس بودن، قابل حمل بودن و رونق اقتصادی و افزایش درآمد و سطح رفاه اجتماعی و رسوخ فرهنگ غربی باعث رشد این صنعت در چین شده است.

۲-۷-۴- اقتصاد آب‌های بطری شده در هند

صنعت آب بطری شده در کشور هند یکی از سریع‌ترین رشدها را در بین کشورهای جهان داشته است. این رشد در بین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۵ سالیانه حدود ۲۵ درصد بوده و میزان مصرف از ۱/۵ میلیارد لیتر به ۵ میلیارد لیتر در سال ۲۰۰۵ رسیده است. این رشد اگرچه در بعضی از سال‌ها کاهش پیدا کرده ولی در سال ۲۰۱۲ فروش آب‌های بطری شده عددی بالغ بر ۲۰ میلیارد لیتر را نشان می‌دهد. افزایش سریع جمعیت، افزایش درآمد سرانه در هند، تقلید از کشورهای پیشرفته و سلامت بیشتر آب‌های بطری شده نسبت به آب لوله‌کشی شهری و افزایش صنعت جهانگردی از جمله عوامل رشد این صنعت در هند بوده است.

۲-۷-۵- اقتصاد آب‌های بطری شده در ایران

صنعت آب‌های بسته بندی شده در ایران تا سال‌های دهه ۷۰ هجری شمسی رشد چندانی نداشته و براساس آمار رسمی کشور تنها دو درصد از ایرانیان تا دهه ۸۰، بخش ناچیزی از نیاز آب شرب خود را توسط آب بسته بندی تامین می‌کنند. در سال‌های اخیر به دلیل افزایش چشمگیر مسافرت‌ها، آلودگی آب‌های لوله کشی، بالاتر رفتن سطح بهداشت جامعه و پیروی از سبک زندگی کشورهای پیشرفته، مصرف این محصول توسط مردم نسبتا رشد کرده است. براساس آمار رسمی، مصرف آب‌های بسته بندی در ایران یک میلیارد لیتر در سال ۱۳۹۲ بوده و بر این اساس میزان سرانه مصرف حدود ۱۳ لیتر برای هر ایرانی می‌باشد؛ که شاید جزو کمترین مصرف سرانه در میان کشورهای جهان باشد. البته با توجه به مشکلات آماری در ایران نمی‌توان این اعداد را قطعی فرض کرد. براساس آمارهای اعلام شده تا سال ۱۳۹۴ بیش از ۱۰۰ کارخانه تولید آب بسته بندی در ایران به بهره‌برداری رسیده است، که عموما با ظرفیت بسیار پایین‌تر از ظرفیت اسمی فعالیت می‌نمایند. به هر حال رشد این صنعت در کشور ما بسیار کم بوده؛ که یکی از دلایل عمده این موضوع تامین آب شرب توسط آب لوله‌کشی با قیمت غیر واقعی و مخفی نگه‌داشتن مشکلات تامین آب با روش‌های سنتی و همچنین کاهش درآمد سرانه قشر قابل توجهی از مردم به دلیل مشکلات اقتصادی می‌باشد.

در حال حاضر در کشور ۲۹۲ جواز تاسیس احداث انواع آب آشامیدنی و معدنی گازدار و بدون گاز در کشور صادر شده است. از این تعداد ۹۰ طرح با پیش بینی سرمایه گذاری ۱۵۱۱۷۲۶۶ میلیون ریال و اشتغال ۴۰۸۸ نفر و پیش‌بینی ظرفیت تولیدی سالیانه ۶۳۱۲۱۹۳ تن از انواع آب هست.

طرح‌های دارای پیشرفت فیزیکی بالای ۳۵درصد در حال اجرا هستند. تعداد ۳۱۷ واحد صنعتی دارای پروانه بهره‌برداری صنعتی تولید انواع آب آشامیدنی و آب معدنی بسته بندی شده در کشور وجود دارد که دارای سرمایه گذاری اسمی ۳۸۷۴۴۵۶۳ میلیون ریال، اشتغال اسمی ۳۴۹۳۵ نفر و ظرفیت تولیدی سالیانه ۱۶۶۴۱۶۶۸ تن هستند. از این تعداد ۱۰۶ واحد، صرفا آب معدنی تولید می نمایند؛ که دارای اشتغال ۵۸۷۶ نفر با سرمایه گذاری ۷۸۸۴۳۰۳ میلیون ریال و ظرفیت تولیدی سالیانه ۵۴۷۸۵۶۸ می‌باشد.

گسترش مصرف آب‌های بطری شده در ایران در مقایسه با کشورهایی چون هند و چین و حتی کشورهای عربی حاشیه خلیج فارس بسیار کند بوده است. دلیل این موضوع در دسترس بودن آب شرب لوله کشی در اکثر قریب به اتفاق شهرها و روستاهای ایران بوده و به دلیل ارزانی و سهل الوصول بودن، ایرانیان نیازی به تامین آب شرب از طریق آب‌های بسته بندی شده نمی‌دیدند. لازم به ذکر است در اکثر کشورهای دنیا آب لوله کشی شهری صرفا جهت تامین مصارف بهداشتی بوده و آب شرب را از منابع دیگری تهیه می‌کنند. به همین دلیل با حضور آب‌های بسته بندی در بازار این کشورها به سرعت مصرف آن گسترش پیدا کرده و جایگزین روش‌های سنتی تامین آب شرب گردید.

بدون احتساب صادرات در کشور سالیانه ۵۸۰۰۰۰۰۰ تن انواع آب آشامیدنی و معدنی مورد نیاز شرب است که هم اکنون بخش بزرگی از آن توسط آب موجود در سیستم‌های لوله کشی شبکه آب‌رسانی تامین می‌گردد. همزمان این آب به مصارف بهداشتی، شستشو، آشامیدن، فضای سبز و سایر نیازمندی‌های حوزه شهر و روستا می‌رسد؛ که علی‌القاعده می‌بایست از سطوح تصفیه متفاوتی به تناسب استاندارد و نوع مصرف برخوردار می‌بود.

گذشته از بحث در دسترس بودن آب در بسیاری از نقاط کشور که مانعی سر راه استفاده از آب‌های بسته‌بندی‌شده است، هزینه بالای حمل و نقل سبب می‌شود بیشتر آب‌معدنی که بسته‌بندی می‌شود در مناطقی مشخص مثل شهرهای بزرگ توزیع شود و آب‌معدنی در تمام نقاط کشور یکسان توزیع نشود. شاید با توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل روزی این مشکل رفع شود. کیفیت محصولات به ویژه در بخش خوراکی‌ها همیشه برای مصرف‌کننده‌ها جذاب است یا می‌تواند دافعه ایجاد کند که گاه شایعاتی پیرامون کیفیت بطری‌های آب‌معدنی بسته‌بندی‌شده مطرح بوده است. با این حال در حال حاضر سالانه حدود ۱ تا ۱/ ۵ میلیارد لیتر از محصولات صنعت بسته‌بندی آب در ایران تولید می‌شود؛ که بر همین اساس سرانه مصرف آب بسته‌بندی در کشور به حدود ۱۵ تا ۲۰ لیتر می‌رسد و این در حالی است که این مقدار در مقایسه با کشورهای همسایه سهم پایینی دارد. به گونه‌ای که سرانه مصرف آب‌های بسته‌بندی در ترکیه بیش از ۱۳۰ لیتر و در کشورهای حوزه خلیج فارس بیش از ۱۰۰ لیتر است. با این حال صنعت آب‌معدنی یکی از صنایع سودآور جهان محسوب می‌شود. در این راستا شرکت‌های ایرانی گام‌هایی در این عرصه برداشته‌اند. اما یکی از مسائل مهم ضعف فعالان این صنعت در کسب بازار فروش و حضور رقابتی است. اگرچه برندهایی وجود دارند که موفق عمل کرده‌اند؛ اما چون تولیدکنندگان نتوانستند روند تولید را به خوبی طی کرده و بازار را شناسایی کنند، دچار ناتوانی در رقابت با سایر تولیدکنندگان شده و ناشناخته مانده‌اند. گذشته از آن گرانی مواد اولیه بسته‌بندی آب‌معدنی نیز مزید بر علت شده است. بنابراین یکی از نیازهای اصلی صنعت آب‌معدنی رشد سرمایه‌گذاری در این عرصه است.

۳- تصفیه آب‌های معدنی و آشامیدنی بطری شده

تصفیه آب به مجموعه عملیاتی اطلاق می‌شود که منجر به حذف عناصر، ترکیبات، ذرات معلق خارجی مضر و غیر مفید و حذف میکروارگانیسم‌ها و یا رساندن به میزان مورد نیاز در آب گردد؛ به‌گونه‌ای که آب برای شرب و یا مصارف صنعتی و کشاورزی مناسب باشد.

روش‌های تصفیه آب به دو دسته کلی فیزیکی و شیمیایی تقسیم می‌شود. در روش‌های فیزیکی اساس کار بر جداسازی ذرات جامد معلق، میکروارگانیسم‌ها و یا املاح موجود در آب بدون استفاده از مواد شیمیایی و ضد عفونی کننده می‌باشد. در روش‌های شیمیایی با استفاده از اضافه کردن یک و یا چند ماده شیمیایی و یا حذف یا تغییر بعضی از ترکیبات محلول در آب، سالم‌سازی و تطبیق شرایط با استانداردها انجام می‌شود. در اکثر سیستم‌های تصفیه آب شهری از ترکیب دو روش فیزیک و شیمیایی برای سالم سازی آب استفاده می‌گردد.

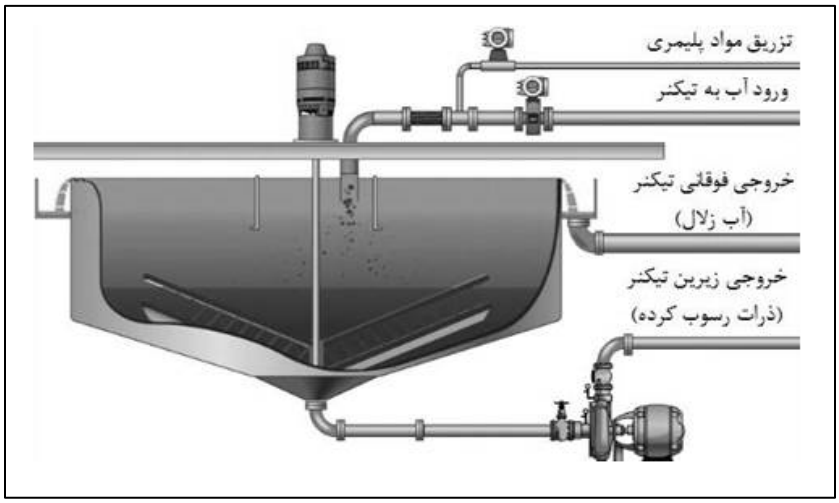
در این بخش به تشریح روش‌های تصفیه و تجهیزات مورد استفاده در هر روش پرداخته شده است. همچنین سعی شده است مزایا و معایب روش‌های مختلف تصفیه در کنار معرفی روش توضیح داده شود.

۳-۱- روش‌های فیزیکی تصفیه آب‌های بطری شده

به روش‌هایی از تصفیه آب اطلاق می‌شود که در آن‌ها از مواد شیمیایی استفاده نشده و بدون تغییر در نوع ترکیبات و یا تبدیل ترکیبات به ترکیبات جدید، آبی عاری از مواد زائد و قابل شرب بدست آید. این روش‌ها شامل استفاده از انواع فیلترها، اشعه فرابنفش، رسوب دادن و دیگر روش های مشابه می‌باشد. با وجود آن‌که حرارت دان (جوشاندن) آب را یکی از روش‌های فیزیکی تصفیه آب می‌دانند، ولی از آن‌جا که در اثر حرارت دادن؛ بعضی از نمک‌های محلول در آب، رسوب کرده و در نتیجه در ترکیب آن تغییراتی به وجود می‌آید؛ لذا این روش را براساس تعریف اولیه، نمی‌توان در رسته روش‌های صرفا فیزیکی محسوب کرد. در ادامه به شرح روش‌های فیزیکی رایج پرداخته می‌شود.

۳-۱-۱- رسوب‌گذاری

یکی از روش‌های تصفیه فیزیکی آب، روش رسوب‌گذاری می‌باشد. این روش معمولا به عنوان پیش‌تصفیه و جهت جدایش ذرات جامد نسبتا درشت با اندازه بالاتر از ۲۰۰ میکرون بکار می‌رود. برای رسوب‌گذاری ممکن است از استخرهای ساده و یا تیکنرها استفاده شود. تیکنر استخر بزرگی به شکل استوانه است که انتهای آن مخروطی شکل می‌باشد. درون این استخر پارویی قرار دارد که مواد رسوب کرده در بدنه قیف‌مانند را به مرکز قیف که لوله خروجی در آن تعبیه شده است؛ هدایت می‌کند. این پارو دارای حرکت بسیار آهسته می‌باشد تا در استخر تلاطم ایجاد نکند. در تیکنرها آب از قسمت وسط بدنه استخر وارد شده، ذرات جامد آب شروع به رسوب می‌کنند و آب نسبتا زلال از سرریز استخر خارج و توسط یک پاشوره (ناودانی) جمع‌آوری می‌گردد. میزان جدایش ذرات بستگی به مدت زمان ماند آب در استخر دارد. هرچه زمان ماند، زیادترباشد؛ ذرات ریزتر و سبک‌تر فرصت بیشتری برای رسوب داشته و آب سرریز زلال‌تر است. جهت رسوب سریع‌تر ذرات جامد، معمولا از تزریق مواد پلیمری به جریان آب ورودی به تیکنر استفاده می‌شود.



تصویر شماره ۴- تصویر یک حوضچه رسوب‌گذاری (تیکنر)

در محاسبه حجم استخر، پارامترهایی چون میزان آب ورودی برای تصفیه (دبی آب)، ابعاد و وزن مخصوص ذرات جامد موجود در آب، میزان ذرات جامد، کیفیت و زلالی موردنظر برای آب خروجی دخیل می‌باشد. برای بدست آوردن زمان ماند، معمولا آزمایش زمان ماند را انجام می‌دهند. برای این‌کار یک نمونه از آب را داخل یک استوانه مدرج ریخته؛ آن‌را به‌هم می‌زنند و سپس استوانه را بر روی یک سطح صاف و ثابت قرار می‌دهند تا آب به حالت ساکن درآمده و رسوب ذرات جامد شروع می‌شود. زمان شروع رسوب‌گذاری از لحظه ریختن آب داخل استوانه آغاز و بارسیدن زلالیت آب قسمت فوقانی استوانه به حد مورد نظر پایان می‌یابد. زمان اندازه‌گیری شده همان زمان ماند مورد نیاز آب برای زلال شدن در استخر (تیکنر) است. حجم استخر و یا استخرها، رابطه مستقیم با زمان ماند و دبی آب دارد و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$V= t.D$$

که در این رابطه V حجم استخر، t زمان ماند و D دبی آب می‌باشد.

گاهی ممکن است زمان ماند و یا دبی آب و یا هردو به حدی زیاد باشد که حجم وسیعی مورد نیاز باشد؛ در این صورت سعی می‌شود از چند تیکنر بصورت سری و یا موازی استفاده گردد.

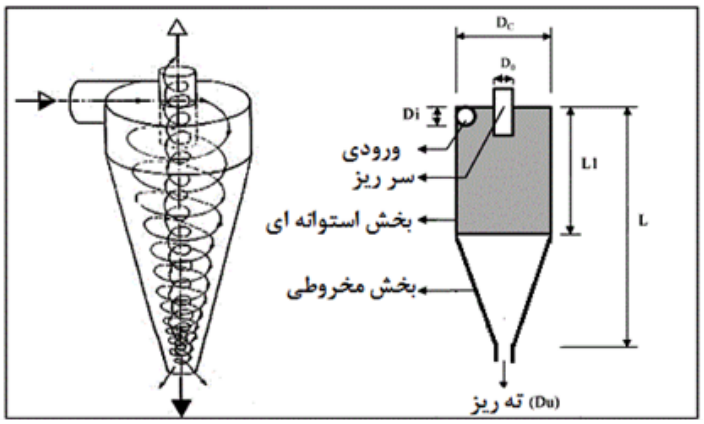
لازم به ذکر است که این استخرها برای جداسازی ذرات جامد مخلوط در آب با وزن مخصوص بیشتر از وزن مخصوص آب مناسب است.

۳-۱-۲- هیدروسیکلون

هیدروسیکلون وسیله‌ای است که برای جدایش ذرات جامد درشت از ذرات بسیار ریز و یا جداسازی جامدات معلق در یک سیال بکار گرفته می‌شود. ذرات قابل جدایش در این دستگاه در حد ۷۵ میکرون تا ۴۵ میکرون می‌باشد. این دستگاه بسیار ساده بوده و اساس کار آن، براساس قانون گریز از مرکز می‌باشد. این دستگاه یک استوانه- مخلوط است؛ که قسمت فوقانی آن استوانه‌ای و انتهای آن مخروطی شکل است. هیدروسیکلون، یک ورودی مماس به بخش استوانه‌ای و یک خروجی در قسمت فوقانی و یک

خروجی در قسمت تحتانی دارد. سیال با سرعت زیاد از ورودی وارد استوانه می‌شود و به دلیل چرخش شدید سیال یک ستون مخروطی هوا در مرکز استوانه شکل می‌گیرد. مواد جامد ریز و سبک درون سیال به ستون هوا نزدیک شده و به قسمت فوقانی هیدروسیکلون هدایت می‌شود و به همراه حجم وسیعی از سیال ورودی، از آن خارج می‌گردد. مواد سنگین‌تر و درشت‌تر تحت نیروی گریز از مرکز به جداره استوانه نزدیک شده و با لغزش بر روی دیواره مخروط به همراه مقدار کمی از سیال از قسمت تحتانی خارج می‌گردد. در این سیستم حد جدایش ذرات جامد از سیال به پارامترهایی چون سرعت ورود سیال به هیدروسیکلون، قطر داخلی و قطر دهانه خروجی هیدروسیکلون بستگی دارد. برای جدایش ذرات بسیار ریز، از هیدروسیکلون‌هایی که قطر کم دارند، استفاده می‌شود. معمولا دهانه خروجی تحتانی هیدروسیکلون را برای رسیدن به حد جدایش مورد نظر قابل تنظیم می‌سازند.

بدنه داخلی این دستگاه از لاینرهای لاستیکی مخصوص جهت جلوگیری از سایش بدنه، پوشیده شده است. گستره استفاده از این دستگاه بسیار زیاد است. از این دستگاه علاوه بر استفاده در سیستم‌های تصفیه آب، در صنعت تغلیظ مواد معدنی، در غبارگیری در کارخانه‌های سیمان و موارد مشابه استفاده می‌شود.



تصویر شماره ۵- نحوه گردش مواد در هیدروسیکلون

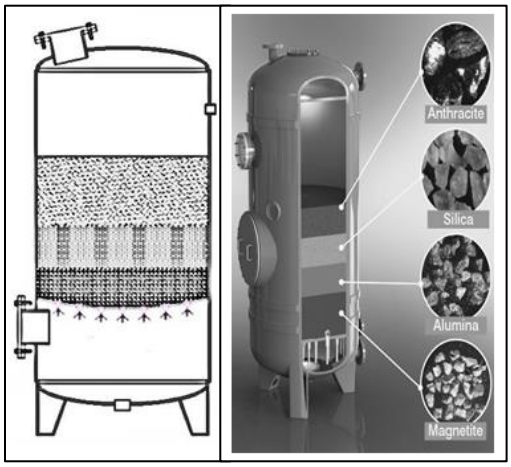
اخیرا در کشور آمریکا شرکتی مدعی شده است؛ دستگاهی ساخته که قادر است انرژی مضاعف به آب داده و یا انرژی را به آب برگرداند. براساس ادعای این شرکت، آب در دستگاهی قرار می‌گیرد که قادر به ساخت گردآب مصنوعی است و به همین دلیل انرژی از دست رفته به آب باز می‌گردد. احتمالا این دستگاه همان هیدروسیکلون بوده و منظور از افزایش انرژی آب، همان افزایش اکسیژن آب به دلیل ایجاد ستون هوا در مرکز هیدروسیکلون و تاثیرات مثبت در افزایش اکسیژن آب است.

۳-۱-۳- فیلتراسیون

یکی از متداول‌ترین روش‌های تصفیه آب و فاضلاب استفاده از فیلترها در مسیرجریان آب می‌باشد. ساده‌ترین فیلترها، فیلتر شنی است که، از عملکرد تصفیه آب در درون زمین الگو برداری شده است. در قرن حاضر با پیشرفت و همه‌گیر شدن فناوری نانو و همچنین توان ساخت فیلترهای میکرونی، سلولوزی و یا پلیمری، این فیلترها به سرعت جایگزین مناسبی برای روش‌های تصفیه شیمیایی گردیده‌اند. از مهمترین مزایای این روش سلامت کامل آب و رفع نگرانی مصرف‌کنندگان از تاثیرات سوء استفاده از مواد

شیمیایی می‌باشد. ساده‌ترین و راج‌ترین فیلترها، فیلتر شنی و پیچیده‌ترین آن‌ها فیلترهای نانو سرامیک می‌باشند. در این بخش شرح مختصری در مورد انواع فیلترهای رایج در صنعت آب بسته‌بندی آورده شده است.

۳-۱-۳-۱- فیلترشنی



تصویر شماره ۶- تصویری از یک ستون شنی

عبور آب از لایه‌های شن موجب بجا ماندن ذرات جامد معلق در آب در میان این لایه‌ها و تصفیه آب می‌گردد. این فرآیند ممکن است به جهت به تله افتادن ذرات جامد در لایه شنی و یا جذب یونی بین ذرات جامد با ذرات شن باشد. فیلتر شنی نیز معمولا برای پیش تصفیه و در کنار روش‌های دیگر بکار می‌رود. در تصفیه‌خانه‌های بزرگ شهری از استخرهای ثابت بتنی که در آن لایه‌های شن تعبیه شده است استفاده می‌شود. در این روش آب بر روی لایه‌های شن ریخته شده و در اثر نیروی ثقل، آب از لایه‌ها عبور کرده و در هنگام عبور مواد زائد به تله خواهند افتاد. در مقیاس‌های کوچکتر (کارخانه‌های تولید آب بطری شده) از تانک‌های فیلتر شنی تحت فشار استفاده می‌شود. جنس این تانک‌ها از استنلس استیل است. شن مورد استفاده در این فیلترها بایستی سختی زیادی در مقابل سایش داشته باشند تا در هنگام جابجایی و برخورد با یکدیگر پودر و خاکه تولید نکنند. به همین دلیل در این فیلترها معمولا از ذرات سیلیس که سختی بسیار خوبی در مقابل سایش دارند استفاده می‌شود؛ هرچند ممکن است با توجه به ترکیبات آب ورودی و یا تولید آب با شرایط و ترکیبات ویژه، مواد استفاده شده در این فیلترها تغییر کند.

یکی دیگر از مواد مورد استفاده در این فیلترها کانی زئولیت می‌باشد. این کانی علاوه بر خواص ذکر شده در خصوص سیلیس، دارای ساختار مولکولی مناسبی جهت تصفیه آب می‌باشد.

با عبور آب از فضای متخلخل این کانی، ذرات جام و حتی بعضی از ترکیبات موجود در آب به تله افتاده و آب تصفیه می‌گردد. فیلترهای تحت فشار معمولا با فشار ۳ تا ۸ بار کار می‌کنند. به دلیل وجود فشار در این فیلترها، ظرفیت آن‌ها در مقایسه با فیلترهای معمولی بسیار بیشتر است. در این‌گونه فیلترها می‌توان با معکوس کردن جریان آب (به همراه یا بدون مواد گندزدا) مواد زائد را از شن‌ها شستشو داد و مدت زمان کارکرد آن‌ها را افزایش داد.

۳-۱-۳-۲- فیلترهای کربن فعال (ذغال اکتیو)

کربن فعال به عنوان یک جاذب با ظرفیت جذب بالا و قیمت پایین کاربردهای بسیار فراوانی در فرآیندهای جذب از فاز مایع و یا فاز گاز دارد. از جمله کاربردهای این ماده در جذب از فاز مایع می توان به رنگ‌بری از محلول شکر، تصفیه آب آشامیدنی، تصفیه پساب و در جذب از فاز گاز به استفاده در ماسک‌های گاز و سیستم های بازیافت حلال اشاره نمود. مواد اولیه مختلفی را می‌توان به عنوان ماده خام برای تولید کربن فعال به کار گرفت که از میان آن‌ها مواد خام سلولزی نظیر چوب، پوست نارگیل، هسته میوه ها و سایر ضایعات کشاورزی، مواد خام کربنی نظیر زغال سنگ، کک نفتی، قیر، قطران و مواد خام پلیمری مانند ضایعات انواع لاستیک و پلاستیک ها بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از مواد خام سلولزی برای جذب از فاز مایع خصوصاً در مواقعی که هدف از کاربرد محصول نهایی، استفاده در فرآیندهای صنایع غذایی باشد به علت وجود ناخالصی کمتر، مناسب تر می‌باشد. فیلترهای

کربن اکتیو توانایی جذب گازهای آلاینده نظیر دی اکسید کربن، مونوکسید کربن، دی اکسید نیتروژن، مونوکسید نیتروژن و ترکیبات آلی فرار مانند بنزن، رادون، فرمالدوئید را دارند که همین موضوع باعث حذف بوی نامطبوع از آب می‌شود.

تولید کربن فعال با استفاده از دو روش فعال سازی فیزیکی و فعال سازی شیمیایی امکان پذیر است. هدف از فعال سازی، ایجاد یک ساختار متخلخل کربنی با سطح آزاد زیاد در ماده خام است. در روش فعال سازی فیزیکی، نخست ماده خام در محیطی بدون حضور هوا کربنیزه می‌شود تا پایه کربنی اولیه تشکیل شود. در این شرایط، ترکیبات سلولزی و نیز پلیمری موجود در ماده خام به زغال تبدیل شده و مواد خامی نظیر زغال سنگ به دست می‌آید که کلیه ترکیبات فرار خود را از دست داده است. سپس پایه کربنی به دست آمده در معرض یک عامل فعال ساز گازی در دمای بالا قرار می‌گیرد. عامل فعال ساز معمولاً بخار آب، دی اکسید کربن، اکسیژن یا مخلوط آن‌ها می باشد؛ که قادر است در دمای بالا با بخشی از کربن موجود در ماده واکنش دهد و آن را به صورت عوامل گازی مونوکسید کربن یا دی‌اکسید کربن خارج سازد. بدین ترتیب پس از حذف بخشی از کربن ساختمانی توسط عامل فعال ساز، محصول باقیمانده ساختاری متخلف خواهد داشت. چگونگی تخلخل محصول به عوامل متعددی نظیر نوع ماده خام، شرایط کربونیزاسیون، نوع عامل فعال ساز، دما و زمان فعال سازی بستگی دارد.

در روش فعال سازی شیمیایی که یک روش تک مرحله ای برای تولید کربن فعال به شمار می‌آید، ماده خام با محلول غلیظ از یک عامل فعال ساز مخلوط شده و مخلوط حاصل پس از خشک شدن در شرایط خاص در یک کوره با درجه حرارت ۵۰۰ تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد، حرارت می بیند. از جمله مهمترین موادی که به عنوان عامل فعال ساز مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ ترکیبات فلزات قلیایی و قلیایی خاکی نظیر هیدروکسید پتاسیم، کربنات پتاسیم، کربنات سدیم، کلرید منیزیم و برخی از اسیدها نظیر اسید فسفریک، اسید سولفوریک، کلرید آلومینیوم و کلرید روی می‌باشند. در اینجا نقش عامل فعال ساز، حذف آب از ساختار ماده اولیه و پایین آوردن دمای لازم برای کربن از کربونیزاسیون و ممانعت از تشکیل قطران در حین انجام فرآیند است که، به ایجاد یک ساختار متخلخل در محصول کمک می‌کند. در این روش مشخصات ماده خام نظیر نوع و ابعاد دانه ها، نوع عامل فعال ساز، نسبت اختلاط ماده خام با عامل فعال ساز (درصد تلقیح)، شرایط خشک کردن و میزان حرارت کوره، در مشخصات و خواص محصول نهایی تاثیر قابل ملاحظه خواهد داشت. بدیهی است انتخاب روش فعال سازی، میزان تخلخل محصول را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد.

برای تصفیه آب توسط این ماده، کافی است آب را از یک ستون کربن فعال عبور دهند. مواد آلی، میکروارگانیسم‌ها و ذرات ریز در هنگام عبور جذب زغال شده و در خلل و فرج آن به تله می‌افتند. همان گونه که اشاره شد کربن فعال می‌تواند بوی بد را نیز از آب حذف کند. فیلترهای زغال اکتیو مانند فیلترهای شنی تحت فشار کار می‌کنند. فشار تانک ها در این روش بین ۳ تا ۴ بار است. به دلیل سستی زغال در فشارهای زیاد این مواد خرد شده و باعث ایجاد مشکل در ادامه کار تصفیه خواهند شد.

به دلیل پر شدن خلل و فرج زغال از آلودگی‌ها، زغال بکار رفته در این فیلترها هر چند مدت یکبار باید تعویض و یا مجدداً فعال گردند. جهت فعال سازی زغال به دو روش عمل می‌کنند؛ در روش اول زغال را با بخار آب شستشو داده که در این صورت بخار آب با نفوذ در خلل و فرج زغال مواد زائد موجود در آن‌ها را تمیز می‌کند. در این روش مقداری از خلل و فرج ها همچنان بسته مانده و زغال نمی‌تواند کارایی صددرصد اولیه را داشته باشد. در روش دوم زغال را در کوره تا دمای ۸۰۰ درجه با و یا بدون حضور گازهایی مانند نیتروژن حرارت می‌دهند. در این صورت تقریبا زغال به دست آمده مشابه زغال اولیه خواهد بود.

۳-۱-۳-۳- فیلترهای زئولیتی

زئولیت یک کانی آلومینوسیلیکات آبدار می‌باشد که ساخت مولکولی آن، چهار وجهی و داربست مانند است و اتم سیلیسیم یا آلومینیوم در مرکز آن قرار گرفته و وجه های آن را اتم های اکسیژن اشغال کرده اند. فرمول کلی زئولیتی به شکل زیر است:

Mx Dy (Al (x+2y) Si (n(x+y)) D2n) m H2O

M: کاتیون های یک ظرفیتی قلیایی خاکی مانند پتاسیم (K) و سدیم (Na)

D: کاتیون های دوظرفیتی قلیایی مانند منیزیم (Mg) و کلسیم (Ca) و استرانسیم (Sr)

زئولیت ها به دلیل توانایی جایگزینی Si4+ با Al3+ که موجب افزایش بار منفی هم می شود جهت رسیدن به پایداری اقدام به جذب یون های قلیایی و قلیایی خاکی مانند سدیم و کلسیم می کند. همین خاصیت موجب شده تا تنوع این کانی در طبیعت بسیار زیاد باشد.

کلمه زئولیت مشتق از دو کلمه یونانی به معنای سنگ جوشان است. اگر این کانی حرارت ببیند بخشی از آب بین مولکولی خود را به صورت بخار از دست می‌دهد. خروج بخار از سنگ سبب گردید، تا نام آن را سنگ جوشان بنامند. زئولیت ها جامدات بلورین با منافذ ریزند؛ پیوند مولکول های آب در شبکه این کانی ها ضعیف است و در اثر حرارت بدون آن‌که ساختمان شبکه تخریب شود به صورت بخار خارج می گردد.

زئولیت ها معمولاً به دو دسته طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند. موارد استفاده از زئولیت های مصنوعی و طبیعی از خواص فیزیکی و شیمیایی آن‌ها منشا می‌گیرد که خود تابعی از ساختمان بلورین و ترکیب شیمیایی زئولیت‌ها است. کاربرد زئولیت‌های مصنوعی در صنعت بیشتر است. با توجه به درخواست‌های فزاینده تجاری برای مصرف این نوع زئولیت‌ها مطالعات بیشماری بر روی آن‌ها در حال انجام است. امروزه بالغ بر ۵۰ نوع زئولیت طبیعی کشف و ۱۵۰ نوع زئولیت مصنوعی تولید شده است. با وجود کشف ذخایر عظیمی از انواع کانی‌های زئولیت طبیعی در جهان هنوز این ماده معدنی ارزشمند نتوانسته است جایگزین زئولیت‌های مصنوعی شود. کلینوپتیولیت، تامسونیت، فیلیپسیت، استیلیت، شابازیت و ناترولیت نمونه‌ای از زئولیت های طبیعی می باشند.

زئولیت‌ها در حالت خالص، بی رنگ و یا مات و خاکستری بوده و در صورت داشتن هیدروکسیدهای آهن، به رنگ زرد، قهوه‌ای یا قرمز هستند. مقاومت زئولیت‌ها در مقابل حرارت متغیر می‌باشد. در اثر حرارت کف می کنند و نسبتاً آسان ذوب می شوند. این کانی‌ها در ترکیب با اسیدها به ویژه اسید کلریدریک به دلیل جدا شدن سیلیس حالت ژله ای یافته و تجزیه می شوند.

۳-۱-۳-۳-۱- خواص منحصر به فرد زئولیت ها

تبادل کاتیونی: بعضی از یون‌های ضعیف موجود در زئولیت به سادگی با یون‌های دیگر تعویض می شوند. این خاصیت باعث می‌گردد تا از این مواد بتوان برای جداسازی یون‌های منیزیم و کلسیم استفاده کرد. می‌توان با استفاده از این خاصیت بعضی از یون‌های فلزات سنگین مانند جیوه و سرب را نیز جذب نمود.

تخلخل بین مولکولی: اگر زئولیت را تا دمای ۴۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتیگراد حرارت دهیم؛ آب بین‌مولکولی آن بدون تغییر در ساختار مولکولی به صورت بخار آب خارج شده و بین مولکول‌های آن فضای خالی در حد ۲ تا ۵ انگستروم ایجاد خواهد شد. قطر این شکاف‌ها بستگی به نوع عناصر فلزی قلیایی موجود در زئولیت دارد. بعد از فعال سازی زئولیت اگر سیالی با ترکیبات و عناصر

مختلف از یک لایه این ماده عبور داده شود عناصر و یا ترکیباتی که ابعاد مولکول‌های آن‌ها کوچکتر از این شکاف‌ها باشند وارد شکاف شده و در آن‌ها به تله خواهند افتاد.

جذب انتخابی: جذب و جانشینی در زئولیت‌ها انتخابی است. زئولیت‌ها در بیشتر موارد مولکول‌هایی که دارای گشتاور قطبی دائمی باشند را جذب می کنند. به طور مثال زئولیت‌های سدیم دار می‌توانند هیدروکربن‌هایی که حداقل دو اتم کربن داشته باشند را به راحتی جذب کنند و زئولیت‌های کلسیم‌دار می توانند پارافین و الکل را جذب کنند.

احیای مجدد: زئولیت‌ها به راحتی با قرار گرفتن در محیط اشباع شده با نمک سدیم و کلسیم مجدداً به حالت اولیه برمی‌گردند و می‌توان از آن‌ها مجدداً استفاده کرد.

۳-۱-۳-۳-۲- کاربرد در تصفیه آب و فاضلاب

زئولیت کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف از جمله صنعت نفت و پتروشیمی، صنعت کاغذ سازی، تصفیه فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی و تصفیه آب پیدا کرده است. دلیل این موضوع خاص ویژه و تنوع زئولیت می‌باشد. یکی از کاربردهای این کانی در تصفیه آب آشامیدنی و همچنین کاهش سختی آب‌های مصرفی در صنایع می‌باشد.

این کانی با استفاده از خاصیت تعویض یونی قادر به کاهش سختی آب و جذب نمک‌های موجود در آب می‌باشد. پرکاربرد ترین کانی ها زئولیت در تصفیه آب پرموتیت و وفاتیت و لواتیت می‌باشد.

زئولیت‌ها علاوه بر خاصیت تعویض یونی که موجب جذب نمک‌های فلزات قلیایی و قلیایی خاکی می‌شوند به دلیل وجود حفرات بین مولکولی خود قادر به حذف بعضی از عناصر که دارای ابعاد مولکولی ۲ تا ۵ انگستروم هستند نیز می‌شود. علاوه بر این قادرند میکروارگانیسم‌های موجود در آب را در شکاف‌های خود به تله انداخته و موجبات حذف آن‌ها را فراهم کنند. با توجه به این توانایی‌ها، استفاده از این کانی در تصفیه آب‌های آشامیدنی به خصوص در تصفیه خانه‌های شهری گسترش فراوانی پیدا کرده است. از زئولیت هم در فیلترهای شنی و استخرهای رسوب گذاری و هم در میکروفیلترها استفاده می‌کنند.

۳-۱-۳-۳-۳- مشخصات فیلترهای زئولیتی

همان‌گونه که قبلاً ذکر شد؛ زئولیت‌ها موادی جاذب با ساختار شبکه‌ای متخلخل هستند که، از منابع طبیعی و یا به صورت سنتزی تهیه می‌شوند. زئولیت‌های مصنوعی معمولاً از محلول‌های سیلیکون ــ آلومینیوم ساخته شده و به عنوان جاذب با ابزار تعویض یونی در کارتریج یا فیلترهای ستونی به کار می‌روند. معمولاً جهت تقویت خاصیت جذب انتخابی، زئولیت را کنار زغال سنگ، کربن و یا نقره سنتز می‌کنند. زئولیت‌های ساخته شده از زغال سنگ می‌توانند، گستره‌ای از فلزات سنگین شامل سرب، مس، روی، کادمیم ، نیکل و نقره و تحت شرایط خاص کروم، آرسنیک و جیوه را از آب جذب کنند.

ظرفیت جذب زئولیت‌ها متاثر از عواملی چون: ترکیب کانی، pH آب، غلظت و نوع آلودگی می‌باشد. به عنوان مثال pH آب بر روی نوع بار سطحی زئولیت (منفی یا مثبت) تاثیرگذار است. ترکیب زئولیت با نقره بازدهی این کانی را در مقابل حذف میکروارگانیسم ها، شامل باکتری ها و کپک ها ارتقا می‌دهد. زئولیت نمی‌تواند به تنهایی آلودگی های آلی را به قدر کافی حذف کند.

مقدار آبی که زئولیت‌ها می‌توانند تصفیه کنند؛ بستگی به نوع زئولیت و ترکیبات به کار رفته در آن دارد. در مورد زئولیت های زغال سنگ، محتوای کربن این ماده به طور قابل توجهی سطح مخصوص و در نتیجه ظرفیت جذب سلولیت را تحت تاثیر قرار می دهند.

از آنجا که زئولیت ها در طبیعت به وفور یافت می شوند؛ با قیمتی مناسب در دسترس قرار دارند.

۳-۱-۳-۴- فیلتر های پلیمری (میکرونی)

توجه به سبکی، ارزانی و مقاومت بالای مواد پلیمری در مقابل تنش‌های محیطی و خوردگی، معمولاً سعی می‌شود از فیلترهای با بدنه پلیمری با مش‌های مختلف در مراحل مختلف تصفیه آب استفاده شود. در پاره‌ای از موارد این فیلترها جایگزین فیلترهای شنی نیز می‌شوند. این فیلتر در انواع مختلف دیسکی و استوانه‌ای ساخته می‌شود. در هر کدام از این فیلترها صفحات پلیمری با مش‌های مورد نظر بر روی هم چیده شده و در نهایت داخل یک قاب مخصوص قرار داده می‌شود؛ که در اصطلاح به آن ها کارتریج می گویند. فیلترهای پلیمری با قطر سوراخ های متفاوت از ۰/۲ تا ۲۰۰ میکرون ساخته می‌شود. فیلترهای با اندازه روزنه ۰/۲ تا ۱ میکرون برای حذف بسیاری از باکتری‌ها، قارچها و ذرات میکرونی مناسب می‌باشند. در صنعت بسته بندی آب استفاده از این فیلترها گسترش فراوانی پیدا کرده و در بسیاری از موارد جایگزین روش‌های شیمیایی مانند کلرزنی گردیده است.

۳-۱-۳-۵- اولترا فیلتر (UF)

این فیلترها کارتریج هایی متشکل از مجموعه غشاهای میکرونی با روزنه هایی به اندازه ۰/۰۲ تا ۰/۰۵ میکرون می‌باشند. تقریباً تمامی میکروارگانیسم‌ها و حتی تخم میکروارگانیسم‌ها به مراتب بزرگتر از این اندازه هستند و نمی‌توانند از این غشا عبور کنند. به این ترتیب عملیات ضدعفونی با عبور دادن آب از این غشا به صورت کاملا فیزیکی صورت گرفته و آب عاری از تمام میکروارگانیسم‌ها و تقریباً تمام ذرات معلق بدست خواهد آمد. جنس این غشاها معمولاً از پلی اتیلن و پلی پروپیلن می باشد. با توجه به کوچکی قطر غشاها آب نمی‌تواند به سادگی از آن‌ها عبور کند. بنابراین آب را با فشار توسط پمپ از غشاها عبور می دهند. فشار آب بستگی به قطر غشا، ترکیبات و ناخالصی آب دارد. در مواردی که آب دارای آلودگی زیاد باشد برای جلوگیری از گرفتگی سریع غشا و حذف ذرات جامد معلق معمولاً از مراحل پیش تصفیه مانند هیدروسیکلون، فیلتر شنی، فیلتر کربن اکتیو استفاده می‌شود.

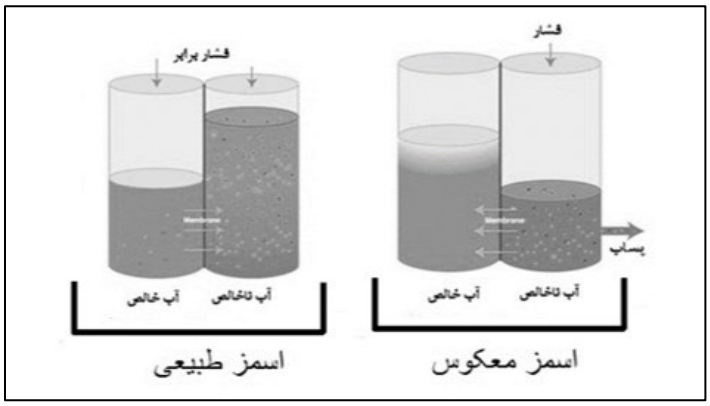
این فیلترها به سادگی می‌تواند جایگزین مجموعه فیلترهای شنی، کربن اکتیو و فیلترهای میکرونی گردند و با توجه به اینکه این فیلترها حساسیت کمی نسبت به ترکیبات و میزان آب ورودی به این دستگاه دارد، گسترش خوبی در صنعت تصفیه آب و فاضلاب پیدا کرده است.

از این نوع فیلترها علاوه بر بکارگیری در مراحل تصفیه آب در تصفیه فاضلاب شهری، تصفیه پساب‌های صنعتی و تصفیه آب جهت پرورش آبزیان استفاده می‌شود.

یکی از مزایای این فیلترها قابلیت خودشویی فیلتر از طریق معکوس کردن جریان آب به داخل غشاها می‌باشد؛ که این موضوع باعث کارایی و طول عمر بیشتر این فیلترها می‌شود.

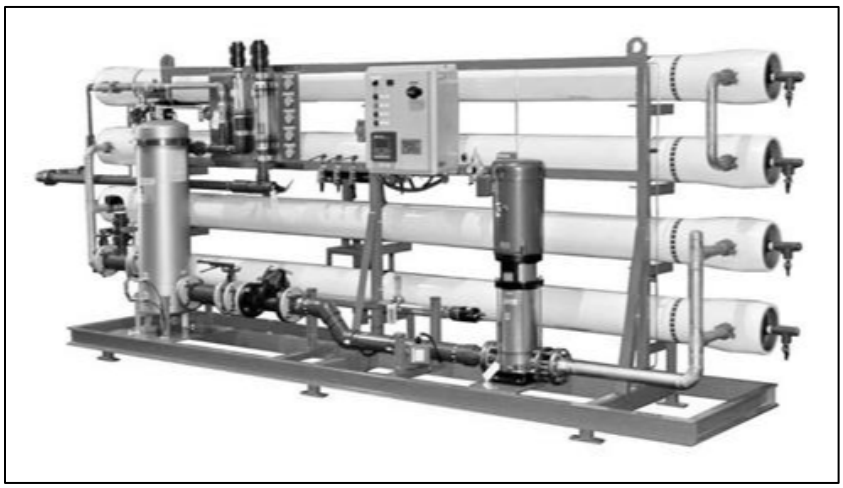
۳-۱-۴- اسمز معکوس

یکی از روش‌های فراوری آب آشامیدنی استفاده از روش اسمز معکوس است. این روش برای تصفیه آب‌هایی که ترکیبات و عناصر غیر مجاز آن‌ها بسیار فراتر از حد مجاز است، مانند آب های شور مناسب است. در این روش آب را می توان تا حد آب مقطر تصفیه نمود. اساس کار اسمز معکوس بر خواص غشاهای نیمه تراوا بنا شده است. غشاهای نیمه تراوا فقط می‌توانند آب را از خود عبور دهند و ترکیبات و عناصر موجود در آب از این غشاها عبور نمی‌کنند. اگر بین دو منبع آب ناخالص که دارای غلظت متفاوت هستند؛ توسط یک غشا نیمه تراوا ارتباط برقرار کنیم؛ آب از منبع رقیق‌تر در اثر فشار اسمزی به سمت منبع غلیظ‌تر جریان پیدا می‌کند. این جریان تا آنجا ادامه پیدا می‌کند که تعادل غلظت بین دو منبع برقرار شود. حال اگر فشار مصنوعی بر روی منبع غلیظ ایجاد شود؛ جریان آب معکوس شده و آب خالص از منبع غلیظ به سمت منبع رقیق جریان پیدا خواهد کرد. این عمل اساس کار دستگاه‌های اسمز معکوس است.



تصویر شماره ۷- نحوه عملکرد سیستم اسمز معکوس

دستگاه‌های اسمز معکوس از یک پمپ فشار قوی (فشار بیش از ۱۴ بار) و یک کارتریج که حاوی مجموعه‌ای از غشاهای نیمه تراوا و سیستم‌های کنترلی منبع ذخیره آب تصفیه شده می‌باشد، تشکیل شده است. آب ناخالص ابتدا از یکسری فیلتر میکرونی عبور داده می‌شود تا ذرات و ناخالصی‌های معلق آن حذف شود. سپس آب توسط یک دستگاه پمپ با فشار حدود ۱۴ بار به مجموعه غشاها (ممبران) تزریق می‌شود. آب خالص از غشا عبور کرده و بخش زیادی از آب که درصد ناخالصی ها در آن افزایش یافته است به عنوان پساب یا فاضلاب به بیرون هدایت می‌شود. آب خالص بدست آمده در حد آب مقطر بوده و تقریباً هیچگونه املاح معدنی و آلودگی میکروبی در آن یافت نمی‌شود؛ به همین دلیل این آب برای مصرف آشامیدن مناسب نبوده و بایستی مجدداً املاح مورد نیاز را به آن اضافه کرد. در مواردی که استفاده از اسمز معکوس برای کاهش املاح آب است می‌توان بخشی از آب تصفیه نشده را با آب خالص به دست آمده مخلوط کرد تا آب با درصد املاح مناسب به دست آورد.



تصویر شماره ۸- دستگاه اسمز معکوس صنعتی

۳-۱-۵- فناوری نانو در تصفیه آب

مفهوم نانوفناوری به حدی گسترده است که بخش‌های مختلف علوم و فناوری را تحت تاثیر خود قرار داده و در عرصه‌های مختلف از جمله محیط زیست، کاربردهای وسیعی یافته است. در این بخش به کاربردهای فناوری نانو در صنعت تصفیه آب پرداخته می‌شود.

نانومتر، یک واحد بسیار کوچک در علم اندازه گیری است که هر واحد آن معادل ۹-۱۰ متر یا به عبارتی یک میلیاردم متر است. اخیراً با ورود فناوری‌های نوین از قبیل زیست فناوری و نانو فناوری، مواد و راهکارهای جدیدی برای تصفیه آب و فاضلاب های صنعتی و کشاورزی معرفی شده و می‌شوند. از جمله کاربردهای فناوری نانو در این خصوص می توان به نانو فتوکاتالیست‌ها، نانوفیلترها، مواد نانو حفره‌ای، نانوذرات و نانو سنسورها اشاره کرد.

در گذشته نه چندان دور اهداف تصفیه خانه‌های آب آشامیدنی کاهش مواد معلق و زدودن عوامل زنده بیماری‌زا در آب بود که، با روش‌های متداول فیلتراسیون و گندزدایی قابل دستیابی بودند. لیکن با افزایش غلظت مواد ریزدانه، ترکیبات نیتروژن، مواد آلی و معدنی و فلزات سنگین در منابع آب به خصوص آب‌های زیرزمینی، روش‌های متعارف جواب‌گوی نیاز تصفیه خانه‌ها نبوده و لازم است از فرایند های نوین در تصفیه خانه‌ها استفاده شود.

۳-۱-۵-۱- نانو فیلتر ها

در سیستم‌های اسمز معکوس، برای عبور آب از غشاها به فشار بالا نیاز است. این موضوع سبب افزایش میزان مصرف انرژی در این سیستم شده است.

هرچند آب بدست آمده از این سیستم مناسب و مطلوب می‌باشد؛ ولی با توجه به گرانی انرژی، استفاده از این روش صرفه اقتصادی ندارد. از این رو پس از تحقیقات فراوان در زمینه نانو، غشاهایی ساخته شدند که قابلیت فیلتراسیون در فشارهای پایین در سیستم اسمز معکوس را داشته و با توجه به انرژی مورد نیاز کمتر، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده و با میزان حذف پایین‌تر املاح از آب، آبی با کیفیت مناسب و مطلوب تولید می‌کنند.

محققین توانستند با بکارگیری علم نانو، غشایی تولید کنند که خواص آن بین غشای اسمز معکوس و اولترا فیلتراسیون قرار دارد و در فشار پایین(۲۰-۱۰) بار قابل استفاده می‌باشد. به علت کار فیلتر در فشار پایین و بازیابی بالاتر، هزینه های عملیاتی و نگهداری این فرآیند بسیار کمتر است.

در این روش با بهره‌گیری تجهیزات خاص، غشاها به طور خودکار تمیز می شود. نکته حائز اهمیت در مورد نانوفیلترها نسبت به سایر غشاها، قدرت انتخابی در حذف یون‌ها می باشد. اشکال تجاری این غشاها به صورت‌های مختلف مانند مارپیچی، صفحه ای، جعبه ای، لوله ای و فیبری می‌باشد.

غشاهای نانوفیلتراسیون معمولاً از دو لایه تشکیل می شود. لایه نازک و متراکم که عمل جداسازی، و لایه محافظ که عمل حفاظت در برابر فشار سیستم را انجام می‌دهد.

غشاهای نانوفیلتراسیون معمولاً در دو نوع، دارای بار الکتریکی و خنثی ساخته می شود. مکانیسم اصلی در حذف مولکول‌های بدون بار، خصوصاً ترکیبات آلی برپایه غربال کردن استوار است. در حالی که ترکیبات یونی به دلیل برهم کنش‌های الکترواستاتیک با سطح غشا، حذف می‌شوند.

نانو فیلتر ها برای حذف محدوده وسیعی از ترکیبات استفاده می‌شوند؛ که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- حذف آفت‌کش‌ها از جمله آترازین، سیمازین، دیورن و ایزوپرتورن
- حذف ترکیبات آلی فرار مانند مشتقات کلردار آلی سبک مانند کلرو فرم، تری کلرو اتیلن و تترا کلرو اتیلن
- حذف محصولات جانبی حاصل از واکنش مواد گندزدا با ترکیبات آلی آب از جمله هالو متان‌ها
- حذف کاتیون هایی مانند کروم، اورانیوم و آرسنیک
- حذف آنیون‌ها مانند نیتریت و نیترات
- حذف پاتوژن ها (به عوامل بیماری‌زای زنده مانند ویروس ها و یا غیر زنده مانند انواع سموم، پاتوژن گفته می شود)

۳-۱-۵-۲- نانو لوله‌های کربنی

نانو لوله‌های کربنی می‌توانند برای تشکیل غشاهایی با تخلخل نانومتری و دارای قابلیت جداسازی آلودگی ها، به کار گرفته شوند. تخلخل های نانومتری نانو لوله‌ها، این فیلترها را از دیگر فناوری‌های فیلتراسیون بسیار انتخاب پذیر تر نموده است. همچنین نانولوله‌های کربنی دارای سطح ویژه بسیار بالا، نفوذپذیری زیاد و پایداری حرارتی و مکانیکی خوبی هستند. روش‌های مختلفی برای ساخت نانولوله های کربنی استفاده شده است؛ ولی عموماً غشاهای نانو لوله‌ای توسط پوشش‌دهی یک ویفر سیلیکونی توسط نانوذرات فلزی، به عنوان کاتالیست تولید می‌شوند. نانوذرات فلزی موجب فشردگی و رشد غشاها در راستای عمودی خود و فشردگی زیاد آن‌ها می‌شوند؛ سپس برای افزایش پایداری، فضای بین نانو لوله‌های کربنی را با مواد سرامیکی که موادی بادوام و مقاوم در برابر گرما هستند؛ پر می‌کنند. این فیلترها با استفاده از فرآیند اولتراسونیک و اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سانتیگراد در مدت ۳۰ دقیقه تمیز و برای استفاده مجدد آماده می‌شوند.

مطالعات آزمایشگاهی نشان می‌دهد که غشاهای نانو می‌توانند؛ تقریباً همه انواع آلودگی های آب را حذف کنند. این آلودگی‌ها شامل باکتری، ویروس، ترکیبات آلی و کدورت است. همچنین این غشاها نویدی برای فرایند نمک‌زدایی و گزینه‌ای برای استفاده در اسمز معکوس هستند.

اگرچه تخلخل نانو لوله‌های کربنی بسیار، بسیار کوچک است؛ غشاهای نانو لوله‌ای نشان دادند که، به خاطر سطح داخلی صاف، شدت جریان بیشتر یا یکسانی نسبت به فیلترهای با تخلخل‌های بسیار بزرگ‌تر دارند.

۳-۱-۵-۳- فیلتر آلومینای نانولیفی

یکی دیگر از فیلترهای نانو که اخیراً به بازار عرضه شده است، جاذب‌های نانولیفی می‌باشد که به صورت کارتریج فیلترهای نانوسرام تولید شده است. این فیلترها از نانوالیاف آلومینا با بار مثبت، بر روی لایه شیشه‌ای تشکیل شده اند. نانوالیاف آلومینا سطح بیشتری نسبت به الیاف متداول داشته و بار مثبت بالایی دارند ،که باعث جذب سریع‌تر آلودگی‌های با بار منفی از قبل ویروس‌ها، باکتری‌ها و کلوئیدهای آلی و غیر آلی می‌شود.

فیلترهای نانوسرام بیش از ۹۹/۹۹ درصد ویروس‌ها، باکتری‌ها، انگل‌ها، ترکیبات آلی طبیعی و کدورت را حذف می‌کنند. همچنین دارای قابلیت جذب ٪۹۹.۹ از نمک‌ها، مواد رادیو اکتیو و فلزات سنگین از قبل کروم، آرسنیک و سرب (حتی اگر این مواد در حد ذرات نانو و یا حل شده باشند) را دارد. فیلترهای نانوسرام در pH بین ۵ تا ۹ بهتر عمل می کنند.

شدت جریان فیلترهای نانو سرام بدون ایجاد فشار حدود ۱ تا ۱/۵ لیتر بر ساعت، به ازای هر سانتی متر مربع از فیلتر است. حداکثر فشار چهار بار می‌تواند به فیلتر اعمال شود که منجر به شدت جریان ۹ تا ۱۰ لیتر بر ساعت به ازای هر سانتی‌متر مربع از فیلتر خواهد شد.

۳-۱-۵-۴- فیلترهای نانو الیاف جاذب جریان

اساس تئوری این فیلترها بر اساس خاصیت جاذب آب بودن مواد بنا شده است. در فیزیک بعضی از مواد مانند سطوح چرب را آب‌گریز و بعضی دیگر را آب‌دوست (مواد جاذب آب) می‌گویند. فیلترهای جاذب جریان از نانوالیاف آب‌دوست، که ممکن است از نوعی پلیمر و رزین، سرامیک، سلولز، آلومینا و دیگر مواد مشابه باشد؛ ساخته می شوند. این فناوری در تصفیه آب در مقیاس های بسیار کوچک تا صنعتی و شهری قابل استفاده است. فیلترهای سطح فعال بیش از ۹۹ درصد از باکتری‌ها، ویروس‌ها، انگل‌ها، آلودگی‌های آلی و دیگر آلودگی‌های شیمیایی را حذف می‌کنند.

۳-۱-۵-۵- فیلترهای تک‌لایه‌ای خودآرا روی پایه‌های کلوئیدی

مواد نانو متخلخل یا مواد نانو پروس به عنوان زیرمجموعه‌ای از مواد نانو ساختار، با دارا بودن حفره‌هایی در مقیاس نانو متر و مساحت سطح درونی بسیار بالا، قابلیت بسیار زیادی در جذب و برهم کنش با اتم‌ها، مولکول‌ها و یون ها داشته و اهمیت فراوانی از لحاظ نظری و کاربردی پیدا کرده‌اند. مواد نانو متخلخل دارای حفره‌هایی در ابعاد نانو بود و بسیار متنوع می باشند. سطح ویژه بالا، گزینش پذیری شکل و اندازه از مهمترین ویژگی های این مواد است که سبب کاربردهای فراوان کاتالیزوری، تصفیه و جداسازی شده؛ و نقش آن‌ها را در نانوفناوری پررنگ‌تر کرده است. پیشرفت این مواد در آینده وابسته به ساخت مواد نانو متخلخل مهندسی شده و کنترل شده برای کاربردهای مورد نظر است. زئولیت‌ها، کربن و سیلیکای نانو متخلخل، از مهم‌ترین ساختارهای نانو متخلخل هستند. مواد نانو متخلخل معدنی بسیار متنوع‌تر از مواد نانو متخلخل آلی هستند.

فیلتر تک‌لایه‌ای خودآرا، یکی از جدیدترین فیلتر های ساخته شده می‌باشد. اساس ساخت این فیلترها بر آرایش الکترونی سطح فیلتر به گونه‌ای خاص و برنامه‌ریزی شده می‌باشد. اخیراً یک شرکت آمریکایی تک‌لایه‌های خودآرا روی پایه‌های مزوپروس را ساخته و به بازار عرضه کرده است. این فناوری از مواد سرامیکی یا شیشه‌ای با تخلخل نانومتری شکل گرفته است؛ به طوری که تک‌لایه‌ای از مولکول‌ها می‌توانند به یکدیگر متصل متصل شوند. تک‌لایه و لایه مزوپروس، قابلیت برنامه ریزی شدن برای حذف آلودگی‌های خاصی را دارند. این فیلترها نسبت به بسیاری از غشاها و فناوری‌های جاذب دیگر، جذب سریع‌تر، ظرفیت بالاتر و انتخاب پذیری بهتری را از خود نشان داده است. فیلتر خودآرا برای حذف آلودگی‌های فلزی از آب آشامیدنی، آب‌های زیرزمینی و فاضلاب‌های صنعتی طراحی شده است.

سازندگان این فیلترها مدعی هستند که ٪۹۹.۹ از جیوه، سرب، کروم، آرسنیک، کادمیوم، فلزات پرتوزا و دیگر سموم فلزی را می‌توان توسط این فیلتر از آب جذب و حذف کرد. همچنین طبق این ادعا، این فیلترها می‌تواند برای حذف فلزات خاصی

برنامه‌ریزی شـــوند، ولی برخی فلزات قلیایی خاکی از قبیل کلســـیم، منیزیم، و روی را حذف نمی‌کند و همچنین برای حذف آلودگی‌های زیستی یا آلی موثر نیست.

از این فیلترها می توان در گستره وسیعی از تصفیه آب مصرفی تا تصفیه فاضلاب‌های صنعتی استفاده کرد. این فیلترها سطح ویژه‌ای در حدود ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ مترمربع به ازای هر گرم دارند.

۳-۱-۵-۶- فیلترهای پلیمر حفره‌ای سیکلودکسترین

سیکلودکسترین‌ها مولکول های حلقوی هستند که از اتصال ۶، ۷ یا ۸ مولکول گلوکز ایجاد می‌شوند که به ترتیب آلفا، بتا و گاما دکسترین نامیده می شوند. در حقیقت سیکلودکسترین‌ها یک ترکیب پلیمری هستند، که از ذرات با حفره های استوانه ای تشکیل شده‌اند؛ که می توانند آلودگی های آلی را از فاز مایع جدا کند.

پلیمر سیکلودکسترین را می‌توان به صورت پودر، دانه‌ای و یا صفحات نازک برای استفاده در ابزارها و کاربردهای متفاوت تولید کرد. یکی از کاربردهای این پلیمر در فیلترهای تصفیه آب می‌باشد. همچنین می‌تواند برای تصفیه در چاه‌های آب زیرزمینی یا پاکسازی فاضلاب‌های شیمیایی آلی و نفتی نیز مورد استفاده قرار گیرد.

سیکلودکسترین گستره وسیعی از آلودگی‌های آلی شامل بنزن، فلورین‌ها، هیدروکربن‌های پلی‌آروماتیک، آلودگی حاوی نیتروژن، استون، آفت‌کش‌ها، کودها و بسیاری دیگر از مواد شیمیایی را حذف می‌کند. آزمایش‌ها نشان می‌دهند که پلیمر سیکلودکسترین این آلودگی‌ها را تا حدی یک در تریلیون (ppt) کاهش می‌دهد؛ در حالی که کربن فعال و زئولیت این آلودگی‌ها را تا حد یک در میلیون (ppm) کاهش می دهد. همچنین این پلیمر همچنین پلیمر صـــد هزار مرتبه بیشـــتر از کربن فعال با ترکیبات آلی پیوند می‌دهد و بازدهی حذف یکسانی برای آب با غلظت آلودگی پایین را نشان داده است. پلیمر سیکلودکسترین تحت تاثیر رطوبت هوا قرار نگرفته و می‌تواند در نواحی مرطوب بدون اشـــباع یا غیر فعال شـــدن، مورد اســـتفاده قرار گیرد. از طرف دیگر این پلیمر آلودگی‌های جذب شده را از خود عبور نمی‌دهد.

هر گرم از پلیمر سیکلودکسترین ظرفیت جذب ۲۲ میلی‌گرم از آلودگی‌های آلی را دارد. این خاصیت برای کربن فعال ۵۸ میلی‌گرم به ازای هر گرم کربن می‌باشـد. این پلیمر برای تماس با آب آلوده حدودا به ۵ ثانیه زمان نیاز دارد و در حین احیا ظرفیت خود را از دست نداده و می‌تواند به طور نامحدودی استفاده شود. تولید پلیمر سیکلودکسترین، ارزان بوده و می‌توان آن را مستقیما از نشاسته بدست آورد.

پودر ســـیکلودکســـترین می‌تواند در ســـتون، کارتریج و یا فیلترهای صـــفحه‌ای به گونه‌ای متراکم می شـــود که آب از آن بگذرد. سـیکلودکسـترین دانه‌ای می‌تواند مسـتقیما در منبع و لوله‌های آب به کار رود و لایه نازک آن می‌تواند، روی زیرلایه ای از شـیشـه برای تشکیل غشا قرار گیرد.

از همه اشکال متفاوت سیکلودکسترین می توان در فیلترها، غشاها و یا جاذب‌ها استفاده کرد. پلیمر سیکلودکسترین هم آب‌دوست و هم آب گریز است، لذا می‌تواند بدون استفاده از فشار برای جذب آب از میان تخلخل‌ها به کار گرفته شود. این پلیمرها را می‌توان به سادگی با متانول و اتانول شستشو داد و مجدد از آن‌ها استفاده کرد.

۳-۱-۵-۷- نانو مواد

نانو مواد در مقایسه با مواد دیگر در ابعاد بزرگ دارای سطوح بسیار وسیع‌تری هستند. به علاوه این مواد قادر به انجام فعل و انفعال با گروه‌های شیمیایی مختلف به منظور افزایش میل ترکیبی آن‌ها با ترکیبات ویژه می‌باشند. همچنین نانو مواد می‌توانند به عنوان لیگندهای قابل بازیافت با ظرفیت و عملکرد انتخابی بسیار بالا، برای یون های فلزی سمی و رادیواکتیو، حلال‌های آلی و معدنی به شمار آیند.

جاذب‌ها به طور وسیعی به عنوان جداساز محیطی در خالص سازی آب و برای حذف آلاینده‌های آلی از آب استفاده می‌شوند. در این زمینه تحقیقات وسیعی صورت گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- نانو تیوپ‌های کربنی تک‌لایه برای حذف یون‌های سنگین مانند سرب، مس و کادمیوم
- نانو اکسید سدیم برای حذف آرسنیک
- نانو بلورهای هیدروکسید آهن برای جذب آرسنیک و کروم
- نانو زئولیت ها، برای حذف فلزات سنگین از پساب‌های معدنی اسیدی مانند کروم، نیکل، روی، مس و کادمیم
- نانو مواد کربنی برای جذب مواد آلی فرار، رنگ‌های آلی و ترکیبات آلی و ترکیبات آلی کلره
- نانو مواد فولرن برای جذب ترکیبات آروماتیک چند حلقوی مانند نفتالین

۳-۱-۵-۷-۱- نانوذرات آهن خنثی

نانوذرات آهن خنثی (nZVI) برای تصفیه درجا و غیردرجای آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شوند. این ماده یک جاذب و یک عامل احیاکننده است، که موجب می‌شود آلودگی‌های آلی به ترکیبات کربنی با درجه سمیت کمتری شکسته شوند و فلزات سنگین کلوخه شده و رسوب کنند.

نانوذرات آهن خنثی می‌توانند برای حذف گستره وسیعی از آلودگی‌های متداول زیست محیطی مثل متان کلردار، بنزن کلردار، آفت‌کش‌ها، رنگ‌های آلی، تری هالومتان‌ها، آرسنیک، نیترات و فلزات سنگین از قبیل جیوه، نیکل و نقره استفاده شود. همچنین ممکن است توانایی کاهش پرتوهای رادیواکتیو را داشته باشند. ذرات نانو آهنی که با پالادیم پوشیده شده، می تواند همه ترکیبات کلردار را در مدت ۸ ساعت تا زیر مقادیر قابل مشاهده کاهش دهد. این در حالی است که نانوذرات آهن خنثی معمولی، برای حذف بیش از ۹۹ درصد از این ترکیبات ۲۴ ساعت زمان نیاز دارد. این نانوذرات در برابر آلودگی‌ها برای یک دوره ۶ الی ۸ هفته ای فعال باقی می‌مانند. این مواد در گستره وسیعی از pH و دمای محیط موثر است.

مقدار آب زیرزمینی که این نانوذرات می‌تواند فراوری کند، وابسته به کیفیت آهن، تعداد دفعاتی که استفاده مجدد شده است، نوع لایه های زمین، کیفیت آب برای تولید محلول اولیه، مقدار اکسیژن، مقدار و نوع ذرات موجود در محلول است. این نانوذرات را می‌توان برای تصفیه درجا مستقیماً به منابع آب‌های زیرزمینی تزریق یا می توان در غشاها (فیلترها) برای کاربردهای خارجی استفاده کرد. برای افزایش خاصیت جذب این نانوذرات، سطح آن‌ها را با فلز دیگری مانند پالادیم می‌پوشانند.

استفاده در جا: کاربرد اصلی این نانوذرات استفاده درجا در منابع آب زیرزمینی می باشد. معمولا با تزریق مخلوط این نانوذرات با آب به سفره‌های زیرزمینی سعی در فراوری آن‌ها و حذف عناصر مضر دارند. برای کاربردهای درجا، پودر نانو را برای تشکیل محلول آهن با آب در یک منبع مخلوط کرده، سپس توسط یک پمپ درون چاه تزریق می‌کنند تا، مستقیماً به سفره آب زیرزمینی وارد شود. با نفوذ این ذرات به آب‌های زیرسطحی، عناصری چون سرب، روی، مس و نیترات، جذب ذرات آهن شده و به صورت کلوخه (لخته) رسوب می‌کنند. بعد از پمپاژ آب از این منابع به راحتی می توان توسط یک جداکننده مغناطیسی نانوذرات آهن را بازیابی و بعد از حذف مواد جذب شده مجددا از این ذرات استفاده نمود.

استفاده در فیلتر ها: از این نانوذرات در ساخت مواد و فیلترهای تصفیه آب استفاده شده است. این ماده در ترکیب با کربن فعال، زئولیت، نانولوله‌های کربنی و دیگر مواد برای تولید فیلترهای کارتریجی استفاده می‌شود. با ترکیب نانوذرات آهن خنثی به این مواد، کارایی این فیلترها در جذب مواد زائد از آب‌ها افزایش می‌یابد.

۳-۱-۵-۷-۲- فتوکاتالیست‌های نانومقیاس دی اکسید تیتانیوم

فتوکاتالیست ماده ای است که در اثر تابش نور بتواند بدون آن که دچار تغییر شود، منجر به بروز یک واکنش شیمیایی شود. فتوکاتالیست‌ها مستقیماً در واکنش‌های اکسایش دخالت ندارند و فقط شرایط مورد نیاز برای انجام واکنش ها را فراهم می‌کنند.

نانو ذرات دی اکسید تیتانیم بر سطح زیرلایه‌هایی از جنس شیشه و یا ترکیبات سیلیس پوشش داده می‌شوند و در حوضچه‌هایی تحت تابش نور فرابنفش قرار می‌گیرند.

دی اکسید تیتانیوم هم به عنوان عامل احیای فتوکاتالیستی و هم به صورت یک جاذبه عمل می‌کند و به صورت درجا و غیر درجا در تصفیه آب استفاده می‌شود. دی اکسید تیتانیوم در حضور آب، اکسیژن و تابش اشعه فرابنفش، رادیکال‌های آزاد تولید می‌کند؛ که این رادیکال‌ها، آلودگی‌های متفاوت را به ترکیبات کربنی با درجه سمیت کمتری تجزیه می‌کنند. دی اکسید تیتانیوم نانومقیاس، سطح بیشتر و فرآیند فتوکاتالیستی سریع‌تری را نسبت به ذرات بزرگتر فراهم می‌نماید. دی اکسید تیتانیوم به صورت نانو پودر برای استفاده در سوسپانسیون‌ها و استفاده برجا (تزریق در زمین) و یا به شکل فیلترهای کارتریجی با اشکال مختلف (ساچمه‌ای، دیسکی) استفاده می‌شود.

دی اکسید تیتانیوم تقریباً همه آلودگی‌های آلی را جذب می‌کند. این ماده بسیار آب‌دوست است. بنابراین توانایی جذب آلودگی‌های زیستی و فلزات سنگین از قبیل سرب، جیوه و آرسنیک را دارد. راندمان آن تابع کیفیت دی اکسید تیتانیوم، محلول استفاده شده، محیط تزریق و نوع و میزان آلاینده‌ها می‌باشد.

به دلیل سختی بازیافت و جداسازی ذرات بعد از تصفیه، استفاده از نانو پودرهای دی‌اکسید به صورت برجا گسترش چندانی پیدا نکرده است. ذرات سوسپانسیون معمولاً به وسیله اولترافیلتراسیون یا میکروفیلتراسیون جدا می‌شوند؛ اما در حین این فرآیند مقدار قابل توجهی از ذرات از بین می‌روند.

۳-۱-۵-۷-۳- نانوذرات مغناطیسی

همان‌گونه که در سیستم اسمز معکوس توضیح داده شد در دو منبع مرتبط با یک غشاء بسیار نازک آب از سمت منبع رقیق تر به سمت منبع غلیظ‌تر جهت ایجاد تعادل در غلظت حرکت می‌کند. این در حالی است که عکس این جریان را برای تصفیه آب نیاز

داریم. به همین دلیل در سیستم اسمز معکوس با ایجاد فشار بر روی مخزن غلیظ جهت جریان را معکوس کرده و آب را به سمت مخزن خالص هدایت می‌کنند. حال اگر ما بتوانیم با به کارگیری یک ماده قابل بازیافت، غلظت مخزن آب خالص را به بیش از غلظت مخزن ناخالص به صورت اختیاری و عمدی افزایش دهیم، بدون نیاز به ایجاد فشار مصنوعی می توان جریان آب را معکوس کرده و آب از مخزن آلوده به سمت مخزن خالص جریان یابد. در این صورت بر خلاف سیستم‌های اسمز معکوس نیازی به استفاده از پمپ‌های فشار قوی نبوده و می‌توان تا حد زیادی در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد. برای این منظور آزمایش‌هایی بر روی نانوذرات مغناطیسی صورت گرفته است. این نانوذرات علاوه بر اینکه می‌توانند به راحتی غلظت آب را افزایش دهند، به سادگی با یک جداکننده مغناطیسی قابل بازیافت هستند. علاوه بر این ذرات نانو مغناطیس می‌توانند برخی عناصر آلوده کننده، مانند آرسنیک و جیوه را که از غشاها عبور می‌کنند و داخل آب خالص می گردند؛ جذب نمایند.

۳-۱-۵-۷-۴- یادآوری (نانومواد حفره‌ای)

مواد نانو حفره‌ای به عنوان یک زیرمجموعه از مواد نانو ساختار، با دارا بودن سطح منحصر به فرد شکل ساختمانی و خاص حجمی در زمینه‌های مختلف از جمله فرآیندهای تعویض یونی، جداسازی، کاربردهای کاتالیستی، ساخت حسگرها، ایزولاسیون مولکولی‌های زیستی و خالص سازی کاربرد دارند.

به طور کلی مواد نانو حفره ای را می‌توان بر اساس دامنه قطر منافذ نانویی به سه دسته میکروپور، مزوپور و ماکروپور تقسیم نمود. بر اساس سیستم آیوپاک، حفره‌های مواد میکروپر دارای قطری کمتر از ۲ نانومتر می باشند. مزوپورها دارای حفره‌هایی به قطر بین ۲ تا ۵۰ نانومتر و ماکروپورها دارای حفره هایی با قطر بیش از ۵۰ نانومتر هستند.

مواد نانو حفره‌ای را می‌توان بر اساس جنس، از قبیل آلی یا معدنی، سرامیک یا فلز و خواص آن‌ها دسته بندی نمود. در سیستم‌های پلیمری، سرامیکی و یا کربنی نیز مشابه این چنین حفره‌هایی دیده می‌شود؛ که البته شکل حفره‌ها در آن متفاوت است. در واقع جنس ماده، شکل حفره‌ها، اندازه آن‌ها و توزیع و ترکیب حفره‌ها مشخص کننده نوع کاربرد ماده نانو حفره‌ای می‌باشد. مهم‌ترین کاربرد نانو حفره‌ای ها به شرح زیر هستند:

- کربن‌های نانوحفره ای دارای کاربردهای متنوعی از جمله جذب گازهای آلاینده، بسته‌های کاتالیستی، فیلترهای تصفیه آب، مخزن نگهداری گاز و ... می‌باشند.
- زئولیت‌های نانوحفره ای بیشتر در فرآیندهای تصفیه آب (شامل تصفیه آب شرب و پساب‌های صنعتی و حذف یون‌های فلزات سنگین) کاربرد دارد.
- عمده کاربرد پلیمرهای نانوحفره‌ای بر اساس عملکرد آن‌ها به عنوان جاذب تعریف می‌گردد. از جداسازی مولکول‌های آلی خاص از سیستم‌های بیولوژیکی تا کاربرد آن‌ها در تصفیه آب به منظور حذف آلودگی‌های ناشی از ترکیبات آلی نظیر فنل‌ها را شامل می‌شود.

۳-۱-۶- تصفیه و گندزدایی به روش یونی (الکتریکی)

تصفیه آب به روش یونی یکی از شیوه‌های نوین جهت حذف میکروارگانیزم‌های موجود در آب مانند میکروب‌ها، ویروس‌ها و باکتری‌ها است. هرچند خاصیت میکروب زدایی فلزاتی چون نقره و مس از زمان‌های قدیم به صورت‌های ابتدایی به کار گرفته می‌شد؛ ولی از ظهور اولین سیستم‌های تجاری تاکنون زمان زیادی نمی‌گذرد. این روش برای اولین بار توسط موسسات تحقیقات

فضایی ناسا به عنوان روشی جهت جایگزینی کلرزنی در تصفیه آب استفاده شد. ولی به مرور زمان و با توجه به مزایای فراوانی که نسبت به روش‌های معمول گندزدایی در این تکنولوژی وجود دارد، جایگاه مناسبی در بازار تجاری برای آن لحاظ شده و به سرعت در حال گسترش می‌باشد. پیش از آن از کلر به صورت گسترده به عنوان ماده ضد عفونی کننده استفاده می شد، که این ماده علاوه بر مضر بودن برای سلامتی انسان توانایی حذف همه میکروارگانیزم‌ها را نیز ندارد. به عنوان مثال کلر بر روی ویروس‌ها تقریباً هیچ اثری ندارد. لذا استفاده از روشی که اولا توانایی حذف تمامی میکروارگانیزم‌ها از جمله میکروب‌ها، باکتری‌ها و ویروس ها را دارا باشد و ثانیا کمترین ضرر را برای سلامتی انسان داشته باشد و ثالثاً بتوان آن را به سادگی به کار گرفت و نگهداری نمود؛ روش نوین و برتری خواهد بود. به نظر می‌رسد روش تصفیه الکتریکی آب علاوه بر دارا بودن محاسن یادشده هزینه‌های کمتری نسبت به کلر زنی دارد و همچنین سازگاری آن با محیط زیست نیز بیشتر است.

یون‌های نقره و مس در آب نقش یک ویروس‌کش و میکروب‌کش قوی با قابلیت نابودی بالا را بازی می‌کنند. عمل گندزدایی زمانی آغاز می‌شود که سطح خارجی میکروارگانیزم‌ها که ذاتاً دارای بار منفی هستند، به علت پدیده الکترواستاتیکی توسط یون‌های مس و نقره که بار مثبت دارند، محاصره می‌شوند؛ و این فرایند مانع از ادامه فعالیت زیستی میکروب‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها شده و به تدریج آن‌ها را از بین می‌برد. در مورد جلبک و خزه‌ها نیز یون های مس و نقره به آمینو اسیدهای حاوی گوگرد در پروتئین‌های دخیل در فرایند فتوسنتز هجوم برده و با اختلال در این فرآیند مرگ زودهنگام سلول‌های خزه و جلبک‌ها باعث می‌شوند.

در عمل برای ایجاد فرآیند یونیزاسیون از الکترودهایی استفاده می‌شود؛ که از ترکیب نقره و مس ساخته شده اند. با قرار گرفتن این الکترودها در مسیر حرکت آب و ایجاد اختلاف پتانسیل در دو سر الکترود، جریان بسیار کمی از میان دو الکترود عبور می‌کند؛ که این پدیده موجب جدا شدن یون‌ها از الکترود و اضافه شدن آن به آب می‌شود. در صورت تداوم این عمل می‌توان، با کنترل مقدار جریان عبوری از الکترودها میزان یون‌های مس و نقره را در آب کنترل نمود. البته باید توجه داشت که میزان یون‌ها نباید از میزان تعیین شده در استانداردها برای آب شرب افزایش پیدا کند. بر اساس استاندارد موسسه‌ی (EPA) مقدار مس مجاز در آب۱/۳ ذره در میلیون و مقدار نقره مجاز یک دهم مقدار مس یعنی ۱۰۰ ذره در میلیارد است. برای تنظیم میزان یون‌های مس و نقره در آب باید مقدار آن‌ها در آب را به صورت الکترونیکی یا شیمیایی اندازه‌گیری کرد.

معمولاً میزان جریان به وسیله یک سیستم الکترونیکی کنترل می شود؛ که توسط آن می توان با توجه به مشخصات آب تحت فرآیند، مانند میزان ناخالصی و هدایت الکتریکی آب، مقدار جریان آب را تنظیم نمود.

۳-۱-۶-۱- مزایای گندزدایی الکتریکی آب

یکی از مزایای مهم این روش از بین بردن میکروارگانیزم‌ها بدون استفاده از مواد شیمیایی خطرناک برای انسان و محیط زیست است. همچنین در این روش بر خلاف بیشتر روش‌های شیمیایی می توان جلبک‌ها و قارچ‌ها را نیز از بین برد. یکی دیگر از مزایای گندزدایی به روش الکتریکی، خاصیت ماندگاری اثر ضدعفونی است که تقریبا هیچ یک از روش‌های معمول چنین خاصیتی ندارد. از دیگر مزایای این روش می‌توان به نگهداری آسان، فاقد هرگونه ضرری برای سلامت انسان و عدم استفاده از سموم و آسانی نصب و راه اندازی یاد کرد.

۳-۱-۶-۲- کاربردهای گندزدایی الکتریکی

این روش، تقریبا در تمامی مواردی که از کلر برای گندزدایی استفاده می‌شود؛ قابل جایگزینی است. با این تفاوت که قابلیت حذف ویروس‌ها نیز به آن اضافه می شود؛ پس در استخرهای شنا بهتر است از روش گندزدایی الکتریکی استفاده شود زیرا تمام مزایای کلر زنی را دارد ولی مضرات کلر از جمله سمی بودن، حساسیت ارگان‌های بدن انسان مانند پوست و چشم به آن، بوی نامطلوب، نگه‌داری دشوار و کنترل میزان آن در آب را ندارد.

این روش در صنعت، بخصوص هرجا نیاز به حذف جلبک و خزه و یا باکتری و ویروس باشد؛ مانند سیستم توزیع و نگه‌داری آب، سیستم‌های موتورخانه‌ای، بخصوص بویلرها، چیلرها و از همه مهمتر، برج های خنک کن که مشکل خزه و جلبک در آن‌ها حاد است به راحتی قابل استفاده می‌باشد. در تصفیه آب و فاضلاب شهری از آن می توان به عنوان یک ضد عفونی کننده بسیار قوی استفاده کرد، که کاربرد زیادی در روش‌های پیش تصفیه آب دارد و از انواع کوچک و کم هزینه آن می‌توان به عنوان یک میکروب‌زدا استفاده کرد. همچنین از این روش می‌توان به عنوان یک راه حل مناسب برای پساب‌های صنعتی و حذف میکروارگانیزم‌ها استفاده کرد. این روش می تواند کاربرد بسیار مفیدی در تصفیه پساب‌های بیمارستانی نیز داشته باشد.

۳-۱-۷- تصفیه با اشعه ماورای بنفش (UV)

پرتوهای الکترومغناطیسی در محدوده طول موج ۱۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر را پرتوهای فرابنفش می‌نامند. پرتو فرابنفش به گونه‌ای کاملا اتفاقی و با مشاهده تغییر رنگ و تیرگی املاح نقره در مقابل نور مستقیم آفتاب کشف گردید. در سال ۱۸۰۱ دانشمند آلمانی، یوهان ویلهلم ریتر بر اثر مشاهداتش متوجه شد؛ که تابش های نامرئی عامل اساسی در تیرگی صفحات کاغذ آغشته به کلرید نقره می‌باشند. او در آن زمان این پدیده را "پرتوهای شیمیایی" نامید. طول موج کمتر از اشعه مرئی و بزرگتر از اشعه ایکس می‌باشد. این پرتو در سه دست طول موج تولید می‌شود:

۱. دامنه نزدیک (UVA): این ناحیه با طول موج ۳۲۰ تا ۴۰۰ نانومتر به ناحیه فلورسانس معروف است. پدیده فلورسانس یعنی جذب پرتو فرابنفش به وسیله برخی مواد و تابش نور مرئی در این ناحیه انجام می‌گیرد. نسبت این اشعه در نور آفتاب، قوس الکتریکی و چراغ های الکتریکی معمولی و لامپ فلورسانس زیاد است. لایه ازن بخش کمی از این طیف را جذب می‌کند.
۲. دامنه متوسط (UVB): این امواج در محدوده طول موج ۲۰۸ تا ۳۲۰ نانومتر است. این اشعه در نور چراغ بخار جیوه و قوس الکتریکی با الکترودهای فلزی وجود دارد. لایه ازن در اتمسفر طول موج‌های خیلی کوتاه ساطع شده از خورشید را جذب می‌کند؛ اما قدرت جاذبه آن در مورد اشعه های در طول موج‌های ۳۲۰ نانومتر نصف می‌گردد. این دامنه از نظر آسیب‌های زیست شناختی دارای اهمیت بوده و به طور طبیعی از خورشید به زمین می‌رسد.
۳. دامنه دور (UVC): این دامنه با طول موج بین ۱۰۰ تا ۲۸۰ نانومتر فقط در قوس‌الکتریکی وجود دارد. کاربرد آن در سترون (استریل) کردن و از میان بردن باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها می‌باشد. البته طول موج‌های کمتر از ۱۸۰ نانومتر نیز وجود دارد که بلافاصله توسط هوا جذب می‌شوند و تنها در خلا می‌توان آن را تولید کرد.

برخی دامنه‌ها از تابش‌های فرابنفش، اصطلاحاً به نور سیاه معروف‌اند. این نام به دلیل نامرئی بودن این اشعه و تاثیرات مخرب بر روی پوست می‌باشد؛ که در اصطلاح عام به آن آفتاب سوختگی می‌گویند؛ و عوارضی همچون سرخ شدن یا تاول و پوسته پوسته شدن پوست را در پی دارد. این اشعه قادر است تا عمق زیادی در بافت بدن نفوذ کرده و مشکلاتی از قبیل پیری زودرس پوست،

تخریب ساختار دی ان ای سلول‌ها و احتمالاً در حالت پیشرفته بروز سرطان پوست را همراه داشته باشد. این اشعه با نفوذ در بافت میکروارگانیزم‌ها می‌توانند آن‌ها را به سرعت از بین ببرد. نور خورشید یک عامل طبیعی ضدعفونی‌کننده است. نور خورشید دارای طول موج‌های فرابنفش می‌باشد که می تواند میکروارگانیسم‌ها را از بین ببرد. این اشعه را می‌توان به صورت مصنوعی توسط لامپ‌های مخصوص ماورای بنفش تولید کرد. امروزه در صنعت مواد غذایی و تصفیه آب از این امکان استفاده می‌شود. لامپ های UV علاوه بر استفاده در ضدعفونی کردن آب در منازل و کارخانه های بسته بندی آب، رستوران‌ها، هتل‌ها و کشتی‌ها؛ جهت ضدعفونی و شستشوی سبزیجات، میوه، ماهی، غذاهای دریایی که قبل از بسته بندی باید با آب عاری از هرگونه میکروارگانیسم شسته شوند، صنایع نوشابه سازی، لبنیات، داروسازی و لوازم آرایش، بیمارستان‌ها و آزمایشگاه‌ها، استرلیزه کردن فیلترهای کربن رزین تبادل یونی و ایجاد محیطی نامناسب برای پرورش میکروارگانیسم ها، جهت استریلیزه کردن ممبرین در سیستم‌های اسمز معکوس و جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها کاربرد دارد.

نام	علامت اختصاری	طول موج (نانومتر)	مقدار انرژی (الکترون ولت)	توضیح
پرتو فرابنفش A	UVA	۴۰۰-۳۱۵	۳/۱-۳/۹۴	موج بلند یا نور سیاه که توسط لایه ازون جذب نمی‌شود
پرتو فرابنفش B	UVB	۳۱۵-۲۸۰	۳/۹۴-۴/۴۳	موج متوسط که بیشتر آن توسط لایه ازون جذب می‌شود
پرتو فرابنفش C	UVC	۲۸۰-۱۰۰	۴/۴۳-۱۲/۴	موج کوتاه که کاملا توسط لایه ازون و جو زمین جذب می‌شود

تصویر شماره ۹- مشخصات انواع پرتوهای فرابنفش

برای ضدعفونی با اشعه فرابنفش از دو روش کانال باز و راکتورهای مخصوص استفاده می‌شود. در روش اول لامپ‌های فرابنفش بر روی کانال آب قرار گرفته و آب با دبی مشخص و ضخامت کم از کنار آن عبور می‌کند. این روش بیشتر برای ضدعفونی آب‌های غیر شرب استفاده می شود. برای ضدعفونی آب شرب از راکتورهای مخصوص استفاده می‌شود. در این راکتورها، آب وارد محفظه اصلی دستگاه از جنس استنلس استیل می‌شود و مابین این محفظه و یک جداره داخلی از جنس سیلیس (شیشه‌ای) جریان می‌یابد. در این حالت لامپ فرابنفش درون محفظه شیشه‌ای که در تماس مستقیم با آب نیست قرار دارد (این حالت بهترین وضعیت برای عملکرد لامپ است) و با تولید دوز بالای اشعه به طور کامل میکروارگانیسم‌ها را از بین می‌برد.

در جدول زیر، مهمترین انواع باکتری و ویروس‌هایی که تحت تابش اشعه با توجه به دز مورد نیاز از بین می‌رود؛ ارائه شده است.

ردیف	میکروارگانیسم	میزان اشعه مورد نیاز (میلی‌ژول بر سانتیمتر مربع)
۱	Cryptosporidium Parvum	۱۰
۲	Giardia Lamblia	۱۰
۳	Influenza Virus	۶/۶
۴	Hepatitus Virus	۸
۵	Shigella Dysenteriae	۴/۲
۶	Salmonella Paratyph	۶/۱
۷	E.coli	۶/۶
۸	Legionella Penumophila	۳/۸

تصویر شماره ۱۰- میزان اشعه فرابنفش مورد نیاز برای از بین بردن میکروارگانیسم‌ها

مزایای استفاده از سیستم فرابنفش

- از بین بردن میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و مقاوم نسبت به کلر تا ۹۹ درصد
- ضدعفونی شدن آب در محفظه تابش اشعه
- عدم تغییر خواص شیمیایی و فیزیکی آب (تا به امروز گزارش جدی خلاف این ادعا را ثابت نکرده است)
- ضدعفونی کردن آب در محدوده pH ۶ تا ۵.۸
- امکان نصب در مسیر لوله آب
- سرویس و نگه‌داری ساده دستگاه
- عدم تولید ترکیبات سمی و شیمیایی
- عدم آلودگی زیست محیطی
- هزینه جاری کمتر

معایب استفاده از سیستم فرابنفش

- سرمایه‌گذاری زیاد
- فرار بعضی از میکروارگانیسم‌ها از تابش به دلیل قرار گرفتن در پشت ذرات معلق در آب

۳-۲- روش های شیمیایی تصفیه آب

در روش‌های شیمیایی تصفیه آب با استفاده از یک یا چند ماده شیمیایی اقدام به از بین بردن آلودگی‌ها می‌کنند. روش‌های شیمیایی عمدتاً برای از بین بردن میکروارگانیسم‌ها بوده و تنها در موارد نادر از این روش برای حذف عناصر زائد در آب استفاده می‌شود؛ به همین دلیل به این روش بیشتر کلمه گندزدایی اطلاق می‌گردد. در روش‌های تصفیه شیمیایی معمولاً ترکیبات آب تغییر پیدا می‌کند. در بیشتر موارد علاوه بر وجود ماده شیمیایی اضافه شده در آب، ترکیبات جدید دیگری در آب به وجود می‌آید که ناشی از واکنش بین ماده ضدعفونی کننده با عناصر و ترکیبات موجود در آب می‌باشد. این مواد و یا ترکیبات به وجود آمده گاه خود خطرناک بوده و مشکلاتی را برای مصرف‌کننده به وجود می‌آورد. با پیشرفت دانش، سعی بر حذف روش‌های شیمیایی و جایگزینی روش‌های فیزیکی در تصفیه آب شده است. همچنین سعی می‌شود حتی الامکان اثرات منفی روش‌های تصفیه شیمیایی بر روی سلامتی انسان و محیط زیست با بکارگیری مواد جایگزین و تجهیزات پیشرفته در کنترل و نحوه مصرف آن کاهش دهند. از مواد شیمیایی رایج در این روش می‌توان از کلر و یا ترکیبات آن، پرمنگنات، ید، برم و گاز ازن نام برد. در ادامه مکانیسم ضدعفونی‌کننده‌های شیمیایی و انواع آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۲-۱- مکانیسم عملکرد ضدعفونی‌کننده‌ها

ضدعفونی‌کننده‌ها به دو صورت برای حذف میکروارگانیسم‌ها عمل می‌کنند:

- اکسایش و یا پاره کردن دیوار سلول و تجزیه میکروارگانیسم‌ها
- نفوذ به داخل سلول و اختلال در فعالیت سلولی

عملکرد یک ماده ضدعفونی کننده به میزان پتانسیل الکتریکی آن بستگی دارد. پتانسیل الکتریکی پاره‌ای از ضدعفونی‌کننده ها در جدول زیر آمده است:

نام	پتانسیل (ولت)	واکنش
کلر (Cl_2)	۱/۳۶	$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$
برم (Br_2)	۱/۰۹	$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$
ید (I_2)	۰/۵۴	$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$
ازن (O_3)	۲/۰۷	$O_3 + 2e^- + 2H^+ \rightarrow O_2 + H_2O$
دی اکسید کلر (ClO_2)	۱/۹۱	$ClO_2 + 5e^- + 2H_2O \rightarrow 2Cl^- + 4OH^-$
دی اکسید کلر (ClO_2)	۰/۹۵	$ClO_2 + 5e^- \rightarrow ClO_2^-$

تصویر شماره ۱۱- پتانسیل الکتریکی پاره ای از ضدعفونی کننده‌ها

چهار مکانیسم برای تشریح عملکرد ضد عفونی کننده‌ها مطرح شده است که عبارتند از:

۱. آسیب دیدن دیواره سلول: آسیب و تخریب دیواره سلول منجر به متلاشی شدن و مرگ سلول می شود. (پنی‌سیلین از سنتز و ترمیم دیواره سلولی باکتری‌ها جلوگیری می‌کند)
۲. تغییر تراوایی سلول: عواملی مانند ترکیبات فنلی و شوینده‌ها، تراوایی غشای سیتوپلاسم را تغییر می‌دهند. این مواد تراوایی انتخابی غشا را از بین می‌برند و باعث گریز مواد مغذی و حیاتی چون نیتروژن و فسفر از سلول می‌شوند.
۳. تغییر ماهیت کلوئیدی پروتوپلاسم: عواملی چون محیط اسیدی، قلیایی، گرما و تابش، خاصیت کلوئیدی پروتوپلاسم را تغییر می‌دهند.
٤. ممانعت از فعالیت آنزیمی: عوامل اکساینده مثل کلر می‌توانند آرایش آنزیم‌ها را تغییر دهند و آن‌ها را غیرفعال کنند.

۳-۲-۲- عوامل موثر و عملکردی ضدعفونی‌کننده‌ها

- زمان: در یک غلظت ثابت ضدعفونی کننده، هر چه مدت زمان تماس بیشتر باشد؛ میزان مرگ باکتری‌ها بیشتر است.
- غلظت و نوع عامل شیمیایی: در بیشتر موارد افزایش غلظت ماده ضدعفونی‌کننده موجب مرگ بیشتر باکتری‌ها خواهد شد.
- دما: افزایش دما موجب افزایش سرعت مرگ و میر باکتری‌ها می‌گردد.
- شدت عوامل فیزیکی (نور و گرما): افزایش شدت این عوامل باعث افزایش سرعت مرگ و میر باکتری‌ها خواهد شد.
- تعداد میکروارگانیسم‌ها: هرچه تعداد ارگانیسم‌ها بیشتر باشد، زمان لازم برای کشتار تعداد معینی از ارگانیسم‌ها طولانی تر از زمانی است که تعداد آنها کمتر است.
- نوع میکروارگانیسم: بعضی از میکروارگانیسم‌ها مانند سلول‌های زیستایی و باکتریایی در حال رشد، در مقابل ضدعفونی‌کننده‌ها بسیار ضعیف هستند و برخی دیگر مانند هاگ‌ها و باکتری‌ها، بی‌نهایت مقاومند؛ و بسیاری از ضدعفونی‌کننده‌ها بر روی آن‌ها بی‌تأثیرند. در این‌گونه موارد بایستی از عواملی مانند گرما و نور نیز کمک گرفت.
- مواد معلق در آب: بعضی از مواد آلی موجود در آب با مواد ضدعفونی کننده اکساینده واکنش می‌کنند و اثر آن‌ها را کاهش می‌دهند.

۳-۲-۳- انواع ضدعفونی کننده های شیمیایی

۳-۲-۳-۱- کلر

کلر یکی از ضدعفونی‌کننده‌های رایج در سیستم تصفیه آب می‌باشد. کلر در دسته هالوژن‌ها قرار دارد و یکی از موثرترین آن‌ها در ضدعفونی می‌باشد. وقتی گاز کلر با آب تماس پیدا می کند هیدرولیز شده و به اسید هیپوکلرید (HOCL) و اسید هیدروکلریک (HCL) تبدیل می شود.

$$Cl_2+H_2O \rightarrow HOCL+HCL$$

اسید هیپوکلرو در یک واکنش دو طرفه یونیزه می‌شود. pH محیط در میزان یونیزه شدن تاثیر مستقیم دارد. هرچه محیط به سمت قلیاییت برود یونیزاسیون بیشتر صورت می گیرد، و این اسید خاصیت میکروب کشی خود را از دست می‌دهد.

$$HOCL \rightarrow H^{+} + OCl^{-}$$

اسید هیپوکلرو یک عامل اکسید کننده بسیار قوی می‌باشد. این ماده به آسانی در دیواره سلولی میکروارگانیسم‌ها نفوذ کرده، با سیتوپلاسم ترکیب شده و با پروتئین‌های سلول، پیوندهای پایداری نیتروژن ــ کلر تشکیل می‌دهد. تاثیر اسید هیپوکلریت ۲۰ برابر یون هیپوکلریت است.

میزان مصرف کلر

هنگامی که کلر در آب تزریق می شود، بخشی از آن ماده صرف واکنش با ترکیبات موجود در آب می‌شود. ترکیبات ازته، سولفیدها، دی اکسید گوگرد، مواد آلی، میکروارگانیسم‌ها و تجهیزات سیستم تصفیه آب، از جمله مواردی هستند که با کلر واکنش کرده و ترکیبات جدیدی را تولید می کنند؛ لذا برای حصول اطمینان از تاثیر کلر بر میکروارگانیسم‌ها و ضدعفونی کامل آب، بایستی کلر به میزان کافی به آب تزریق نمود، تا علاوه بر مصرف آن در واکنش‌های یاد شده به اندازه کافی برای از بین بردن میکروارگانیسم‌ها در آب وجود داشته باشد. بعد از انجام واکنش‌های یاد شده؛ مازاد کلر در آب به صورت کلر آزاد باقی می‌ماند. در سیستم‌های آب شهری جهت مقابله با میکروب‌های احتمالی موجود در سیستم انتقال آب همیشه مقداری کلر آزاد در آب در نظر می‌گیرند تا با این میکروب‌ها مقابله کنند.

نقطه‌ای که کلر آزاد در آب نمایان شود را نقطه شکست گویند. قبل از این نقطه کلر اضافه شده در آب صرف واکنش با ترکیبات میکروارگانیسم های داخل آب می شود؛ و بعد از تکمیل واکنش‌ها، کلر به صورت آزاد در آب می‌ماند. نقطه شکست بستگی به میزان ترکیبات یادشده در آب دارد. این نقطه ملاک عمل میزان مصرف کلر برای ضدعفونی آب می‌باشد. اندازه گیری نقطه شکست ۳۰ دقیقه بعد از اضافه کردن کلر صورت می‌گیرد.

چند نکته در خصوص استفاده از کلر قابل ذکر می‌باشد:

- در مواردی که مواد آلی در آب زیاد باشد به دلیل تشکیل ترکیبات پایدار با کلر، و همچنین در آب‌هایی که فنل وجود دارد، به دلیل تشکیل کلروفنل‌ها، که بوی ناخوشایند در آب تولید می کنند؛ استفاده از کلر برای ضدعفونی توصیه نمی‌شود. در این گونه موارد یا از روش‌های دیگر ضدعفونی استفاده می شود و یا قبل از کلر زنی با ازن و یا پرمنگنات پتاسیم مواد آلی را اکسید می‌کنند.

$$C_6H_4ClOH + H_2O \rightarrow C_6H_5OH + HOCl$$

(ترکیب فنل با اسید هیپوکلر)

- در اثر تزریق گاز کلر به آب و هیدرولیز آن، اسید تولید می‌شود. این موضوع باعث افت pH آب می‌شود. بنابراین در مواردی که pH آب کم است؛ این موضوع نیز مزید بر علت شده و آب اسیدی تر خواهد شد.
- در pH های بالاتر از ۱۰/۵و کمتر از ۳، باکتری‌ها و ویروس‌ها از بین می‌روند.
- عموماً جلبک‌ها آسان‌تر از باکتری‌ها از بین میروند.

معایب کلرزنی:

- وجود کلر آزاد به دلیل حصول اطمینان از ضدعفونی آب تا محل مصرف
- تشکیل ترکیبات سمی کلر و فنل‌ها و تری هالومتان‌ها در آب
- اکسایش مواد آلی موجود در آب توسط کلر و باقی ماندن آن‌ها در آب
- تشکیل ترکیبات کلر با ترکیبات موجود در آب و افزایش میزان کلر در آب

محاسن ضدعفونی با کلر:

- از بین رفتن میکروارگانیسم‌ها با ضریب اطمینان خوب
- عدم تولید مزه نامطلوب
- کمک به شفافیت آب
- ارزانی و قابل دسترس بودن کلر

۳-۲-۳-۲- هیپوکلریت سدیم NaClO (آب ژاول)

هیپوکلریت سدیم از ترکیب کلر با سود ساخته می شود. این ماده به عنوان ضدعفونی و سفید کننده نیز مصرف می‌شود.

$$Cl_2+2NaOH \rightarrow NaClO+NaCl+H_2O$$

۳-۲-۳-۳- هیپوکلریت کلسیم $Ca(ClO)_2$

از ترکیب کلر با آهک، هیپوکلریت کلسیم با نام بازاری بلیچ تولید می‌شود. این ماده به صورت پودر خشک است و به همین دلیل حمل و نقل آن آسان بوده و این موضوع باعث افزایش مصرف آن شده است.

$$Cl_2+2Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(ClO)_2+2H_2O$$

۳-۲-۳-۴- ازن O3

ازن اکسیژن ۳ ظرفیتی می‌باشد که ناپایدار بوده و بیش از چند دقیقه دوام ندارد. ازن با عبور دادن اکسیژن از میان دو الکترود با ولتاژ بالا تولید می‌شود. این گاز اکسیدکننده‌ای بسیار قوی، بی رنگ با بوی بسیار زننده می‌باشد؛ که غلظت بیش از ۰/۲۵ در هزار آن در هوا برای انسان مضر و غلظت بیش از یک در هزار آن بسیار خطرناک است.

وجود ازن در آب علاوه بر ضد عفونی‌کنندگی، رنگ و مزه آب را نیز کنترل می‌کند؛ ولی همانطور که ذکر شد به دلیل عدم پایداری در آب باقی نمانده و تاثیر منفی نیز از خود به جا نمی‌گذرد. ازن در بیشتر کشورهای پیشرفته مانند آمریکا، برای تصفیه آب‌های شهری، جایگزین کلر شده است.

۳-۲-۳-۵- پرمنگنات پتاسیم $KMnO_4$

پرمنگنات یکی از موثرترین مواد ضدعفونی‌کننده می‌باشد؛ ولی به دلیل قیمت زیاد این ماده به طور گسترده مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. از مزایای این ماده می‌توان کنترل بو و مزه آب و حذف آهن و منگنز را نام برد. پرمنگنات، منگنز را به دی اکسید منگنز

تبدیل می‌کند. این ماده در آب رسوب کرده و می توان آن را فیلتر نمود. پرمنگنات را برای مصارف کم می‌توان با ترکیبات مختلفی به کار برد:

الف ـ پرمنگنات پتاسیم + کربنات سدیم + زاج + آهک

ب ـ پرمنگنات پتاسیم + کربنات سدیم + سولفات سدیم

ج ـ پرمنگنات پتاسیم + کربنات سدیم + اکسید منگنز + تالک

۳-۲-۳-۶- برم Br

برم یک مایع ضدعفونی کننده قوی می‌باشد؛ که بوی بد و خفه کننده داشته و در آب نسبت به کلر کمتر پایدار است و به همین دلیل میزان مصرف آن در هر لیتر آب بالاتر است. به دلیل گرانی و خطرات ناشی از تماس آن با پوست و چشم که به شدت موجب سوختگی می‌شود؛ و همچنین خورندگی بالای آن برای فلزات، استفاده از آن گسترش چندانی پیدا نکرده است. از این ماده در تعدادی از کشورها برای ضدعفونی آب شرب استفاده می‌شود. عمده مصرف این ضدعفونی کننده برای ضدعفونی آب استخر شنا می‌باشد.

برم نیز مانند کلر در آب تجزیه شده و یون هیپوبرومیت و اسید هیپوبرومیت تولید می‌کند. اسید تولید شده، اسید ضعیفی بوده و در آب به یون هیدروژن و هیپوبرومیت تبدیل می شود. این تجزیه بستگی شدید به pH آب دارد. برم نیز مانند کلر در آب با ترکیبات ازت‌دار واکنش داده و برم و آمین تولید می کند؛ که خاصیت میکروب‌کشی آن بیشتر از کلر و آمین‌ها می‌باشد. به دلیل ناپایدار بودن ترکیبات برم (در کمتر از یک ساعت برم و آمین‌ها به نمک‌های برم که بی‌ضرر هستند تبدیل می‌شوند) مقدار مواد اکسیدکننده باقی مانده در آب کمتر است و نیاز به برم زدایی ندارد.

کلرید برم که از ترکیب برم با گاز کلر به دست می‌آید نیز برای ضدعفونی آب استفاده می‌شود. این ماده تاثیری همانند کلر دارد. هرچند این ماده بر روی بعضی از ویروس‌ها مانند ویروس فلج اطفال تاثیر بهتر و سریع‌تری دارد؛ ولی دلایلی مانند ناشناخته بودن ترکیبات جانبی تولید شده، خطرات و خورندگی در هنگام حمل و ذخیره و گرانی، باعث عدم گسترش استفاده از آن شده است.

۳-۲-۳-۷- ید

ید ماده ای جامد و آبی رنگ است و به سرعت در محیط به حالت گازی در می‌آید. رنگ گاز حاصله بنفش بوده و بوی آن شبیه کلر می‌باشد. ید نیز به علت گرانی و مضرات آن برای سلامتی انسان در استفاده طولانی مدت، فقط در مواقع اضطرار استفاده می‌شود. برای هر لیتر آب یک قطره از محلول ید کافی است. ید را بعد از گذشت ۳۰ دقیقه توسط هیپوسولفیت سدیم خنثی می‌کنند.

۳-۲-۳-۸- دی اکسید کلر ClO_2

دی‌اکسیدکلر یک ضدعفونی کننده قوی گازی شکل می‌باشد. این ماده در از بین بردن ویروس‌ها قوی‌تر از کلر عمل می‌کند. ویروس‌ها به دلیل داشتن پوشش پروتئینی، کلر و بخصوص دی‌اکسیدکلر را بیشتر از دیگر میکروارگانیسم‌ها به خود جذب می‌کنند. دی‌اکسیدکلر به نسبت کلر، تری هالومتان کمتری در آب تولید کرده و همچنین به دلیل قدرت اکسید کنندگی فوق العاده، در کنترل بو و مزه موفق‌تر از کلر عمل می‌کند. این ماده کنترل‌کننده خوبی برای آهن و منگنز، سولفید هیدروژن و ترکیبات فنلی می‌باشد. دی‌اکسیدکلر حلالیت بسیار زیادی در آب به خصوص آب سرد دارد (۱۱ برابر گاز کلر) و برخلاف کلر در آب هیدرولیز

نمی‌شود. دی‌اکسیدکلر با دمیدن هوا و یا گاز CO_2 به راحتی از آن خارج می گردد. دی اکسید کلر ماده ای است که حتی در غلظت های کم در مجاورت هوا قابلیت انفجار دارد لذا این گاز را بایستی توسط مولدهای مخصوص در محل مصرف تولید کرد. معمولاً گاز دی اکسید کلر را از کلریت سدیم و اسید هیپوکلریت برای مصارف تصفیه آب آشامیدنی و یا از کلرات سدیم در کنار اسید سولفوریک غلیظ و آب برای مصارف صنعتی تولید می‌کنند.

تولید دی‌اکسیدکلر از کلریت سدیم:

$$2NaClo_2+Cl_2 \rightarrow 2ClO_2\ (g) + NaCl$$
$$2NaClo_2+HOCl \rightarrow 2ClO_2\ (g) + NaCl + NaOH$$
$$5NaClO_2 + 4HCl \rightarrow 4ClO_2\ (g) + 5\ NaCl + 2\ H_2O$$

۳-۲-۳-۹- آهک $CaCO_3$

اکثر میکروارگانیسم‌ها در pH بالاتر از ۱۰/۵ از بین می روند. به دلیل افزایش pH می تواند ضدعفونی کننده باشد. برای این منظور آهک را به آب اضافه کرده تا pH آن را به ۱۱ الی ۱۱/۵ برساند. بعد از مدت ۲ ساعت با اضافه کردن گاز دی اکسید کربن، آهک رسوب کرده و از آب جدا می شود. آهک همچنین رنگ، بو و مزه آب را از بین می‌برد.

۴- کارخانه های تولید آب بطری شده

در شروع فعالیت این صنعت، آب‌ها در بطری‌های شیشه‌ای و عمدتاً به‌صورت دستی بسته بندی می‌شد و به دلیل گرانی شیشه و هزینه‌های حمل، مصرف آب بطری شده تنها در قشر خاصی از مردم کشورهای پیشرفته گسترش یافته بود. با کشف پلی اتیلن ترفتالات و ساخت بطری‌های پلی اتیلنی، این صنعت گسترش فراوانی پیدا کرده و مصرف آن در بیشتر کشورها عمومی و همه‌گیر شده است. امروزه جهت بطری کردن آب تجهیزات تمام خودکار با سرعت‌های بسیار بالا در حد ۶۰/۰۰۰ بطری در ساعت ساخته شده است (این عدد مربوط به سال ۱۳۹۴ است و قطعاً این ظرفیت مرتباً در حال افزایش است). اصول کلی این تجهیزات، سال‌های سال تغییر چندانی نداشته؛ ولی از نظر تکنولوژی، در زمینه سرعت و کنترل پروسه تولید پیشرفت‌های زیادی صورت گرفته است. همچنین در سال‌های اخیر به جهت وجود مشکلات زیست محیطی در اثر دورریز بطری‌های پت و سعی در کاهش هزینه‌های آب بطری شده، تلاش‌های زیادی در راستای کاهش وزن بطری‌ها به عمل آمده است. این موضوع سبب شده امروزه آب در بطری‌های پت با وزن تقریباً نصف بطری های اولیه بسته بندی گردد. در بعضی از کشورهای پیشرفته به منظور کاهش عوارض زیست محیطی، مجدد آب را در بطری‌های شیشه‌ای بسته بندی و به بازار عرضه می‌کنند. اما با توجه به این‌که همچنان مشکلات گرانی شیشه و هزینه های گزاف هم وجود دارد، استقبال شایانی از آن نشده است و تنها توانسته درصد محدودی از قشر پردرآمد جامعه را به خود جذب نماید. در سال ۲۰۱۵ تحقیقاتی بر روی بطری‌های سازگار با طبیعت و یا تجزیه‌پذیر صورت گرفته و موفقیت‌های شایانی مانند ساخت بطری هایی با مواد قابل هضم در بدن و طبیعت بدست آمده است ولی این اکتشافات هنوز کاربردی نشده است.

۴-۱- عوامل موثر در طراحی و ساخت کارخانه‌های آب بطری شده

در طراحی کارخانه‌های آب بطری شده شناخت سه دسته از اطلاعات ضروری است.

- دسته اول شامل عوامل محیطی و اجتماعی منطقه است. از این دسته می توان اطلاعاتی چون: محل مصرف آب، راه‌های ارتباطی، پراکندگی جمعیت، قیمت فروش آب، نوع آب مصرفی، وضعیت هواشناسی منطقه و عواملی از این دست را اشاره کرد. این اطلاعات می تواند راهنمای خوبی برای انجام یا عدم انجام سرمایه گذاری، انتخاب محل سایت و میزان سرمایه گذاری باشد.
- دسته دوم اطلاعات مربوط به منابع آب شامل: خواص فیزیکی و ترکیبات شیمیایی، نوع منبع، میزان ذخیره و آبدهی منبع آب می‌باشد. بررسی این اطلاعات نیز راهنمای خوبی برای انجام یا عدم انجام سرمایه گذاری، میزان سرمایه گذاری (ظرفیت کارخانه) و تعیین فلوشیت خط تصفیه و همچنین تعیین و انتخاب نوع تجهیزات می باشد.
- دسته سوم اطلاعات در زمینه تجهیزات مربوط به این صنعت، از جمله: شناخت خصوصیات و چگونگی کارکرد این تجهیزات، قیمت، وفور در بازار و خدمات پس از فروش آن‌ها می‌باشد. یک طراح با شناخت کامل از مکانیسم و امکانات هر وسیله، و همچنین بازار این صنعت می‌تواند بهترین تجهیزات را برای کارخانه انتخاب نماید؛ به گونه‌ای که با کمترین سرمایه‌گذاری، حداکثر بهره برداری صورت گیرد.

۴-۱-۱- عوامل منطقه‌ای

در این قسمت به تفصیل به نوع و میزان تاثیر عوامل منطقه‌ای می‌پردازیم:

۴-۱-۱-۱- موقعیت جغرافیایی

در هر پروژه تامین منابع اولیه از مسائل اساسی آن می‌باشد. در صنعت تولید آب بسته بندی منبع آب به عنوان تامین کننده مواد اولیه بایستی قابل دسترس و سهل‌الوصول باشد. به دلیل قیمت اندک و مشکلات و محدودیت‌های بهداشتی این ماده، نمی توان از منابعی که در مناطق صعب العبور و دور از دسترس است استفاده کرد. همچنین موقعیت جغرافیای منطقه بایستی به گونه ای باشد که اجازه آماده‌سازی محلی برای احداث کارخانه و راه‌های دسترسی و امکان استفاده از خدمات عمومی مانند برق، آب و سوخت را فراهم نماید.

۴-۱-۱-۲- موقعیت اجتماعی

بررسی وضعیت اجتماعی منطقه از نقطه نظر های زیر قابل اهمیت است.

محدودیت های اعمال شده از سوی سازمان ها، نهادها و انجمن های مردمی: یکی از مهمترین این محدودیت‌ها، محدودیت های اعمال شده از سوی وزارت بهداشت، جهت استقرار کارخانه های مواد غذایی می‌باشد. به طور مثال وزارت بهداشت محدودیت فاصله با مراکز آلاینده در نظر گرفته است، که کارخانه‌ها موظف به رعایت این فواصل می باشند. این محدودیت‌ها ممکن است از سوی مراکز نظامی، محیط زیست و منابع طبیعی و سایر مراکز عمومی کشور نیز اعمال شود.

فرهنگ مردم: شاید در وهله نخست دخیل بودن فرهنگ مردم یک منطقه در اجرا و یا عدم اجرای یک پروژه تولیدی نامربوط به نظر رسد، ولی متاسفانه این موضوع در ایران، کارخانه های زیادی را دچار مشکل کرده است. در پاره ای از نقاط ایران مردم بومی با تولیدکنندگان و واحدهای صنعتی نمی توانند تعامل برقرار کنند. بهتر است در ابتدا این مشکل مورد بررسی قرار گیرد و چاره‌ای برای آن اندیشیده شود. از طرفی فرهنگ و سبک زندگی مردم یک منطقه و یا کشور در مصرف آب بسته‌بندی نیز به شدت تاثیرگذار است.

بازار کار: دسترسی به نیروی کار، هزینه نیروی کار، وجود نیروهای متخصص و دسترسی به امکانات محلی از پارامترهای بسیار مهم در اجرای یک پروژه می‌باشد. در نظر نگرفتن موارد یاد شده کارخانه‌های زیادی را دچار مشکل کرده است.

بازار مصرف: این موضوع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بازار مصرف به عوامل زیادی بستگی دارد. از جمله این موارد آب و هوای منطقه (در مناطق بسیار سرد و سرد مصرف آب بسیار کمتر است)، نوع عادت مردم در استفاده از آب‌های بطری شده، میزان جمعیت منطقه، فراوانی محصول مشابه و فراوانی تولیدکنندگان مشابه را می‌توان نام برد. پیش بینی بازار آینده محصولات تولیدی نیز بسیار اهمیت دارد. آینده بازار بستگی به سیاست‌های کلان دولت‌ها، میزان درآمد مردم، رشد جمعیت و از همه مهمتر تعداد کارخانه‌های آب معدنی در حال کار و کارخانه‌های در دست احداث دارد. قیمت محصول تابعی از عرضه و تقاضاست و نقش اصلی در فعال یا غیرفعال شدن یک واحد تولیدی را دارد.

۴-۱-۱-۳- آب و هوا

از دیگر پارامترهای مهم، وضعیت آب و هوایی مکان اجرای پروژه می‌باشد. در بعضی از مناطق به دلیل بارندگی فراوان و شدید و یا سرمای بیش از حد در بعضی از فصول سال نمی توان فعالیت تولیدی داشت. همچنین بارندگی بیش از حد ممکن است موجب آلودگی منبع آب شود. از طرف دیگر در مناطق خشک و کم باران ممکن است منابع آب کاهش و یا قطع گردند. لذا این موضوع

بایستی در بررسی‌های اولیه فنی و اقتصادی در نظر گرفته شود. نادیده گرفتن این مهم ممکن است باعث ضرر و زیان در پروژه شود. بررسی آب و هوای منطقه از طریق جمع آوری اطلاعات سازمان هواشناسی و یا اطلاعات افراد بومی منطقه قابل انجام است.

۴-۱-۱-۴- مشخصات آب و منبع آن

ترکیبات آب علاوه بر کیفیت آب تولیدی، در هزینه‌های تولید و همچنین در انتخاب نوع ماشین آلات فراوری آب نیز تاثیرگذار بوده و پارامتر بسیار مهمی در طراحی کارخانه های آب بطری شده می باشد. به دلیل اهمیت این موضوع، مطالبی در مورد منشاء و ترکیبات آب بیان می شود.

۴-۱-۱-۴-۱- نوع منبع و ترکیبات آب

منبع آب از جهات مختلف می‌تواند در کیفیت آب بطری شده تاثیر گذار باشد.

۱. در بیشتر کشورها در استانداردهای تبیین شده نوع منبع در دسته بندی آب (معدنی و آشامیدنی) تاثیر گذار است.

۲. اگر منبع آب در نقاط بکر و دور از آلودگی‌های شهری، صنعتی و کشاورزی باشد؛ نیاز به تصفیه شیمیایی نداشته و علاوه بر اینکه آب با سلامت بیشتری بطری خواهد شد؛ در دسته بندی آب معدنی و آشامیدنی نیز تاثیرگذار است.

۳. مصرف‌کنندگان معمولاً تمایل به مصرف آب چشمه داشته و معمولاً در تصور آن‌ها آب چشمه کاملاً طبیعی و بکر می‌باشد.

٤. نوع ترکیبات منابع، بستگی به جنس لایه های زمین، نزولات جوی و آلودگی‌های محیطی دارد؛ و ترکیبات آب علاوه بر تاثیر در کیفیت آب ممکن است به دلیل وجود عنصری خاص در یک نمونه آب، آن را از سایر منابع معمول متمایز و یا از سوی دیگر غیرقابل استفاده کند.

٥. ترکیبات آب بر روش و نوع تجهیزات سیستم تصفیه تاثیر گذار است.

۴-۱-۲- شناخت تجهیزات کارخانه های آب بطری شده

انتخاب تجهیزات خط تولید به عواملی از جمله روش انتخاب شده برای تولید، نوع ماده اولیه، مشخصات ماده و یا محصول تولید شده، ظرفیت کارخانه، میزان سرمایه گذاری و عوامل و پارامترهای اقتصادی همچون نقطه سربه سری و میزان بازگشت سرمایه بستگی خواهد داشت. با توجه به موارد ذکر شده روش ها و تجهیزات مختلفی جهت ساخت و یا تولید محصولی واحد در سراسر گیتی به کار برده می شود؛ ولی به عنوان نمونه یک مثال کلی در این مورد آورده می‌شود.

تفاوت شاخصی که در آب های آشامیدنی و آب های معدنی وجود دارد، در **طبیعی بودن آب های معدنی و مواد افزودنی آب های آشامیدنی** است. گرچه از نظر رعایت بهداشت و فرآیند های تولید و تعداد پرسنل و حتی وزن بطری آب یکسان هستند ولی تفاوت های شاخصی بین این دو کارخانه وجود دارد.

یکی از مواردی که در احداث کارخانه های تولید آب معدنی باید حتما در نظر گرفته شود، محل کارخانه است. از آنجا که آب های معدنی باید از سفره های زیر زمینی در مناطق بکر استحصال شوند، محل کارخانه نیز باید در همین مناطق دایر گردد و به دور از هرگونه آلودگی باشد. این درحالی است که جهت احداث کارخانه های تولید آب آشامیدنی چنین شاخصی مد نظر نیست و می‌توان

در یکی از شهرک های صنعتی احداث کرد و حتی در صورت آلوده شدن محصول می‌توان آب را طی مراحل و فرآیندهای شیمیایی، از آلودگی پاک کرد.

مورد دیگری که باید در مورد تفاوت این دو خط تولید در نظر گرفت ثبات نسبی پارامتر های معدنی است. در آب های معدنی، پارامتر های معدنی مثل نیترات، کلسیم، سدیم و ... باید آنالیز شود و در هر چهار فصل از ثبات مشخص و یکسانی برخوردار باشد؛ ولی در خطوط تولید آب‌های آشامیدنی چنین پارامتری شرط نیست و میتواند در فصول مختلف در تغییر باشد.

دستگاه‌های به کار رفته در هر دو خط تولید آب های بسته بندی بسیار مشابه است. از جمله این دستگاه ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

توجه کنید که در این خط تولید، **دستگاه های خط تولید آب معدنی با ظرفیت تولید پایین**، مورد بررسی قرار گرفته است.

خط تولید آب معدنی مورد بررسی با ظرفیت تولید ۳۰۰۰ بطری ۱.۵ لیتری و ۴۰۰۰ بطری ۵۰۰ سی سی می باشد و حداقل مساحت مورد نیاز جهت استقرار این دستگاه ها ۲۷۰ متر است.

ماشین آلات تصفیه، پرکردن و بسته بندی شامل:

۱ -دستگاه تری بلوک- مجموعه بطری شویی پرکن و درب بندی تمام اتومات

۲ -دستگاه لیبل چسبان- برچسب زن لیبل روی بطری

۳ -دستگاه جت پرینتر- جهت چاپ تاریخ مصرف روی بطری

۴ -دستگاه بادکن بطری- جهت تهیه بطری از پریفورم خام

۵ -دستگاه شیرینگ پک تونلی و فیلم شیرینگ آب معدنی- جهت بسته بندی ۶ و ۱۲ تایی بطری‌ها

۶ -نوار بالابر بسته‌های شیرینگ شده - جهت بارگیری و پالت گذاری محصول

دستگاه های و ماشین آلات تصفیه و نگهداری آب قبل از بسته بندی شامل:

۱- دستگاه اشعه UV ضد عفونی کننده و ازن زن

۲- دستگاه تصفیه آب RO با ظرفیت حداقل ۵۰۰۰۰ لیتر در روز

۳- مخازن ۱۰۰۰۰ لیتری

۴- نوار نقاله ریل زمینی ۶ الی ۱۰ متر

۵- لوله کشی، برق کشی و نصب و راه اندازی

۶- تاسیسات آزمایشگاهی

در ادامه به صورت مختصر به مراحل تولید آب‌های بطری شده پرداخته شده است.

۴-۲- مراحل تولید آب بطری شده

به دلیل فراگیر بودن تولید آب بسته بندی در بطری های پلی اتیلن ترفتالات (PET) و تشابه زیاد آن به روش تولید آب و بسته بندی در بطری های شیشه ای، مراحل تولید با ظروف پت توضیح داده شده و سعی گردیده اختلافات دو روش نیز در صورت نیاز ذکر شود.

مراحل کلی تولید آب بطری شده را به شرح زیر می توان تقسیم بندی نمود:

- تولید پریفرم
- تولید بطری
- تصفیه آب
- پر کردن و بسته بندی

۴-۲-۱- تولید پریفرم

پریفرم یا شکل اولیه بطری از جنس پلی اتیلن ترفتالات می‌باشد. پریفرم دارای شکل ظاهری همچون لوله های آزمایش بوده که در قسمت دهانه آن جهت بسته شدن درب بطری رزوه‌دار شده است. برای تولید پریفرم از دستگاه‌های تزریق، مشابه دستگاه تزریق پلاستیک استفاده می شود. در این دستگاه گرانول پت را داخل مخزن ریخته و با عبور این مواد از داخل کوره، آن را تا دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد حرارت می دهند تا به صورت مذاب درآید؛ بعد از روان شدن، مواد توسط یک دستگاه اکسترودر به داخل قالب تزریق می شود. یک قالب معمولاً از تعداد زیادی سلول تشکیل شده و در هر پالس تزریق چندین پریفرم (با توجه به نوع دستگاه و تکنولوژی بکار رفته تعداد پریفرم‌های تولید شده در هر پالس متغیر است) تولید می‌گردد. بعد از تزریق پلی فرم شکل گرفته و از قلب خارج می‌گردد. پریفرم تولید شده پس از کنترل کیفیت، بسته بندی می‌گردد.

تصویر شماره ۱۲- پریفرم با ابعاد، رنگ و اوزان مختلف

وزن، قطر و ارتفاع پریفرم‌ها با توجه به نوع و حجم بطری مورد نظر متفاوت می‌باشد. دهانه بطری نیز در مرحله تزریق شکل گرفته و بر حسب تقاضای کارخانه‌های تولیدکننده، ابعاد آن تنظیم می‌گردد. در بیشتر کشورها ابعاد دهانه پریفرم ها برای تولید آب ۳۰ یا ۲۸ میلیمتر است. هرچند ممکن است پریفرم با دهانه‌های با قطر کمتر نیز تولید گردد.

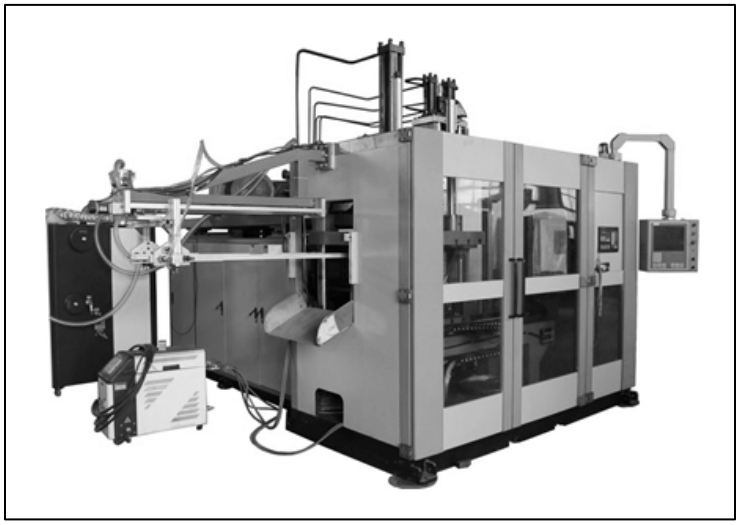
همان‌گونه که اشاره شد؛ امروزه برای کاهش قیمت تمام شده آب‌های بسته بندی و کاهش عوارض زیست محیطی سعی در کاهش وزن بطری‌ها دارند. به همین دلیل کارخانه‌های تولید پریفرم از طرق مختلف به کاهش وزن محصولات خود می‌پردازند. یکی از این روش‌ها کم کردن ضخامت پریفرم تا حد امکان و دیگری کاهش ارتفاع دهانه بطری و تعداد رزوه ها می‌باشد. البته این موضوع فقط برای آب‌های معمولی و بدون گاز صادق بوده و در مورد آب‌های گازدار به دلیل وجود فشار گاز نمی توان وزن پریفرم‌ها را زیاد

کاهش داد. هم اکنون وزن پریفرم برای بطری‌های بزرگ (۱۵۰۰ سی‌سی) از ۳۲ گرم تا ۲۳ گرم و برای بطری های کوچک (۵۰۰ و ۳۰۰ سی‌سی) از ۱۷ تا ۱۰ گرم تولید می شود.

در سال‌های گذشته دستگاه‌هایی طراحی شدند که بلافاصله پس از تولید پریفرم و قبل از سرد شدن؛ پریفرم را باد کرده و تبدیل به بطری می‌نمایند. در این سیستم‌ها به دلیل عدم وجود فرصت کافی برای خروج گازهای تولید شده در هنگام تزریق، آب دارای طعم و بوی نامطبوع می‌گردد. به همین علت این روش از چرخه تولید خارج شده و یا کمتر مورد استفاده قرار گرفته می‌شود.

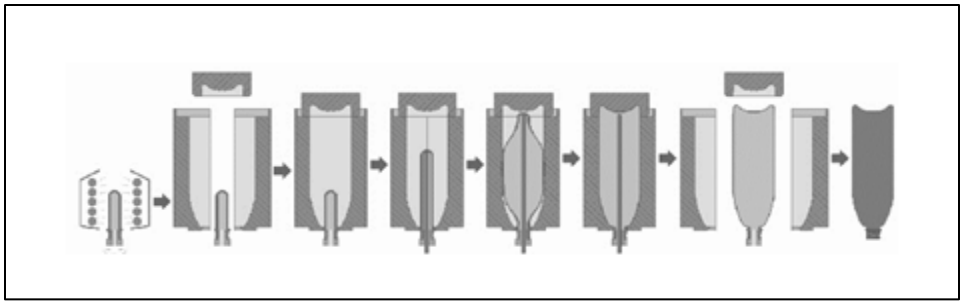
۴-۲-۲- تولید بطری

به دلیل گرانی هزینه حمل بطری و افزایش احتمال آلودگی آن، معمولاً بطری‌های پت در کارخانه های بسته بندی آب تولید می‌گردد. برای تولید بطری، پریفرم خریداری و یا در واحدهای جداگانه تولید و به کارخانه ارسال می‌گردد. در کارخانه، پریفرم‌ها توسط دستگاه بادکن به بطری تبدیل می شوند. در این دستگاه ابتدا پریفرم از یک مخزن تغذیه به داخل دستگاه انتقال پیدا می‌کند؛ سپس پریفرم ردیف شده و توسط مقره و یا زنجیرهای حمل کننده به داخل کوره منتقل می‌شود. داخل کوره لامپ‌های المنتی (مدادی) در ردیف‌ها و ترازهای مختلف قرار دارد؛ که توسط آن‌ها می توان پریفرم‌ها را حرارت داد. پریفرم در اثر حرارت حالت خمیری پیدا می کند. تمامی لامپ‌های داخل کوره قابل تنظیم هستند و می توان حرارت نقاط مختلف پریفرم را کنترل کرد. این کوره‌ها به گونه ای طراحی شده است که دهانه پریفرم همیشه خنک نگاه داشته می‌شود. برای این منظور رادیاتورهایی با جریان آب خنک طراحی شده که کار سرد کردن مقره‌ها و دهانه پریفرم را انجام می‌دهند.



تصویر شماره ۱۳- دستگاه بادکن

پریفرم‌ها معمولا در کوره تا حدود ۹۰ درجه حرارت می‌بینند و بعد از آن وارد قالب می‌شوند. بعد از قرار گرفتن پریفرم در قالب، قالب بسته شده و سپس یک لوله دمنده هوا بر روی دهانه پریفرم قرار می‌گیرد. ابتدا هوا با فشار حدود ۱۰ بار به داخل آن تزریق می‌گردد؛ همزمان میله ای با قطر حدود ۶ تا ۱۰ میلی متر که میل استرچ (کشنده) نامیده می‌شود به داخل پریفرم فرستاده شده و کار کشش پریفرم را به سمت انتهای قالب انجام می‌دهد. بعد از کشیده شدن پریفر تا حد نهایی هوای فشرده با فشار حدود ۳۰ تا ۴۰ بار به داخل قالب تزریق می شود؛ تا کار نهایی شکل دادن بطری به اتمام برسد. با ورود هوای پرفشار، پریفرم به دیواره‌های قالب چسبیده و شکل قالب را به خود می‌گیرد.



تصویر شماره ۱۴- مراحل ورود پریفر به داخل قالب و ساخت بطری

پس از این مرحله قالب باز شده و بطری از آن خارج می‌گردد. پس از سرد شدن، بطری به داخل ریل مخصوص جهت حمل به مراحل بعدی تولید، هدایت می‌شود.

دستگاه‌های بادکن بطری در انواع و ظرفیت‌های مختلف از ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ بطری در ساعت ساخته شده‌اند. این دستگاه‌ها را می‌توان به دو دسته کلی خطی و دورانی (روتاری) تقسیم‌بندی کرد. دستگاه‌های خطی دارای ظرفیت‌های تا حدود ۸۰۰۰ و روتاری بیش از ۶۰۰۰ بطری در ساعت می‌باشد. در دستگاه های خطی تولید به صورت منقطع ولی دائم و در دستگاه‌های روتاری تولید یکنواخت است. دستگاه‌های بادکن با ظرفیت بیش از ۴۰۰۰ بطری در ساعت معمولاً تمام خودکار بوده و توسط یک PLC برنامه ریزی و کنترل می‌شوند. معمولاً در این دستگاه‌ها کلیه و یا بخش اعظمی از عملیات توسط سروموتور ها انجام می‌پذیرد.

۴-۲-۳- بسته بندی

در کارخانه‌های آب معدنی به مجموعه عملیات شستشوی بطری‌ها، پرکردن، درب بندی، برچسب‌گذاری، ثبت تاریخ تولید و انقضا و بسته بندی نهایی، بسته بندی اطلاق می‌گردد.

تصویر شماره ۱۵- دستگاه تری‌بلوک

۴-۲-۳-۱- شستشو

بطری‌ها پس از تولید توسط دستگاه بادکن، جهت شستشو و ضدعفونی وارد دستگاه شستشو شده و توسط جت آب که با مواد ضدعفونی کننده مانند گاز ازن مخلوط شده است شستشو داده می‌شود. در بعضی از دستگاه‌های پیشرفته‌تر و با سرعت بالا عملیات شستشو حذف شده و جهت ضدعفونی باتری‌ها از لامپ‌های فرابنفش و یا روش‌های نوین دیگر مانند قرار دادن الکترودهای مخصوص داخل بطری و یونیزه کردن هوای درون بطری استفاده می‌کنند.

۴-۲-۳-۲- پر کردن

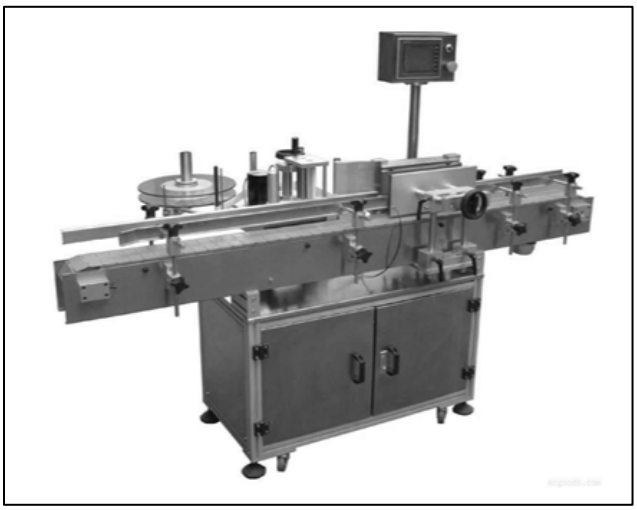
بعد از مرحله شستشو، بطری‌ها آبکشی شده و برای پر شدن به قسمت پرکن هدایت می‌شوند. پرکن از یک مخزن که تعدادی شیر خودکار مخصوص در زیر آن تعبیه شده تشکیل شده است. بطری‌ها توسط صفحه‌های دوار به زیر شیرها هدایت شده و با قرار گرفتن بطری به زیر شیر، شیر به صورت خودکار باز شده و بطری پر می‌شود. بعد از پر شدن، بطری ها جهت درب گذاری به قسمت درب گذاری هدایت می‌شوند.

۴-۲-۳-۳- درب گذاری

دستگاه درب گذار شامل یک مخزن نگهداری درب، بالا بر درب و یا پمپ انتقال درب، ردیف کن، کانال انتقال درب و آچارهای بستن درب می‌باشد. بطری‌ها بعد از پر شدن به قسمت دربند منتقل شده و بعد از قرار گرفتن درب بر روی بطری، بطری به زیر آچار دربند قرار گرفته و درب بر روی آن پیچ و پلمپ می‌شود.

در گذشته سه مرحله یاد شده (شستشو، پر کردن و در بندی) در سه دستگاه مجزا صورت می‌گرفت؛ ولی هم اکنون این قسمت در یک مجموعه قرار داده شده است؛ که در اصطلاح به آن تری بلوک می‌گویند.

۴-۲-۳-۴- برچسب‌گذاری



تصویر شماره ۱۶- دستگاه برچسب‌گذاری

یکی از مراحل تولید آب بطری شده مانند بسیاری از دیگر کارها الصاق برچسب بر روی بطری‌ها می‌باشد. برچسب‌ها معمولاً در بردارنده مشخصات کالا، نام تجاری کالا، نام کارخانه تولید کننده و سایر مشخصات می‌باشد. بخشی از اطلاعات درج شده بر روی برچسب ها الزامات قانونی و بخشی نیز مربوط به تولید کننده و اختیاری می‌باشد. الصاق برچسب بر روی بطری‌ها با روش‌های مختلفی مختلفی چون شرینک اسلیو لیبل، چسب گرم و اتیکتی (کاغذ پشت چسب دار) صورت می‌گیرد. رایج ترین روش در کارخانه‌های آب معدنی، روش چسب گرم (هات ملت) می‌باشد. دلیل گسترش این روش سرعت بالای برچسب‌گذاری و ارزانی و دوام زیاد آن می‌باشد. در این مدل برچسب که از جنس پلی پروپلین شفافOPP که بر روی آن مشخصات محصول چاپ شده است؛ به صورت رول بر روی دستگاه برچسب زن قرار داده می‌شود. دستگاه، برچسب را باز کرده و بعد از برش به اندازه محیط محل نصب و آغشته کردن سر و ته برچسب با چسب مخصوص که در دستگاه گرم و مذاب گردیده است، بر روی بطری می‌چسباند. این مدل دستگاه‌ها با سرعت‌های تا ۶۰۰۰۰ بطری در ساعت، قادر به نصب برچسب بر روی بطری‌های استوانه ای شکل می‌باشد. در روش برچسب گذاری به روش لیبل، برچسب‌ها از قبل به صورت استوانه‌ای با قطر نزدیک به قطر بطری تولید شده و در دستگاه قرار داده می‌شود. دستگاه لیبل زن بعد از قرار گرفتن بطری در محل مخصوص برچسب را بر روی بطری قرار می‌دهد. بعد از این مرحله بطری داخل کوره هدایت شده و بر اثر حرارت دیدن برچسب جمع و بر روی بطری ثابت می‌شود. از این روش به دلیل سرعت پایین در صنعت آب کمتر استفاده می‌شود.

روش برچسب گذاری به شکل اتیکت (برچسب های کوچک و پشت چسب دار) بیشتر برای آب های معدنی لوکس و بطری‌های شیشه ای و یا بطری‌های چهارگوش استفاده می‌شود. در روش اتیکت گذاری برچسب‌ها ممکن است در دو و یا سه قسمت از بطری قرار داده شود.

۴-۲-۳-۵- بسته بندی

در صنعت آب بطری شده رایج‌ترین بسته بندی قرار دادن بطری ها (معمولاً برای بطری‌های ۱۵۰۰ سی سی در تعداد ۶ یا ۴ تایی و برای بطری های کوچک ۵۰۰ سی سی در تعداد ۱۲ تایی و ۶ تایی) در لفاف نایلونی می‌باشد. برای این کار پس از برچسب گذاری و درج تاریخ تولید و انقضا بر روی بطری توسط چاپگرهای لیزری یا جوهرافشان، بطری‌ها به دستگاه بسته بندی منتقل می‌شود. در این دستگاه ابتدا بطری‌ها در تعداد مشخص شده برای بسته بندی، دسته بندی و جدا می‌شوند. سپس بر روی آن‌ها نایلون کشیده شده و به کوره هدایت می‌شوند. در کوره نایلون با حرارت دیدن جمع شده و به بطری ها نزدیک می‌شود. بسته‌ها بعد از خروج سرد شده و برای حمل به بازار مصرف ارسال می‌گردد. در کارخانه‌ها جهت بارگیری و حمل ساده‌تر، تعداد زیادی از این بسته‌ها را بر روی پالت قرار داده و آن را توسط نایلون مخصوص (نایلون استرچ) لفاف پیچ می‌کنند. در کارخانه‌های بزرگ پالت‌گذاری و لفاف پیچی توسط دستگاه تمام اتومات (پالتایزر) صورت می‌گیرد.

همچنین بسته بندی نهایی ممکن است در کارتن صورت پذیرد. در این صورت از دستگاه های مخصوص بخود استفاده می‌شود.

۴-۳- تصفیه آب

در کارخانه‌های تولید آب بطری شده، بسته به ترکیبات و آلودگی‌های موجود در آب، خطوط تصفیه آب طراحی و نصب می‌گردد. از آنجا که معمولاً کارخانه های آب معدنی از منابع بکر طبیعی مانند چشمه‌ها و یا چاه‌ها استفاده می‌کنند؛ آلودگی چندانی نداشته و با روش‌های فیزیکی و فیلتراسیون جهت مصرف شرب آماده می‌شوند. ولی به هر حال مراکزی نیز وجود دارند که به دلیل عدم دسترسی به منابع آب سالم مجبور به استفاده از روش‌های ترکیبی تصفیه آب می‌باشند.

بنا به تعاریف صورت گرفته و استانداردهای اروپا و بعضی از کشورهای پیشرفته که کمابیش در همه کشورها مورد پذیرش واقع شده است، آب‌های بطری شده به سه دسته، آب معدنی طبیعی، آب معدنی و آب آشامیدنی تقسیم بندی می‌شوند. بر اساس این تقسیم بندی سیستم تصفیه هرکدام از آب‌ها تعاریف و محدودیت‌های خاص خود را دارد.

۴-۳-۱- تصفیه آب معدنی طبیعی

بر اساس تعاریف آب معدنی طبیعی، آبی است که در سرچشمه عاری از هر نوع آلودگی بوده و بدون تصفیه بتوان آن را بطری کرد. معمولاً در این آب‌ها تنها از فیلترهای معمولی جهت گرفتن ذرات جامد معلق استفاده می‌شود.

۴-۳-۲- تصفیه آب معدنی

در کارخانه هایی که آب معدنی تولید می کنند تنها مجاز به تصفیه به روش‌های فیزیکی می‌باشند. بنابراین، این کارخانه‌ها معمولاً از منابعی استفاده می‌کنند که نیاز به تصفیه شیمیایی و یا روش‌های پیچیده تصفیه ندارند. در این کارخانه‌ها از ترکیب فیلترهای

شنی، زغال اکتیو، فیلترهای میکرونی و یا اولترا فیلترها به همراه فیلترهای میکرونی استفاده می‌شود. با توجه به این‌که طبق قوانین جاری بعضی از کشورها، ضدعفونی آب با پرتو فرابنفش (UV) مجاز می‌باشد، پس از عبور آب از فیلتر های یاد شده جهت اطمینان از سلامت آب و حذف کامل میکروارگانیسم‌ها، آب را از راکتورهای فرابنفش نیز عبور می‌دهند.

۴-۳-۳- تصفیه آب آشامیدنی

در آب آشامیدنی می‌توان از تمام روش‌های تصفیه آب، شیمیایی یا فیزیکی استفاده کرد. در استاندارد مربوط به آب‌های آشامیدنی تغییر ترکیبات آب نیز مجاز می‌باشد؛ بنابراین جهت ضدعفونی آب و از بین بردن میکروارگانیسم‌ها میتوان از مواد شیمیایی مانند کلر، هیدروکسید کلر، پرمنگنات، گاز ازن و سایر مواد مشابه استفاده کرد. در آب آشامیدنی از آنجا که تولیدکنندگان مجاز به تغییر ترکیبات می باشند؛ معمولاً اقدام به حذف بعضی ترکیبات مضر و یا افزودن مواد معدنی مفید به آب می‌کنند. به طور مثال در آب هایی که سختی آن زیاد است برای رسیدن به سختی بهینه که معمولاً حدود ۲۵۰ می‌باشد اقدام به حذف نمک‌ها در آب می‌کنند. در این آب ها ممکن است برحسب نیاز مصرف‌کنندگان، اقدام به اضافه کردن عناصری چون فلور، کلسیم، منیزیم در آب کنند.

در کارخانه‌های آب بطری شده که آب آشامیدنی تولید می‌کنند معمولاً با استفاده از فیلترهای شنی، کربن اکتیو، اولترا فیلترها نسبت به حذف ذرات معلق و میکروارگانیسم ها و برای ضدعفونی آب از لامپ های فرابنفش و یا گاز ازن استفاده می‌شود. در این کارخانه‌ها هرچند محدودیتی برای استفاده از مواد شیمیایی جهت ضدعفونی وجود ندارد؛ ولی به دلیل عوارض زیاد این مواد بر روی سلامتی مصرف‌کنندگان از آن‌ها استفاده نمی‌شود. در کارخانه‌هایی که منابع آب آن‌ها دارای سختی زیاد، لب شور، شور و یا دارای ترکیبات مضر و خطرناک مانند نیتریت و فلزات سنگین می‌باشد؛ از فیلترهای مخصوص حذف این مواد و یا سیستم اسمز معکوس استفاده می‌کنند. رایج ترین سیستم در این گونه کارخانه‌ها اسمز معکوس است. این سیستم می‌تواند تا حد آب مقطر، آب را تصفیه نمایند. البته معمولاً به دلیل لزوم وجود املاح معدنی در آب‌ها، هیچ گاه آب را تا حد مقطر رقیق نمی‌کنند. ولی در مواردی که نتوان عناصر مضر را حذف نمود؛ ابتدا اقدام به تولید آب خالص کرده و سپس مواد معدنی مورد نیاز را تا حد دلخواه به آب اضافه می‌کنند.

۴-۴- فرآیند تولید

آب‌های سطحی نسبت به آب های زیرزمینی آلوده هستند؛ زیرا در معرض آلودگی‌های محیط زیست قرار می گیرند. آب‌هایی که از سفره های زیرزمینی به دست می‌آید در قسمت‌های نازک زمین حاوی مواد معدنی می‌شوند.

اما نکته قابل توجهی که در این مورد قابل بحث است این است که، در آب موجود در چشمه‌هایی که نزدیک سطح زمین قرار دارند مقداری آلودگی باقی می‌ماند؛ به همین دلیل استخراج آب با لوله صورت می گیرد؛ که باعث می شود از ورود آلودگی جلوگیری شود.

مزایای برداشت آب به صورت لوله کشی:

- حفظ کیفیت اولیه و ذاتی سفره آب‌های زیرزمینی
- جلوگیری از ورود هر گونه آلاینده به جریان آب

این نحوه برداشت آب قواعدی دارد:

۱. دانش مهندسی

۲. تکنولوژی

۳. رعایت استانداردهای لازم منطبق با استاندارد های بین المللی و ملی

برای تحقق این عمل، حفر زمین به صورت عمودی به دو طریق **عمیق** و **نیمه عمیق** صورت می گیرد.

اگر بخواهیم مروری دقیق بر فرایند تولید آب آشامیدنی داشته باشیم، مراحل آن به صورت زیر است:

۱. آب ورودی از طریق لوله کشی از چاه منبع وارد کارخانه می‌شود.

۲. این آب ابتدا از فیلتر دیسکی که اولین مرحله تصفیه آب به شمار می رود؛ عبور کرده و بعد از جداسازی ناخالصی‌های معلق در آن در رنج های ۲۰۰-۲۰ میکرون؛

۳. وارد تانک‌های ذخیره آب خام می‌شود. اگر ناخالصی در آب وجود داشته باشد در تانک‌های ذخیره ته‌نشین می‌شود.

٤. بعد از آن آب از فیلتر سیلیس (شنی، جهت حذف ذرات معلق کوچک تر از ۴۰ میکرون) عبور داده می‌شود.

٥. وارد فیلتر کربن شده؛ که این فیلتر روشی مطمئن جهت حذف طعم، بو، رنگ نامطبوع ومواد شیمیایی می‌باشد. ضمن این‌که فیلتر کربن تاحدودی نیز می‌تواند ذرات معلق موجود در آب را حذف کند.

٦. بعد از گذشت آب از فیلتر سیلیس و کربن از فیلتر الیافی ۵ میکرونی جهت حذف میکروارگانیسم‌های احتمالی و ذرات معلق باقی مانده، عبور داده می‌شود.

۷. سپس آب وارد سیستم RO می‌شود. این سیستم جهت شیرین کردن آب و حذف موادشیمیایی مانند: آهن ونیترات در آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این سیستم بعد از حذف مواد شیمیایی دو خروجی آب، یکی با TDS:10-20ppm و دیگری با TDS بالاتر وجود دارد؛ که آب با TDS:10-20ppm با مقداری از املاح آب با TDS بالاترمخلوط شده و در نهایت آب با TDS:100-150ppm که برابر با استاندارد جهانی و استاندارد نسله است؛ خارج می‌شود.

۸. پس از آن آب وارد تانک های آب تصفیه می‌شود، درهنگام تولید آب از تانک ها خارج می‌شود.

۹. پس از آن، جهت ضدعفونی کردن آب با هدف حذف عوامل پاتوژن احتمالی در آب، از اُزُن استفاده می‌شود. ازن را آلوتروپی (دگرشکل) از اکسیژن می‌دانیم؛ که متشکل از سه اتم اکسیژن می‌باشد. ازن به دلیل ساختار ذاتی خود بسیار فعال و ناپایدار است، که به سرعت و خود به خود به اکسیژن تبدیل می‌شود و به صورت حباب‌هایی در بالای بطری ظاهر شده و با باز شدن درب مقداری از آن خارج شده و مابقی آن به صورت محلول در آب باقی می ماند و به اکسیژن رسانی هر چه بیشتر به اندام‌ها از طریق گردش خون کمک می‌کند. در حد فاصل‌سال های ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۸ که نظرات بسیاری پیرامون استفاده و یا عدم استفاده از ازن در پروسه تصفیه آب مطرح شد؛ نهایتا سازمان غذا و دارو آمریکا و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، تایید خود مبنی بر امکان استفاده از این ماده در تصفیه آب را اعلام نمودند. طی سال‌های

اخیر رشد استفاده از ازن در اروپا و آمریکا بیش از حد تصور بوده است؛ به گونه‌ای که تنها در فرانسه از سال ۱۹۹۰ به بعد، بیش از ۷۰۰ تصفیه‌خانه به سیستم تزریق گاز ازن مجهز شدند. امروزه ازن متداول ترین ماده ضد عفونی کننده در صنعت آب بسته بندی به شمار می‌آید؛ که جزو مواد نگهدارنده محسوب نمی‌شود. با استفاده از سیستم ضد عفونی تک مرحله‌ای با آن امکان ضد عفونی آب خام، تجهیزات تولید، بطری‌ها، هوای مورد نیاز، درب‌های بطری و ... برای تولیدکنندگان آب‌های بسته بندی فراهم می‌گردد؛ تا از این طریق، از راهیابی آلودگی‌های میکروبی به محصولات جلوگیری، و در نهایت امنیت مصرف کننده به بهترین نحو ممکن تضمین گردد. ضمن این‌که از ازن جهت حذف انواع بوی نامطبوع احتمالی نیز استفاده می‌شود.

۱۰. آب ازن‌دار شده از فیلتر ابسولوت (کاتریج ۰.۲ میکرون) می‌گذرد. این فیلتر نیز جهت شفاف سازی و حذف ذرات بسیارریز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۱. بعد از این مراحل آب اُزُنایز شد، وارد مخزن دستگاه پرکن می‌شود. (قبل از شروع تولید، دستگاه و تجهیزات آن با آب ازن‌دار ضدعفونی می شوند.)

۱۲. در این زمان بطری تولید شده با مجهزترین دستگاه بطری سازی پیوسته (continuous) وارد دستگاه پرکن شده، با آب ازن‌دار شسته می‌شود.

۱۳. سپس بطری از آب پر شده و درب‌بندی می شود.

۱۴. بطری پر شده از طریق کانوایر به دستگاه لیبل‌زن جهت برچسب زنی منتقل می‌شود.

۱۵. پس از آن تاریخ و سری ساخت بر روی بطری نوشته می‌شود.

۱۶. در آخرین مرحله جهت بسته بندی وارد دستگاه بسته بندی شده و از آنجا به انبار قرنطینه ارسال می‌شود. پس از انجام آزمایشات و در صورتی که نمونه به تایید آزمایشگاه برسد وارد انبار محصول می‌گردد. ضمن اینکه تمامی فیلترها براساس نیاز به صورت هفتگی و ماهیانه چک شده و عملیات شست وشو،ب ک واش کردن و تعویض فیلترها صورت می‌گیرد؛ و همچنین آب ورودی و آب بسته بندی شده نیز مورد تست آزمون‌های میکروبی قرار می‌گیرد تا از سلامت آن کاملا اطمینان حاصل شود.

مراحل یاد شده یک نمونه از سیستم‌های ممکن برای تولید آب بسته بندی می‌باشد و بدیهی است با توجه نوع منبع آب، نوع آب خروجی، نوع سیستم تصفیه، مسائل اقتصادی، مکانی و بسیاری عوامل دیگر ممکن است این مراحل و تجهیزات تغییر کنند.

۴-۵- اخذ مجوز

اساسا دریافت مجوز برای نصب و راه اندازی هر کارخانه آب بسته‌بندی در دو مرحله جداگانه شامل قبل از ساخت کارخانه و پیش از تولید و ارائه محصول به بازار الزامیست.

الف- قبل از ساخت کارخانه:

هر واحد تولیدی و صنعتی پیش از آغاز عملیات ساخت، ملزم به دریافت جواز تأسیس از وزارت صنعت، معدن و تجارت می‌باشد؛ که صدور جواز مذکور خود نیازمند دریافت مجوزهای مختلف از سازمان‌های متعدد و مرتبط با موضوع واحد صنعتی و محصولات تولیدی آن می‌باشد. در خصوص کارخانجات بسته‌بندی آب، سازمان‌هایی چون وزارت نیرو و ادارات تابعه آن همچون سازمان آب و یا دفاتر آب منطقه ای، محیط زیست، منابع طبیعی، وزارت راه و ترابری، و ... سازمان‌های هستند که می‌بایست برای اخذ مجوز آن‌ها اقدام نمود. پس از اخذ کلیه مجوزهای قانونی مذکور و ارائه به وزارت صنعت، معدن و تجارت، مراحل تشکیل پرونده تکمیل و نهایتا در صورت احراز سایر شرایط قانونی، مجوز تأسیس صادر می‌گردد.

ب- مجوزهای قبل از تولید و ارائه محصول به بازار:

تولید کنندگان پس از اتمام عملیات ساخت ابنیه و تجهیز کارخانه به ماشین آلات، تجهیزات و ادوات تولیدی، موظف به انجام تولید آزمایشی محصول در مقادیر محدود جهت انجام عملیات نمونه برداری توسط دو دستگاه نظارتی یعنی سازمان استاندارد و اداره نظارت بر مواد غذایی می‌باشند.

با توجه به این‌که محصولات صنعت بسته بندی آب مشمول استاندارد اجباری می‌باشند؛ لذا طبق ضوابط سازمان استاندارد، دریافت مجوز کاربرد علامت استاندارد جهت درج بر محصولات صنعت مذکور نیازمند حداقل ۲ تا ۳ نوبت انجام آزمون‌های اختصاصی، بر نمونه‌های برداشت شده از محصولات در زمان تولید آزمایشی می‌باشد؛ و تولیدکنندگان تا پیش از دریافت مجوز مذکور مجاز به ارائه و توزیع محصول به بازار نمی‌باشند.

از سوی دیگر آغاز عملیات تولید و توزیع محصول در بازار نیازمند دریافت پروانه ساخت از اداره نظارت بر مواد غذایی و آشامیدنی می‌باشد؛ که دریافت مجوز مذکور نیز پس از بازدید کارشناسان از واحد تولیدی و تطبیق شرایط آن با استانداردها و ضوابط آن اداره، و همچنین پس از تائید نتایج حاصل از آزمون‌های اختصاصی بر روی نمونه‌های برداشت شده از تولیدات آزمایشی امکانپذیر می‌باشد.

لازم بذکر است که آغاز عملیات تولید نیازمند دریافت پروانه بهره برداری از وزارت صنعت، معدن و تجارت نیز می‌باشد.

منابع و مآخذ

- رعیتی، محمود، آب‌های معدنی (آب‌های بطری شده)، کتاب الکترونیک (کتابراه)

- چالکش امیری، محمد، چاپ دهم ۱۳۹۲، اصول تصفیه آب، اصفهان، انتشارات ارکان دانش
- معیری، حسین، چاپ دوم ۱۳۹۱، روش‌های تصفیه آب و پساب صنعتی، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- نفری، محمدرضا، چاپ اول ۱۳۸۲، بررسی روش‌های ضدعفونی آب‌های آشامیدنی- بهداشتی- صنعتی، تهران، انتشارات سرسبز
- نفری، محمدرضا، چاپ اول ۱۳۸۲، تکنولوژی تصفیه آب‌های صنعتی به روش رزینی، تهران، انتشارات سرسبز
- مت هیگ، ترجمه بهمنیار، سنبل، چاپ سوم ۱۳۹۲، سلاطین نام‌های تجاری، تهران، انتشارات سیته
- آ.ر.هری، مترجم محتشمی تنکابنی، رضا، چاپ سوم ۱۳۸۹، شگفتی‌های آب درمانی، تهران، انتشارات نشر ثالث
- مرادیان، مریم، مقاله ۱۳۹۳، آلودگی آب آشامیدنی با نیترات، سایت تبیان
- فروهر، پیمان، سمینار آموزشی ۱۳۸۹، ازن و کاربرد آن در صنعت بسته بندی
- خیری، اقدس- شقاقی، غلامرضا، مقاله ۱۳۹۲، دستورالعمل اندازه‌گیری بو در آب، مرکز سلامت محیط کار- بهداشت آب و فاضلاب
- سازمان ملی استاندارد ایران، استاندارد ملی ایران شماره ۲۴۴۱، آب معدنی و ویژگی‌ها و روش‌های آزمون
- سازمان ملی استاندارد ایران، استاندارد ملی ایران شماره ۶۶۹۴، آب آشامیدنی بسته بندی شده- ویژگی‌ها

- Fate, Transport, and Toxicity of Nanoscale Zero-Valent Iron (nZVI) Used During Superfund Remediation In 2009 By EmilyKeane
- The U.S. Bottled Water Market Reached New Heights In 2013 By John G.Rodwan Ir.
- International Council of Bottled Water Associations (ICBWA)
- Bottled Water (Understanding a Social Phenomenon) In 2001 By Catherine Ferrier (Paper)
- Bottled Water (Pouring Resources Down the Drain) In 2010 By Emily Arnold (Paper)

- سایت انجمن آب‌های معدنی و آشامیدنی ایران، www.irbwa.ir
- ملکی، سمیه، ۱۴۰۲، طرح توجیهی کارخانه آب معدنی ۱۴۰۱، هزینه راه اندازی خط تولید آب معدنی کوچک، www.newbp.ir/karafarini/tarh-tojihi-1401/Mineral-water-factory
- فرآیند تولید آب آشامیدنی بسته بندی، www.chariwater.com/farayand