

مهندسی محیط زیست

فهرست مطالب

- ۱- کلیات، چالشها، ضرورتها و کاربردهای مهندسی محیط زیست
- ۲- آشنایی با مبانی اکولوژی و اجزای آن
- ۳- آشنایی با منابع آب و آلودگی های مربوط به آن
- ۴- آشنایی با ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب و فاضلاب و استانداردهای مربوطه
- ۵- آشنایی با فرایندهای تصفیه آب
- ۶- آشنایی با فرایند تصفیه فاضلاب (تصفیه اولیه، ثانویه و پیشرفته)
- ۷- آشنایی با مدیریت مواد زائد جامد و خطرناک
- ۸- آشنایی با آلودگی هوا و روشهای کنترل آن

مقدمه

محیط زیست ما دائماً در حال تغییر است و این موضوع بر هیچ کسی پوشیده نیست. بنابراین افزایش آگاهی عموم مردم از مسائل و مشکلات پیرامون محیط زیست بسیار ضروری است. گرم شدن کره زمین یکی از مهمترین مشکلات زیست محیطی در جهان امروز است و به طور یقین فعالیت های بشر یکی از مهمترین عوامل ایجاد آن می باشد. این تنها مشکل زیست محیطی نیست که موجب نگرانی است. در کل جهان، هر روز مردم با مشکلات زیست محیطی متنوعی مواجه می شوند که می تواند کره زمین را در مقابل بحران های فعلی و آتی آسیب پذیر نماید. بنابراین باید توجه ویژه ای به محیط زیست داشت.

طبق اصل ۵۰ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، حفاظت محیط زیست که نسل امروز و نسل های بعد باید در آن حیات رو به رشدی داشته باشند، وظیفه عمومی تلقی می گردد. از این رو هرگونه فعالیت اقتصادی و غیره که باعث آلودگی محیط زیست یا تخریب غیر قابل جبران آن شود ممنوع است.

مهندسی محیط زیست (Environmental Engineering)

شاخه ای از مهندسی است که سه هدف اصلی را دنبال می کند:

۱- حفظ محیط زیست از آثار زیانبار فعالیت های انسانی

۲- حفظ انسان از آثار نامطلوب عوامل زیست محیطی

۳- بهبود کیفیت محیط زیست برای تندرستی و بهزیستی انسان

ملاحظه می شود که تاثیر انسان بر محیط زیست یک تاثیر متقابل است. در هر صورت آثار مخرب ناشی از فعالیت

های کنترل نشده انسان بر محیط زیست به خود انسان بر می گردد.

اکولوژی (محیط شناسی) (Ecology)

اکولوژی یا محیط شناسی علمی است که به مطالعه روابط بین موجودات زنده با محیط اطرافشان می پردازد. به فردی که به مطالعه روابط موجودات زنده با هم و با محیط اطرافش می پردازد اکولوژیست یا محیط شناس گفته می شود.

اکوسیستم (نظام زیستی) (Ecosystem)

تعریف اکوسیستم:

وقتی مشاهده می کنیم مجموعه ای از موجودات زنده شامل گیاهان و جانداران در کنار هم و بر زمین مشترکی زندگی می کنند، این بدان معنی است که آن محیط به نیازهای آن موجودات زنده برای ادامه زندگی و بقا پاسخ می دهد. موجودات زنده و محیط اطراف آنها به گونه تفکیک ناپذیری با یکدیگر ارتباط دارند و بر هم تاثیر می گذارند.

اکوسیستم یا نظام زیستی عبارت است از محیطی که از یک بخش زنده یعنی گیاهان و جانوران و یک بخش غیر زنده یعنی فضا و عناصر فیزیکی و شیمیایی تشکیل شده باشد. به عبارت دیگر، ناحیه ای از طبیعت که منطقه عمل مشترک موجودات زنده و مواد غیر زنده می باشد و در آن ناحیه بخش زنده محیط (گیاهان و جانوران) با بخش غیر زنده آن با هم به مبادله مواد و انرژی می پردازند، اکوسیستم یا نظام زیستی نامیده می شود.

در مطالعه اکوسیستم ها باید به این نکته توجه کرد که هر مجموعه ای که شامل اجزاء زنده و غیر زنده باشد و در آن جریان انرژی و گردش مواد صورت بگیرد این مجموعه را بدون توجه به اندازه آن باید یک اکوسیستم محسوب کرد. مثلا کنده ای از یک درخت که به زمین افتاده و مجموعه ای از جانوران ریز را در خود پناه داده یا جامعه کوچکی مانند آنچه در یک برکه وجود دارد را میتوان یک اکوسیستم محسوب کرد و از طرف دیگر کره زمین را یک اکوسیستم بسیار وسیع به حساب آورد.

انواع اکوسیستم:

اکوسیستم ها بطور کلی به ۲ بخش تقسیم می شوند:

اکوسیستم آبی که شامل اقیانوس ها، دریاچه ها، رودخانه ها، برکه ها، تالابها، و ... می باشد.

اکوسیستم خشکی که شامل جنگل ها، کویرها، مراتع، بیابانها و ... می باشد.

ساختمان یک اکوسیستم:

هر اکوسیستم دارای ۲ بخش زنده و غیر زنده می باشد.

گیاهان و جانوران بخش زنده اکوسیستم می باشند بخش غیر زنده اکوسیستم شامل فضایی است که گیاهان و جانوران در آن قرار ندارند و عوامل فیزیکی و شیمیایی که در آن وجود دارد. به عوامل نظیر درجه حرارت نور، رطوبت، بارندگی، و ... عوامل فیزیکی گفته می شود. عوامل شیمیایی اکوسیستم خود به ۲ بخش تقسیم می گردد.

الف : مواد آلی: شامل ویتامینها، پروتئین ها، چربی ها و ... می باشد.

ب: مواد غیر آلی مه شامل : آب، اکسیژن، کربن، نیتروژن و ... می باشد.

محیط زیست: (The Environment)

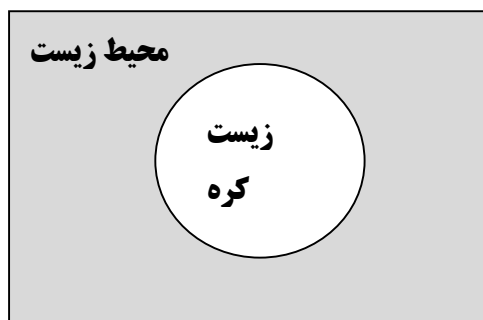
مجموع کل پیرامون انسان شامل اتمسفر (هوا کره)، هیدروسفر (آب کره)، لیتوسفر (خاک کره) و موجودات زنده را محیط

زیست می گویند.

بیوسفر یا زیست کره (Biosphere)

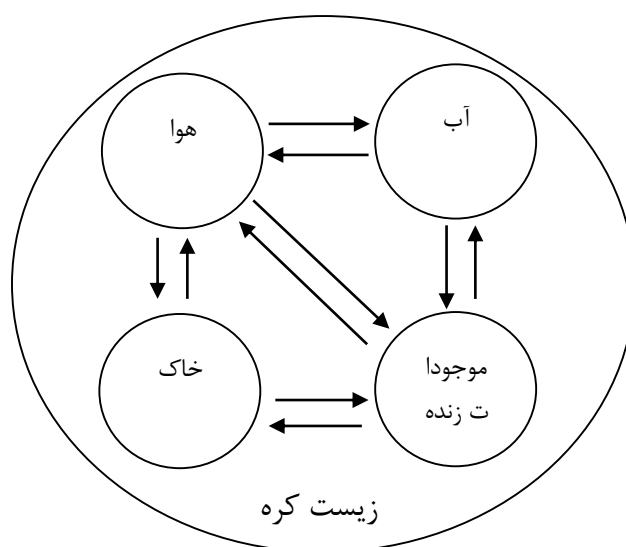
بخشی از محیط زیست است که حیات در آن وجود دارد شامل:

هیدروسفر (اقیانوس ها، دریاها و دریاچه ها)، بخش پایینی اتمسفر (هوا)، لایه بالایی لیتوسفر (خاک) و موجودات زنده



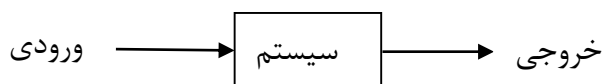
شکل ۱- زیست کره به عنوان بخشی از محیط زیست

حیات انسان کاملاً به محیط زیست وابسته است و حفظ آن از آلاینده‌ها ضروری است. زیرا آلودگی محیط زیست می‌تواند به سلامت انسان لطمات جبران ناپذیری وارد نماید. مواد شیمیایی و عناصر مختلف موجود در زیست کره از یک منبع به منبع دیگر قابل انتقال است. این انتقال را چرخه بیوژئوشیمی (چرخه زیست-زمین-شیمی) می‌نامند. مهمترین چرخه‌های موجود در زیست کره عبارتند از: چرخه آب، چرخه کربن، چرخه نیتروژن و چرخه فسفر.



شکل ۲- مولفه‌های مختلف زیست کره

هر چرخه ای معمولا متشکل از یک سری اجزا و مسیرهاست. برای هر جزئی از چرخه می توان یک ورودی و یک خروجی تعریف نمود. به عبارت دیگر می توان یک سیستمی تعریف نمود که شامل یک سری ورودی های به سیستم و یک سری خروجی های از سیستم است.

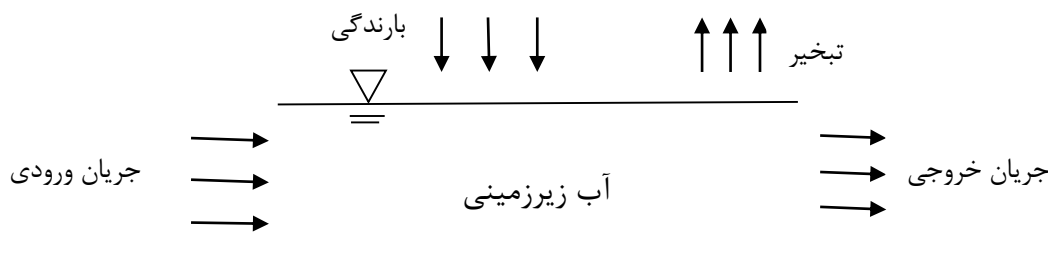


ورودی ها و خروجی های سیستم می تواند انتقال آلاینده، حرارت، جریان آب و یا هر چیز دیگری باشد. معادله حاکم بر تغییرات هر ماده ای در سیستم بر اساس اصل موازنه جرم به شرح زیر می باشد:

$$I - O = \Delta S$$

I مجموع کل ورودی های به سیستم، O مجموع کل خروجی های از سیستم و ΔS تغییرات ماده مورد نظر در سیستم می باشد.

به عنوان مثال آب زیرزمینی جزئی از چرخه هیدرولوژیکی است. ورودی ها و خروجی های آن می تواند مطابق شکل زیر باشد:



شکل ۳- آب زیرزمینی به عنوان یک سیستم

- اگر ورودی های به سیستم = خروجی های از سیستم ← سیستم پایدار

در غیاب فعالیت های بشر، هر سیستمی تمایل به حالت پایدار دارد.

- اگر ورودی های به سیستم > خروجی های از سیستم، کاهش در سیستم داریم. به عنوان مثال کم شدن حجم آبهای زیرزمینی در اثر برداشت های بی رویه

- اگر ورودی های به سیستم < خروجی های از سیستم، افزایش در سیستم داریم. به عنوان مثال افزایش آلودگی در آبهای سطحی. نرخ تولید آلودگی بیشتر از نرخ طبیعی حذف آن از سیستم است.

سیستم های طبیعی هم در اثر فعالیت های انسانی و هم به صورت طبیعی دینامیک می باشند، یعنی با گذشت زمان تغییر می کنند. جدی ترین مشکلات ایجاد شده در محیط زیست عبارتند از: گرم شدن کره زمین، باران های اسیدی، نازک شدن لایه ازن، تجمع ضایعات سمی و کاهش منابع آب شیرین.

مهمترین چرخه های بیوژئوشیمیایی:

۱- چرخه آب:

تبادل آب در زیست کره نشان می دهد. بدین ترتیب که آب از سطح دریاها و خشکی ها تبخیر شده وارد اتمسفر می گردد و سپس دوباره بخار آب وارد شده به جو طی فرایندهای گوناگونی بصورت نزولات جوی به سطح زمین یا روی دریاها فرود می آید. عناصر مهم این چرخه عبارتند از:

۱- بارش (Precipitation): کلیه نزولات که بصورت برف، باران، تگرگ و ... به زمین فرود می آید.

۲- تبخیر (Evaporation): پدیده ای است که در هرگونه سطح مرطوب مانند سطح آزاد آب با سطح مرطوب خاک صورت می گیرد و طی آن آب به بخار تبدیل می شود و به جو باز می گردد.

۳- تعرق (Transpiration): بخشی از آب که توسط ریشه گیاهان جذب و داخل گیاه شده و سپس از طریق روزنه های گیاه خارج و وارد جو می شود. این پدیده بخشی از فتوسنتز است.

۴- تبخیر و تعرق (Evapotranspiration): چون در حوضه های آبریز نمی توان دو پدیده تبخیر و تعرق را از هم تفکیک کرد جمع آنها را بعنو ان تبخیر و تعرق توصیف و برآورد می کنند.

۵- نفوذ (Infiltration): ورود آب به داخل زمین و خاک را گویند. مقدار نفوذ از یک نقطه به نقطه دیگر تفاوت داشته و بستگی به ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک و زمین دارد مثلا سنگفرش، جنگل، مرتع و یا خاک لخت و پوشش های غیر قابل نفوذ دیگر.

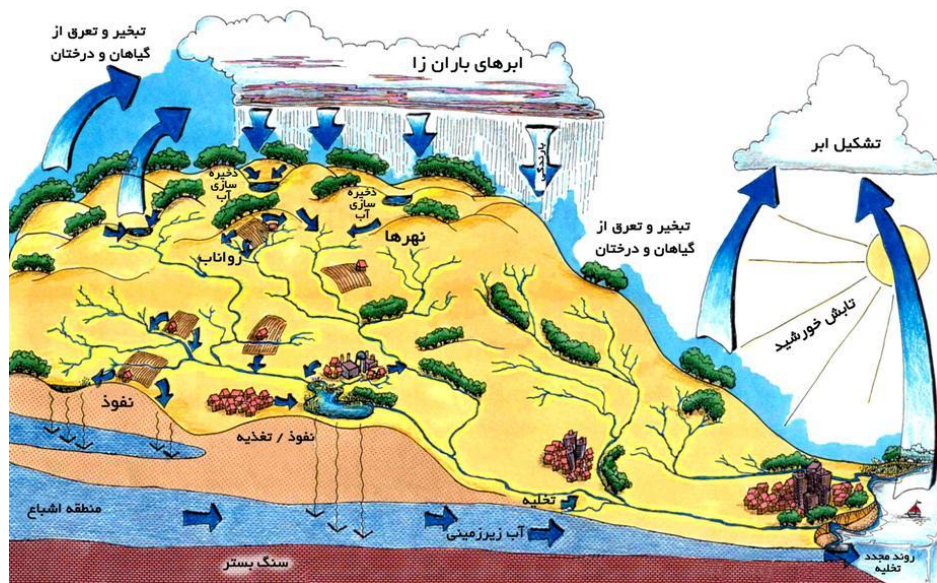
۶- نفوذ عمقی (Percolation): نقش اساسی را در تغذیه آبهای زیرزمینی دارد. عامل محرک در نفوذ و تغذیه آبهای زیرزمینی نیروی ثقل (گرانش) و عامل بازدارنده آن مقاومت خاک در مقابل جریان آب است. نفوذ سطحی فرآیند وارد شدن آب از هوا به داخل خاک است ولی نفوذ عمقی فرآیند جابجایی آب در داخل خاک است.

۷- رواناب و جریان سطحی (Runoff): بخشی از نزولات جوی که روی زمین جریان پیدا میکند و به منابع آبهای سطحی مانند رودخانه ها، دریاچه ها، تالابها و دریاها می پیوندند. رواناب وقتی اتفاق می افتد که مقدار نزولات جوی (بارش) بیش از ظرفیت نفوذ آب در خاک و نگهداشت آب در گودالها و پستی و بلندی سطح زمین باشد.

۸- جریان زیر سطحی (Subsurface flow): آبی که داخل خاک نفوذ میکند ممکن است در مسیر خود به لایه های غیر قابل نفوذ یا موانعی برخورد کند و امکان عبور پیدا نکند، حرکتی بصورت جانبی و در امتداد شیب پیدا خواهد کرد و سرانجام به رودخانه ها، دریاچه ها و یا دریا راه پیدا میکند.

۹- آب زیرزمینی (Groundwater): آبی که بصورت عمقی نفوذ می کند سرانجام در لایه های اشباع زیر زمین تجمع پیدا می کند و سفره های آب زیرزمینی را تشکیل می دهد.

شکل شماتیک چرخه آب در زیر آمده است.



شکل ۴- چرخه آب

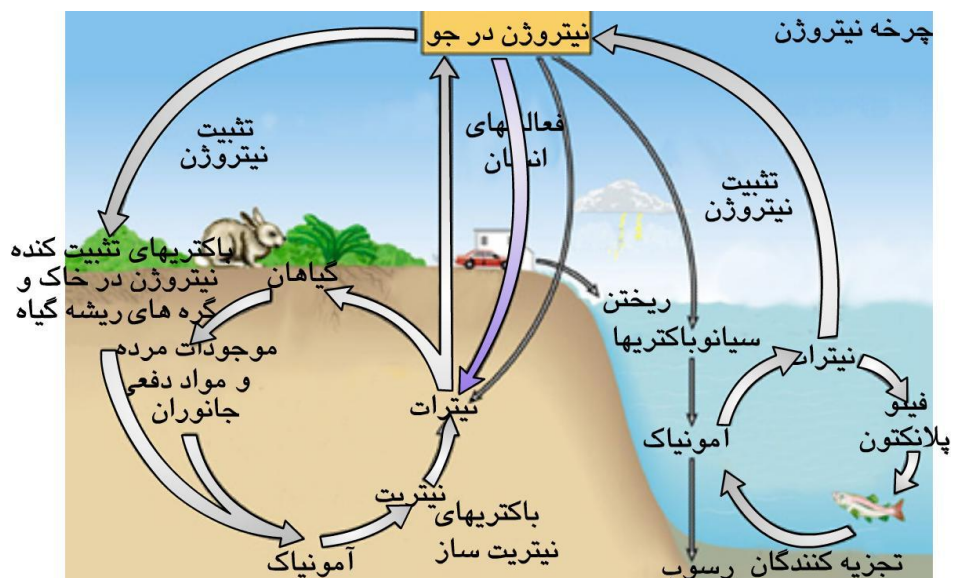
۲- چرخه کربن:

این چرخه تبادل کربن بین جانداران و محیط را نشان می دهد. دی اکسید کربن توسط گیاهان مصرف شده و مطابق واکنش زیر تبدیل به قند که یک ماده آلی است می شود:



ماده آلی تولید شده در گیاه باقی مانده و یا توسط جاندار دیگری به عنوان غذا مصرف می شود. تجزیه گیاه منجر به تولید ذغال سنگ شده که یعنی تولید مجدد دی اکسید کربن. تنفس جانداران نیز تولید مجدد دی اکسید کربن می کند. مطابق با واکنش زیر:





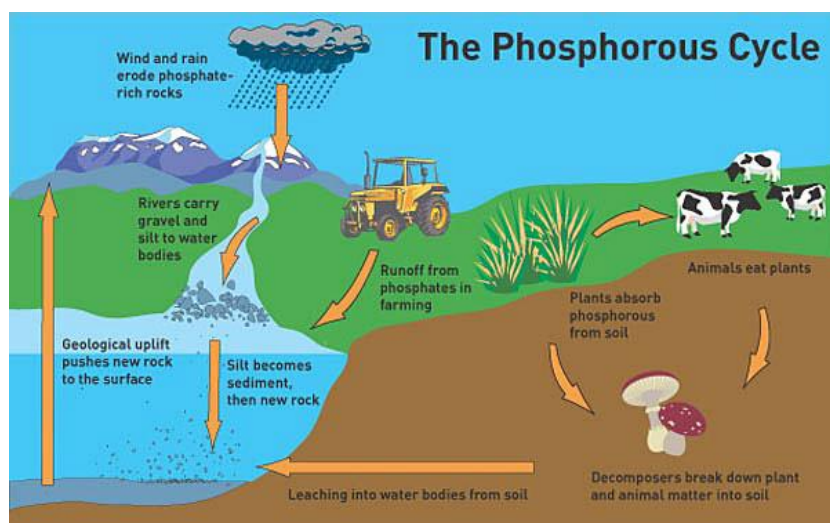
شکل ۶- چرخه نیتروژن

۴- چرخه فسفر:

این چرخه تبادل فسفر را بین جانداران و محیط نشان می دهد. فسفر به کندی از مواد ته نشین شده در زمین و رسوبات به زندگی ارگانیزمها حرکت می کند و همچنین بسیار کندتر به خاک و رسوبات آبی بر می گردد. فسفر بصورت طبیعی در طبیعت به شکل PO_4^{-3} که ارتوفسفات نامیده می شود، یافت می شود. اغلب فسفاتها بصورت نمکها در رسوبات ته اقیانوسها و یا در سنگها وجود دارند. در طول زمان فرآیندهای زمین شناسی رسوبات اقیانوسها را به زمین خشکی انتقال داده و همچنین هوازدگی و اثرات جوی یونهای زمینی را به اقیانوس منتقل می کنند. گیاهان فسفاتها را از خاک جذب کرده و آنها را در زنجیره غذایی قرار می دهند. بعد از مرگ، گیاهان و یا حیوانات تجزیه شده و مجدداً فسفاتها به خاک بر می گردند. رواناب ممکن است آنها را به اقیانوس منتقل کرده و یا اینکه در اثر ته نشینی و رسوب مجدداً به سنگهای فسفات تبدیل شوند.

فسفات اثرات زیادی بر موجودات زنده دارد. اثر فسفات نتیجه انتشار وسیع آن در محیط زیست به دلیل معدنکاری و کشت و زرع می باشد. در هنگام تصفیه آب معمولاً فسفات از بین نمی رود، بنابراین فسفات می تواند در مسافت زیادی از طریق آبهای سطحی انتشار پیدا کند. با توجه به مقدار اضافه فسفر در طبیعت که به دلیل فعالیتهای انسانی اتفاق افتاده است و به دلیل افزایش غلظت فسفر، در چرخه فسفر اختلالاتی پدید آمده است. با افزایش غلظت فسفر در آبهای سطحی، تعداد

ارگانیسم‌های وابسته به فسفات افزایش می‌یابد. این ارگانیسم‌ها عبارت هستند از جلبک و خزه. این ارگانیسم‌ها مقدار زیادی از اکسیژن محیط را مصرف می‌کنند و از وارد شدن نور خورشید به آب جلوگیری می‌کنند. این مسئله باعث می‌شود که سایر موجودات زنده نتوانند در آب زندگی کنند. به این پدیده مغذی سازی گفته می‌شود.



شکل ۷- چرخه فسفر

تاثیر انسان بر چرخه های بیوژئوشیمی در جدول زیر نشان داده شده است:

تاثیر زیست محیطی	عامل انسانی	چرخه
گرم شدن کره زمین	قطع درختان، سوخت های فسیلی	کربن
باران های اسیدی و پدیده مغذی سازی	کودهای شیمیایی و سوخت های فسیلی	نیتروژن
پدیده مغذی سازی	مودهای شیمیایی و مواد شوینده	فسفر

تاثیر فعالیت های انسان بر سیکل بیوژئوشیمی از طریق مقایسه میزان سهم انسان در افزایش آلاینده ها با نرخ طبیعی تولید آلاینده ها مطابق جدول زیر قابل بررسی است:

% تولید		نوع آلاینده
فعالیت انسان	طبیعی	
۵۰	۵۰	نیتروژن
۵	۹۵	کربن
۱۶	۸۴	هیدروکربن
۷۵	۲۵	آرسنیک
۹۰	۱۰	کادمیم
۹۶	۴	جیوه

آلودگی محیط زیست



آلودگی آب:

آب، تصفیه آن و جلوگیری از آلودگی و به هدر رفتن آن از مسائل بسیار مهم به حساب می‌آید. عدم رعایت موازین زیست محیطی توسط انسان، از جمله تخلیه فاضلاب های صنعتی به رودخانه ها، استفاده بی رویه و غیر منطقی از سموم مختلف و آفت کش ها در کشاورزی، توسعه شهر نشینی و مهاجرت های غیر اصولی، عدم آموزش درست و کافی شهروندان و غیره موجب شده است تا منابع آبی در معرض آلودگی های بیشتری قرار گیرند و هر روزه با پیشرفت روز افزون آن مواجه هستیم.

به طور کلی آلودگی یعنی اضافه شدن یک ماده توسط فعالیت های انسان به محیط زیست که باعث صدمه زدن به سلامت انسان یا آسیب رسیدن به اکوسیستم طبیعی می شود. آلودگی بر اساس مقیاس جغرافیایی می تواند محلی (local) ، منطقه ای (regional) و یا جهانی (global) باشد. آلودگی محلی مثل آلوده شدن یک رودخانه یا آلودگی هوای یک

شهر. آلودگی منطقه ای مثل آلوده شدن بخشی از یک کشور و یا یک قاره. به عنوان مثال آلودگی هوا در اثر ریزگردها در اکثر استانهای ایران آلودگی منطقه ای محسوب می شود. آلودگی جهانی مثل گرم شدن کره زمین در اثر تغییرات در چرخه کربن. معمولا مرز مشخصی بین تقسیم بندی آلاینده های مختلف وجود ندارد. مثلا گرد و غبار می تواند در یک زمان محلی باشد و در زمان دیگر منطقه ای.

استانداردهای زیست محیطی:

تعیین میزان غلظت یک ماده شیمیایی که می تواند سلامت انسان را به خطر بیندازد به عوامل مختلفی بستگی دارد. حداکثر مقدار یک ماده که برای سلامت انسان خطر نداشته باشد را استاندارد می نامند. تعیین میزان استاندارد هر ماده فرایند بسیار پیچیده و سختی است و بسیاری از استانداردها با انجام تحقیقات بیشتر و جدیدتر و به دست آوردن تکنولوژی های بهتر برای کنترل آن تغییر می کنند. بسیاری از کشورها استانداردهایی را برای آلودگی های آب، خاک، هوا و ... وضع می کنند که لازم الاجرا می باشند.



به طور کلی دو نوع استاندارد وجود دارد:

استانداردهای کیفی Quality Standard:

استانداردهای کیفی به غلظت آلاینده در محیط زیست اشاره دارد. به عنوان مثال استاندارد کیفی هوا غلظت مجاز آلاینده ها را در اتمسفر مشخص می کنند و به منظور تامین سلامت انسان باید به آن توجه داشت.
مثل:

استاندارد کیفیت آب آشامیدنی نشریه شماره ۳-۱۱۶ سازمان برنامه و بودجه

استاندارد کیفیت آب آشامیدنی شماره ۱۰۵۳ سازمان حفاظت محیط زیست

استاندارد کیفیت آب برای مصارف مختلف سازمان بهداشت جهانی WHO

استاندارد کیفیت آب برای مصارف مختلف آژانس حفاظت محیط زیست EPA

استانداردهای انتشار آلاینده Emission Standard :

حداکثر مقدار آلاینده ای که توسط منبع آلاینده می تواند به محیط زیست تخلیه شود را مشخص می کند. به عنوان مثال در فاضلاب صنایع، استاندارد انتشار حداکثر مقدار مجاز آلاینده هایی که می تواند به آنها وارد شود را مشخص می کند. و یا در مورد آلودگی هوا، منابع آلودگی از قبیل کارخانجات ، آگزوز خودروها و غیره تا چه حدی می توانند آلوده کننده باشند.
مثل:

- استاندارد نشر اروپا که حداکثر مقدار مجاز آلودگی های خارج شده از آگزوز اتومبیل ها را تعیین می کند. شامل انتشار اکسیدهای نیتروژن (NOx) ، هیدروکربن ها (THC) ، هیدروکربن های بدون متان (NMHC) ، مونوکسید کربن (CO) و ذرات معلق (PM)

- استاندارد نشر آمریکا که توسط آژانس حفاظت محیط زیست برای تعیین حد مجاز نشر آلودگی توسط اتومبیل ها می باشد.
- استاندارد خروجی فاضلاب به محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست

استانداردها به صورت قانونی لازم الاجرا می باشند و متخلفان می توانند تحت پیگرد قانونی قرار بگیرند.

ضوابط و استانداردها باید پویا باشند، زیرا با گذشت زمان، دو اتفاق بوقوع می پیوندد، یکی اینکه نتایج تحقیقات و پژوهشهای علمی داخل و خارج کشور، استانداردهای جدیدی را تعریف می کنند که شامل حدود جدید یا مواد جدید می باشند، دوم اینکه انجام پایش های زیست محیطی، نتایج حاصل از اجرای ضوابط و استانداردهای مورد عمل را در مکان مورد نظر ارزیابی نموده و باز خور آن ممکن است تغییر آنها را الزامی نماید.

لذا می توان گفت:

استانداردها به دلایل زیر باید پویا باشند (با گذشت زمان تغییر کنند):

۱- تعریف استانداردهای جدید (حدود یا مواد جدید) با پیشرفت علم و انجام تحقیقات بیشتر

۲- پایش های زیست محیطی و ارزیابی نتایج حاصل از اجرای استاندارد و بازخورد آن

تعریف آلودگی آب:



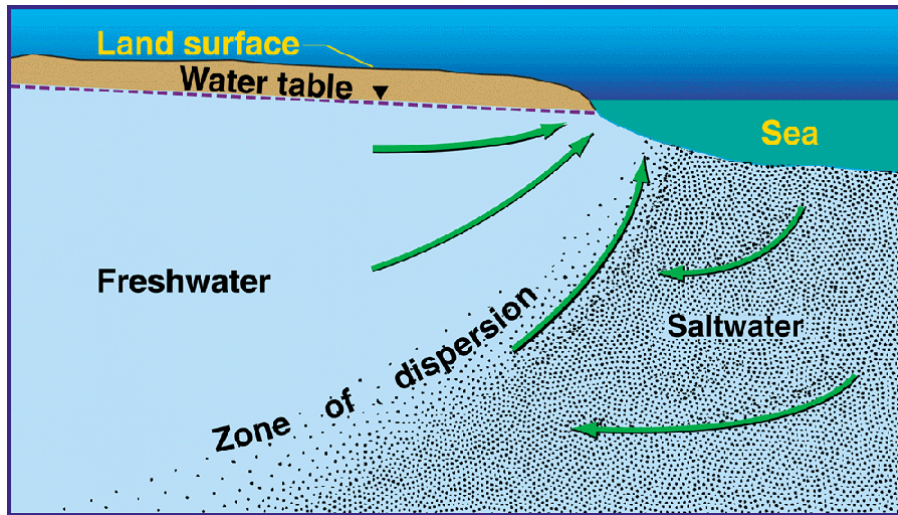
هر تغییر فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی در کیفیت آب که زندگی موجودات زنده را تحت تاثیر قرار دهد یا آب را برای کاربری مورد نظر نامناسب کند به عنوان آلودگی آب تلقی می شود. منشا آلودگی آب می تواند طبیعی باشد مثل فرسایش رسوبات، فعالیت های آتشفشانی، نفوذ نفت و گاز به آب و ... و یا ناشی از فعالیت انسان باشد. هدف از این فصل بررسی آلودگی های با منشا انسانی می باشد. منبع آلوده کننده آب می تواند به صورت نقطه ای باشد مثل کارخانه ها، نیروگاههای

برق، تصفیه خانه های فاضلاب، معادل ذغال سنگ، چاههای نفت و غیره. این نوع منابع آلوده کننده آب، آلودگی را از نقاط مشخصی مثل لوله خروجی فاضلاب و یا کانال های انتقال به آب منتقل می کنند و با توجه به مشخص بودن محل ورود آلودگی به آب، این نوع آلاینده ها قابل شناسایی و ردگیری می باشند و مقدار غلظت آلاینده در آنها دستخوش تغییرات زیاد نیست. این نوع آلودگی ها باید قبل از ورود به محیط زیست تصفیه شوند و مقادیر آلاینده ها به حد مجاز بیان شده در استانداردهای انتشار کاهش داده شود.

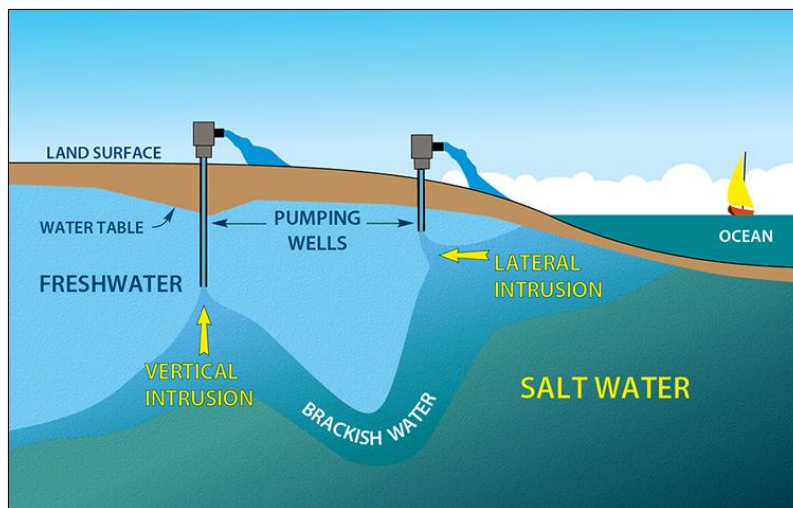


آلودگی نقطه ای ناشی از خروج فاضلاب از لوله فاضلاب

نقطه مقابل آلودگی های نقطه ای، آلودگی های غیرنقطه ای است که منبع آلوده کننده آب در یک نقطه مشخص قرار ندارد و لذا کنترل و پایش این نوع آلودگی مشکل است. به عنوان مثال زهکشی زمین های کشاورزی و باغها، زهکشی سطح خیابانها و پارکینگ ها پس از بارندگی و ورود نفت، گاز، سرب به آب، و نفوذ آب شور دریاها به آبهای شیرین نمونه ای از منابع غیرنقطه ای آلودگی آب می باشند. در این نوع آلودگی، برخلاف آلودگی های نقطه ای، به دلیل اینکه مقدار و موقعیت ورود آلودگی به آب مشخص نمی باشد، کنترل، تنظیم و اندازه گیری آنها بسیار مشکل می باشد. گاهی مواقع آلودگی ها توسط باد و یا آب هزاران کیلومتر جابجا شده و باعث ایجاد آلودگی در سایر نقاط نیز می شود. بنابراین آلودگی آب را نباید به صورت محلی تصور نمود و اثرات زیست محیطی آن گاهی مواقع در مقیاس جهانی قابل بررسی و ارزیابی است.



نفوذ آب شور در آبخوان های ساحلی



نفوذ آب شور و ورود آن به چاهها

انواع و اثرات آلاینده های آب:

مهمترین منابع آلوده کننده های آب بشرح ذیل می باشند:

۱- زباله های متقاضی اکسیژن

۲- عوامل بیماری زا

۳- مواد مغذی

۴- ترکیبات آلی مصنوعی

۵- نفت

۶- مواد شیمیائی معدنی و کانی ها

۷- رسوبات

۸- مواد رادیو اکتیویته

۹- گرما

۱۰- پسماندهای جامد

۱- زباله های متقاضی اکسیژن (اکسیژن خواه) یا مواد آلی طبیعی

اکسیژن حل شده در آب مورد نیاز هر گیاه و جانوری است که در آن زندگی می کند. اکسیژن محلول را با DO نمایش میدهند که برای یک ماهی باید حداقل ۵ ppm یا ۵ میلی گرم بر لیتر باشد آب سرد دارای DO بیشتری است. مقدار اکسیژن محلول در آب با درجه حرارت آب و ارتفاع از محل تغییر می کند. در سطح دریا در ۲۰ درجه سانتی گراد ۹/۱ گرم بر لیتر است. در یک درجه حرارت ثابت هرچه ارتفاع بیشتر می شود DO کمتر می شود. زمانی که زباله های آلی خصوصاً فاضلاب خانگی و حیوانی، زباله های صنعتی ناشی از فعالیتهای کارخانجات کاغذ سازی، چرم سازی، فاضلاب کشتارگاهها و گیاهان و ... به آب می ریزد باکتریهای هوازی با استفاده از اکسیژن موجود در آب می توانند ترکیبات آلی

پیچیده را به اجزاء ساده و عموماً بی خطر تری مثل CO_2 یونهای NO_3^- و SO_4^{2-} تبدیل کند. این واکنش تعداد اکسیژن محلول در آب را کاهش می دهد. در صورتی که اکسیژن محلول در آب خیلی پایین باشد با کتریهای بی هوازی فرآیند تجزیه مولکول های آلی بزرگ را به مواد ساده نسبتاً مضرى مثل CH_4 ، NH_3 ، H_2S در آب بعهده می گیرند. این مواد باعث ایجاد بوی بد در آب می شوند. میزان اکسیژن مصرف شده در فرآیند تجزیه نشان دهنده میزان آلودگی آب به ترکیبات آلی است پس با تعیین اکسیژن محلول در آب می توان آلودگی آنها را کنترل کرد.

۲- عوامل بیماری زا

آب عامل انتقال بسیاری از ویروسها و باکتریهای بیماری زا است که اکثراً باعث عفونت در ناحیه روده می شوند. تیفوئید ، اسهال خونی و وبا از آن جمله اند. فلج اطفال و یرقان نیز با آبهای آلوده منتقل می شوند. بطور کلی می توان بیماری هایی که آب در انتقال آنها دخالت دارد به این شرح تقسیم بندی کرد:

۲-۱- بیماریهایی که املاح محلول در آب آشامیدنی علت اصلی آن را تشکیل می دهند:

۲-۱-۱- گواتر:

اگر مقدار ید کمتر از ۱ میلی گرم در لیتر باشد و یا زمانی که نیاز به عنصر ید (۱۰۰ میکرو گرم در روز) از طریق غذا و آب تأمین نشود ، بیماری گواتر حادث می شود.

۲-۱-۲- پوسیدگی دندان:

چنانچه میزان فلوئور موجود در آب آشامیدنی کمتر از نیم میلی گرم در لیتر باشد موارد پوسیدگی دندان بطور قابل ملاحظه ای بالا خواهد بود . چون فلوئور از راه خون به دندان می رسد ، مانع پوسیدگی آنها خواهد شد و علت آن دو چیز است: فلوئور از فعالیت آنزیم هایی که مینای دندان را فاسد می کند جلوگیری می کند. فلوئور باعث سخت شدن و مقاوم تر شدن دندانها در مقابل اسیدها می شود و در اثر آن دندان در برابر اسید های موجود در دهان مقاومت می شود .

۲-۱-۳- فلئوروزیس دندان:

چنانچه میزان فلئور در آب مشروب بیش از ۲ تا ۳ میلی گرم در لیتر باشد در دوره کلسیم سازی دندان یعنی در سنین صفر تا ۱۲ سالگی باعث پیدایش دانه ها و لکه های متعدد در مینای دندان می گردد.

۲-۱-۴- آرژیریا:

وجود بیش از ۲ میلی گرم نقره در هر لیتر آب و ورود دائمی نقره بوسیله آب آشامیدنی به بدن باعث بروز بیماری آرژیریا می گردد. این مسمومیت همراه با کبودی پوست و تغییر رنگ پلکهای چشم بوده و بالاخره شخص مسموم در اثر عوارض جانبی خواهد مرد.

۲-۱-۵- بیماری مت همو گلوبینمیا (سندروم بچه آبی):

مصرف آب هایی که بیش از ۵۰ میلی گرم در لیتر یون نیترات دارد مخصوصاً در اطفال باعث بروز بیماری مت همو گلوبینمیا می گردد که ناشی از ترکیب این یون با هموگلوبین خون و پیدایش مت همو گلوبین می شود. این ماده مانع از رسیدن اکسیژن به نسوج شده و در نتیجه خفگی های موضعی و نهایتاً مرگ پدیدار خواهد شد. از طرفی بعلت کمبود خاصیت اسیدی معده اطفال (معمولاً pH معده اطفال بیش از ۴/۹ است) باکتری های تبدیل کننده نیترات به نیتريت فعالیت شدیدی داشته و این نیتريت ها با همو گلوبین تشکیل مت همو گلوبین را داده که باعث مرگ می شود.

۲-۱-۶- بیماری قلب و عروق و بیماری مغز و عروق:

چنانچه سختی آب (سولفات، کربنات، بی کربنات و کلرور کلسیم و منیزیم) کمتر از ۱۵۰-۱۰۰ میلی گرم در لیتر باشد بیماریهای قلبی و عروقی و بیماری های مغزی و عروقی را ایجاد می کند.

۲-۱-۷- مسمومیت سربی:

وجود سرب در آب مجاز شناخته نشده است و در بدن مسمومیت ایجاد می کند. سرب ممکن است همراه فاضلاب صنعتی و یا از انحلال لوله های سربی که سابقاً در لوله کشی مورد استفاده قرار می گرفت وارد آب شود. سرب در بدن ممکن است داخل ترکیب استخوان و جایگزین کلسیم شود. وجود سرب در آب سبب تجمع آن در بدن شده و ایجاد مسمومیت می کند. کم اشتهایی، کم خونی، دردشکمی و عضلانی و فلج تدریجی بدن، خط آبی در محل اتصال دندان ها به لثه از علائم مسمومیت با سرب است که نهایتاً منجر به مرگ می شود.

۲-۱-۸- بیماری میناماتا:

در سال های ۱۹۶۰-۱۹۵۳ میلادی مواردی از یک بیماری خطرناک در بین مردمی که غذای عمده خود را از خلیج میناماتا در جنوب غربی ژاپن تامین می کردند، جلب نظر کرد و در سال ۱۹۵۶ اولین مورد بیماری نا معلومی مربوط به دستگاه اعصاب مرکزی در انسان گزارش شد و پس از آن تعداد مبتلایان بالا رفتند. نتیجه مطالعات و تحقیقات دانشمندان این بود جیوه موجود در آب خلیج در بدن ماهی ها تجمع یافته و مردم در اثر خوردن ماهی دچار مسمومیت شده اند.

۲-۱-۹- آرسنیک:

از عناصری که در بدن تجمع کرده و سرطان زا به شمار می آید. آرسنیک از طریق فاضلاب های صنعتی داخل آبها شده و در بعضی سموم کشاورزی نیز وجود دارد. اگر شرایط مصرف این سموم کاملاً رعایت نشود ممکن است حتی این عنصر علاوه بر ورود به آب ها از طریق شستشوی زمین های زراعی، علوفه حیوانات را نیز آلوده ساخته و مصرف این علوفه باعث مسمومیت چهارپایان شود. اثر سرطان زایی احتمالی آرسنیک در صورتی که غلظت آن بیش از ۰/۲ میلی گرم در لیتر باشد بروز می نماید.

معمولاً محیط های آبی اولین دریافت کننده های فلزات سنگین می باشند. فلزات سنگین مثل آرسنیک ابتدا توسط فیتوپلانکتون، باکتری ها، قارچها و ارگانیزم های کوچک دیگر جذب می شوند. سپس به ترتیب، توسط موجودات بزرگتر خورده شده و عاقبت وارد بدن انسان می شوند. فلزات سنگین زمانی که به وسیله ی انسان مصرف می شوند، اغلب اثرات

قوی و زیان آوری را دارند. مواد سمی تجمع یافته، به طور پیوسته غلظت شان زیاد می شود و ممکن است بیشترین فراوانی را در یک بافت ویژه داشته باشند. تجمع مواد سمی در زنجیره ی غذایی، ممکن است باعث افزایش غلظت ها در جانوران سطوح بالای زنجیره غذایی، شود.

مسمومیت به آرسنیک باعث بیماری آرسنیکوزیس (تخریب سیستم عروقی) می شود. این بیماری در نتیجه اختلال گردش خون در دست و پا بوجود می آید که در پیشرفت و ادامه بیماری به قانقاریا مبدل شده و سیاهی استخوان را در پی دارد که به قطع عضلات منجر می شود.



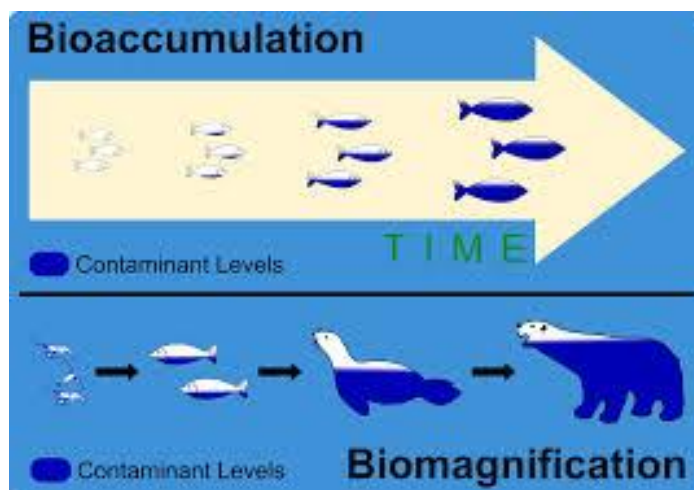
بیماری میناماتا



بیماری آرسنیکوزیس

فرایندی که باعث افزایش غلظت ماده آلاینده به ویژه فلزات سمی در بدن جانداران مختلف می شود را تجمع سازی یا

BIOACCUMULATION می نامند (شکل زیر).



فرایند تجمع سازی فلزات سمی

۲-۲- بیماری هایی که بطور مستقیم بوسیله آب منتقل می گردند:

این بیماریها ممکن است منشأ باکتریایی و یا ویروسی داشته باشند که شامل موارد زیر هستند:

الف) بیماری های ناشی از باکتری های موجود در آب شامل حصبه ، وبا ، شبه وبا و اسهال.

ب بیماری های ویروسی ناشی از آب:

ویروس ها کوچکترین موجود بیماری زا بوده و به غیر از میکروسکوپ های الکترونی یا سایر وسایل قابل رویت نیستند.

ویروس در محیط بصورت گوناگون دیده شده است، تمام انواع آن چه برای انسان و چه برای موجودات دیگر بیماری زا هستند.

مهمترین بیماری های با منشأ ویروسی عبارتند از: مننژیت، هپاتیت، آنفولانزا و فلج اطفال.

۲-۳- بیماری هایی که بطور غیر مستقیم بوسیله آب منتقل می شوند.

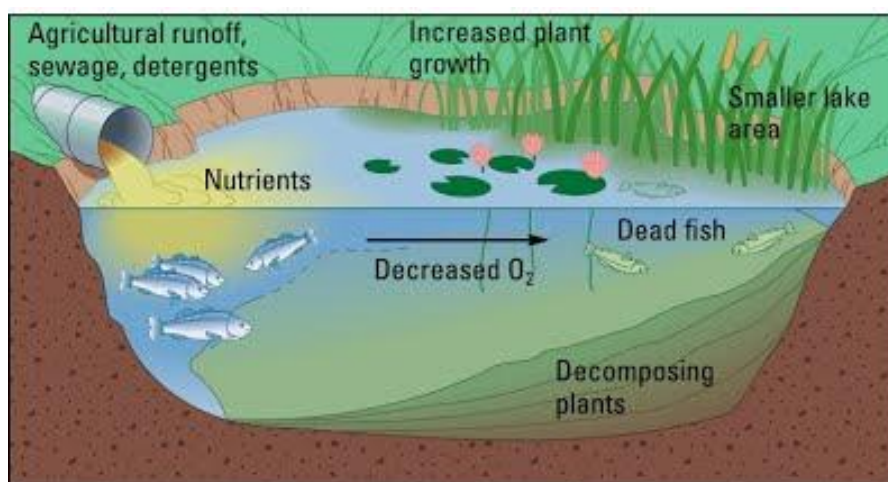
بیماری های با منشأ انگلی مثل مالاریا، پیوک و بیماری کوری رودخانه ای.

۳- مواد مغذی

منظور از مواد مغذی ترکیبات فسفر و نیتروژن است که به روشهای مختلفی می تواند وارد آب شده و آب را آلوده کند. ۷۰٪ ترکیبات فسفر در فاضلابها در اثر استفاده از شوینده های خانگی است که بایستی از ترکیبات شوینده حذف گردند. این ترکیبات وقتی که در آب وارد می شوند به رشد جلبکها کمک نموده و باعث بهم خوردن تعادل اکوسیستمها می شوند.



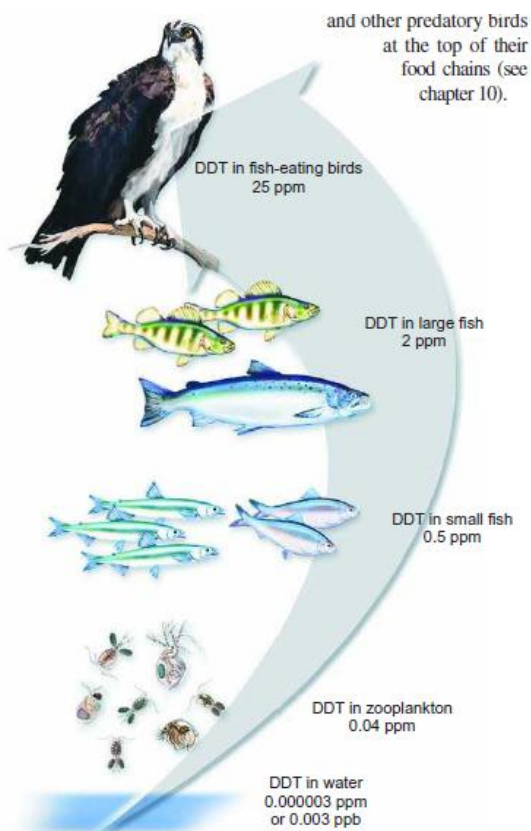
رشد جلبک در سطح آب و مرگ ماهی ها به دلیل پدیده مغذی سازی



پدیده مغذی سازی در اثر ورود فاضلاب به آبهای سطحی

۴- مواد آلی مصنوعی

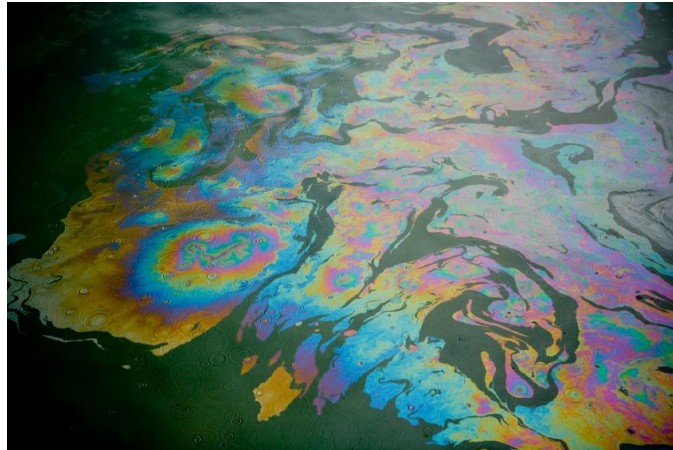
شوینده ها و مواد آفت کش، رنگها و فیبرها باعث تغییراتی در بو، مزه و رنگ آب شده و باعث مسمومیت آب و خطر برای جانوران و گیاهان می شوند.



۵- نفت:

آلودگی زیست محیطی با منشأ نفتی، از شایعترین آلودگیهاست که خطرناکترین نوع آلودگی برای محیط زیست به ویژه برای حیات آبریان به شمار می رود. تخلیه مخازن حاوی ضایعات نفتی نفت کشها به دریا، غرق شدن نفت کش ها، فوران نفت و روغن به هنگام حفاری های اکتشافی نفت، انفجار چاههای نفت، دستگانههای استخراج نفت و فرسودگی لوله های انتقال نفت در اثر فعل و انفعالات شیمیایی در دریاها، ریختن زباله و پسماندهای صنایع نفتی مستقر در سواحل دریاها از مهمترین عوامل آلودگی نفتی آب دریاها می باشد.

آلودگی های ایجاد شده بوسیله نفت، تنها دریاها و آبریان را گرفتار نمی کند، بلکه این فاجعه را باید بالاتر از این دانست. تابش خورشید بر سطح آب دریاها سبب تبخیر نفت پراکنده شده بر سطح آب شده، سپس این بخار به صورت باران، مه و... بر زمین، محصولات کشاورزی، انسان و دیگر جانداران فرود آمده و عوارض سوء خود را بر انسان و محیط زیست بدنبال خواهد داشت.



لکه های نفتی روی آب



مشکلات ایجاد شده برای پلیکان ها در اثر ورود نفت به خلیج مکزیک

۶- مواد شیمیائی معدنی و کانی ها :

مواد شیمیائی معدنی و کانی نمکهای معدنی و اسیدهای معدنی و ترکیبات فلزی که در حضور آب باعث اسدیده شوری و سمی شدن آب می شوند جزء آلاینده های آب هستند.

اسیدی شدن: (مثل باران اسیدی) استخراج معادن سولفید FeS_2 و عبور آب از رگه های این معادن بطور طبیعی یا از طریق فرایندهای مصنوعی باعث افزایش اسیدیتته آب می گردد . در PH کمتر از ۶ باعث خوردگی زیاد از حد در سیستمهای لوله کشی، قایقها، اسکله ها و ... می شود.

شوری: ۹۷ درصد آبهای جهان شورند. فاضلابهای صنعتی، حمل مواد معدنی توسط آبیاری و غیره باعث شوری آب می شود. همچنین استفاده از نمک در شاهراهها و شستشوی آن باعث شوری آبها می شود. سمیت: فلزات سنگین باعث سمیت آب می شوند. جیوه، سرب، کادمیوم، کرم و نیکل از جمله این عناصر هستند. با جمع شدن در مدت طولانی در بدن موجودات زنده باعث سمیت و نهایتاً مرگ موجود زنده می شوند.

۷- رسوبات :

رسوبات در اثر فرایند های طبیعی فرسایشی بوجود می آیند و باعث آلودگی شدید آبهای سطحی می شوند. تأثیرات

زیان آور رسوبات عبارتست از:

- مشکلات مربوط به لایروبی کانالها، چشمه ها، بنادر و مخازن

- نابودی جانوران آبی و از بین بردن زیستگاه آنها

- کاهش نفوذ نور به داخل آب و کاهش فرایند فتوسنتز

- کدورت آب و افزایش هزینه تصفیه آن



ورود رسوبات به دریاچه

۸- مواد رادیواکتیو:

مهمترین منشاء تولید مواد رادیواکتیو عبارتند از:

استخراج از معدن و فرآیند هایی روی سنگ معدن دارای رادیو اکتیو سودمند

استفاده از مواد رادیو اکتیو در سلاحهای هسته ای

استفاده از مواد رادیو اکتیو در تولید انرژی هسته ای (نیرو گاههای هسته ای - اتمی)



شکل سمت راست هشدار در مورد آلودگی آب با مواد رادیواکتیو و شکل سمت چپ جمع آوری مواد رادیو اکتیو

۹- حرارت:

از نظر بسیاری از مردم گرما یک آلوده کننده نیست. اما وقتی برای سرد کردن دمای آب از رودخانه ها استفاده شود و دمای آب بالا رود خطر جدی است.

افزایش حرارت چه اثری در آبهای طبیعی دارد:

- میزان اکسیژن محلول در آب را کاهش می دهد (DO)

- سرعت واکنشهای شیمیایی را افزایش می دهد
- درجه حرارت نامناسب برای زندگی آبریان تولید می شود

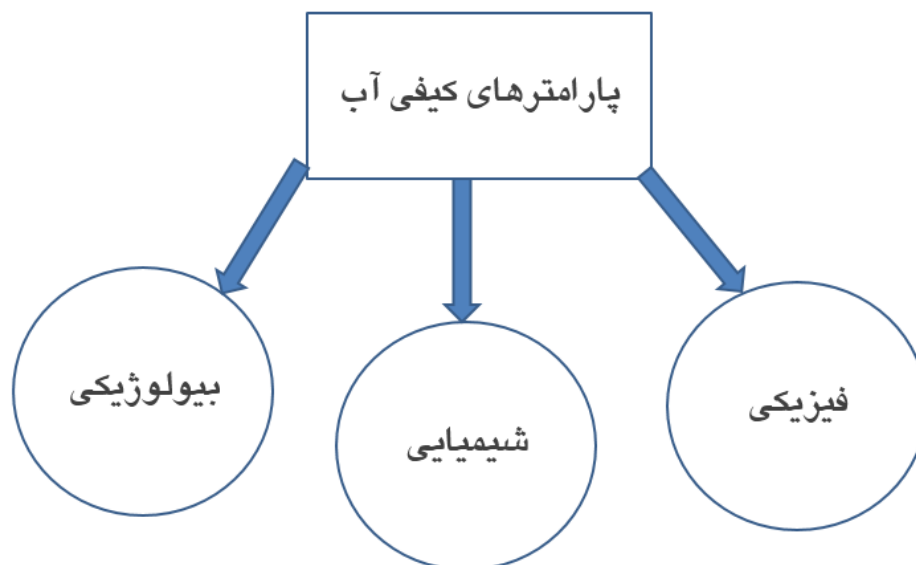
۱۰- پسماندهای جامد

ورود پسماندهای جامد مثل پسماند های غذایی، نخاله های ساختمانی، خاکستر و مواد باقی مانده جامد قابل اشتعال و غیر قابل اشتعال مثل پلاستیک، چرم و منسوجات و... و مواد زائد جامد و نیمه جامد ناشی از عملیات تصفیه آب (لجن و غیره) یکی دیگر از عوامل آلوده کننده آب می باشد.



رویکردهای متفاوت در مورد کیفیت آب و حفظ آن

پارامترهای کیفی آب



پارامترهای فیزیکی کیفیت آب

متغیرهای فیزیکی کیفیت آب، آن دسته از خصوصیات آب است که بوسیله حواس بینایی، لامسه، چشایی و یا بویایی قابل تشخیص می باشند شامل: مواد جامد معلق (total suspended solid)، کدورت (Turbidity)، رنگ (Color)، طعم و بو (Taste & Odor) و درجه حرارت (Temperature)

۱- مواد جامد معلق (TSS):

مواد جامد (total solid) موجود در آب می توانند به دو صورت مواد جامد معلق (total suspended solid) و مواد جامد محلول (total dissolved solid) وجود داشته باشند. ذرات جامد معلق در آب ممکن است از ذرات آلی (organic matter) و یا معدنی (mineral matter) تشکیل شده باشند. بنابراین:

جامدات محلول+جامدات معلق= جامدات کل

$$TS=TSS+TDS$$

جامدات آلی نظیر ریشه گیاهان و جامدات بیولوژیکی (سلول های جلبکی، باکتری ها و غیره) است و جامدات معدنی نظیر خاک رس، لای و سایر مواد تشکیل دهنده خاک طبیعی است. جامدات محلول جزء پارامترهای شیمیایی کیفیت آب هستند که بعداً به آن می پردازیم.

منشا ایجاد جامدات معلق:

همانطور که قبلاً نیز اشاره شد، مواد جامد معلق که در اثر عملکرد فرسایشی آب جاری بر روی سطح خاک ایجاد می شوند، تحت عنوان آلاینده های طبیعی شهرت دارند. بعلاوه خاصیت جذب خاک، مواد معلق به ندرت در آبهای زیرزمینی یافت می شوند. سایر مواد معلق ممکن است در اثر استفاده انسان از آب بوجود آیند. فاضلاب شهری معمولاً حامل مقادیر قابل توجهی از جامدات معلق می باشند که از نظر ماهیت عمدتاً آلی هستند. مصارف صنعتی آب ممکن است منجر به ورود ناخالصی هایی با ماهیت آلی یا معدنی در آب شود.

اثرات:

وجود مواد معلق در آب ممکن است به چند دلیل مورد اعتراض قرار گیرد:

- ۱- این مواد از نظر زیبایی به آب لطمه می زنند؛
- ۲- محللهایی را برای جذب سطحی مواد شیمیایی و بیولوژیکی به وجود می آورند. در نتیجه فرایندهای تصفیه آب پرهزینه تر خواهد شد.
- ۳- جامدات معلق آلی ممکن است به صورت بی هوازی مورد تجزیه قرار گیرند و نهایتاً مواد جانبی نامطلوبی را به وجود آورند.
- ۴- جامدات معلق فعال از نظر بیولوژیکی ممکن است شامل ارگانیسمهای بیماریزا نظیر ارگانیسمهایی که در زنجیره های جلبک تولید کننده سم هستند، باشند.

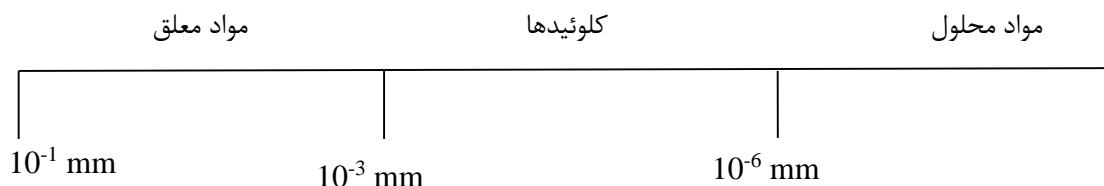
۵- محدودیت استفاده از آب برای مقاصد کشاورزی و صنعتی

۶- افزایش دانسیته آب و کاهش حلالیت گازها به ویژه اکسیژن

۷- افزایش رسوبات در بستر رودخانه ها و کاهش عمق آب

اندازه گیری:

منظور از مواد معلق در آب ذرات کوچکتر از ۱ میکرون می باشد. معمولا آزمایش کل جامدات (اندازه گیری جرم رسوب) انجام می شود. نمونه آب مورد آزمایش از فیلتر عبور داده می شود. جرم باقیمانده روی فیلتر تا دمای ۱۰۴ درجه سانتی گراد خشک شده و جرم آن تعیین می شود. عدد به دست آمده معرف کل جامدات معلق در آب است. اگر بخواهیم مقدار جامدات معدنی معلق را تعیین کنیم، جرم خشک باقیمانده تا ۶۰۰ درجه سانتی گراد حرارت داده می شود. به این ترتیب بخش آلی مواد معلق به دی اکسید کربن و بخار آب تبدیل شده و فقط بخش معدنی مواد معلق می ماند. با اندازه گیری جرم باقیمانده در این مرحله، جرم مواد معلق معدنی تعیین می شود. تقسیم بندی ذرات بر حسب اندازه به صورت زیر می باشد:



۲- کدورت:

کدورت معیاری برای میزان جذب نور و یا پراکندگی نور توسط مواد معلق در آب است. از آنجا که جذب و تفرق نور تحت تاثیر اندازه و خواص سطحی مواد معلق قرار می گیرد، کدورت بعنوان شاخص کمی از ذرات جامد معلق محسوب نمی گردد. به عنوان مثال، یک ذره کوچک در داخل یک لیوان آب در واقع هیچگونه کدورتی ایجاد نمی کند. اما اگر این ذره به هزاران

ذره کوچکتر با اندازه های کلوئیدی شکسته شود، با وجود آن که جرم جامدات تغییری نمی کند اما کدورت به میزانی می رسد که قابل اندازه گیری است.

منشا ایجاد کدورت:

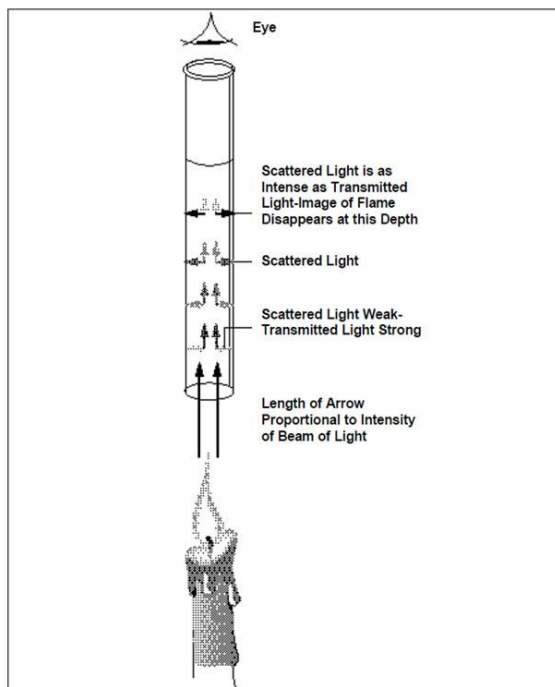
قسمت عمده کدورت در آبهای سطحی از فرسایش مواد کلوئیدی نظیر خاک رس، لای، خرده سنگ ها و اکسید های فلزی خاک حاصل میشود. ریشه های گیاهی و میکروارگانیزم ها در کدورت آب نقش دارند. فاضلابهای صنعتی و خانگی حاوی مقادیر زیاد مواد کدورت زا می باشند. صابون ها، شوینده ها و عوامل امولسیون کننده، کلوئیدهای پایداری را تولید می کنند که نهایتاً منجر به کدورت آب می شوند.

اثرات:

- ۱- مواد کلوئیدی کدورت زا سطوحی را برای جذب ارگانیسیمهای بیولوژیکی و یا مواد شیمیایی مضر و یا عامل طعم و بوی نامطبوع فراهم می کنند.
- ۲- گند زدایی آبهای کدر به علت خواص جذبی برخی از کلوئیدها و نیز با توجه به این که جامدات ممکن است سبب حفاظت از میکروارگانیسیمها در برابر مواد گند زدا شوند، عملی مشکل به شمار می رود.
- ۳- تجمع ذرات کدورت زا در بسترهای متخلخل آب منجر به ته نشینی موادی می گردد که می توانند اثرات سوئی بر گیاهان و جانوران آبی بگذارند.
- ۴- کدورت آب باعث افزایش دمای آب شده، در نتیجه اکسیژن محلول در آب کاهش یافته و فتوسنتز گیاهان کم می شود. هم چنین خیلی از موجودات زنده قادر به سازگاری با تغییرات دمایی آب نمی باشند.
- ۵- مانع از نفوذ نور خورشید به آب می شود. در نتیجه حیات آبیان به مخاطره می افتد.

اندازه گیری کدورت:

کدورت آب به کمک اندازه گیری نوری که با یک شدت معین جذب و یا پراکنده می شود محاسبه می گردد.



كدورت سنج جكسون:

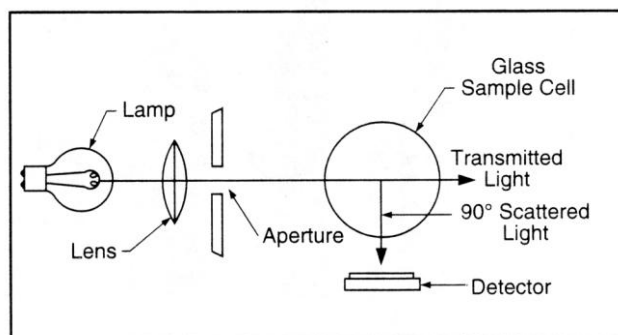
دستگاه اولیه اندازه گیری به نام كدورت سنج جكسون (Jackson) معروف است. اساس این دستگاه بر روی جذب نور و با بکارگیری یک لوله بلند و شمع استاندارد شده استوار است. شمع در زیر یک لوله شیشه ای قرار می گیرد و سپس در یک لایه فلزی سیاه به گونه ای قرار داده می شود که نور صادره از شمع تنها از قسمت بالای دستگاه قابل روئت باشد. نمونه آب به آهستگی در داخل لوله ریخته می شود و این عمل تا جایی ادامه می یابد که شمع دیگر قابل روئت نباشد یعنی بنحوی که جذب کامل صورت گیرد.

یک واحد كدورت جكسون (JTU) برابر با كدورت ایجاد شده توسط یک میلی گرم سیلیس SiO_2 در یک لیتر آب مقطر است. مزیت استفاده از كدورت سنج جكسون هزینه پایین و سهولت استفاده از آن می باشد. اما برای اندازه گیری كدورت های کم دقیق نمی باشد.

كدورت سنج های الكترونیکی:

در سالهای اخیر این دستگاه ساده جای خود را به كدورت سنج مجهز به لامپ الكتریکی استاندارد شده داده است. این لامپ الكتریکی، نوری از خود ایجاد می نماید که این نور از یک مسیر کوچک نمونه عبور می نماید. در حالت جذب یک نورسنج به اندازه گیری شدت نور در طرف مقابل منبع نور می پردازد، در حالی که در حالت پراکندگی نور یک نورسنج به اندازه گیری شدت نور در یک زاویه ۹۰ درجه نسبت به منبع می پردازد. اگر چه بیشتر كدورت سنج های امروزی بر مبنای اصل پراکندگی عمل می نمایند اما كدورت ایجاد شده توسط مواد تیره که به عوض انعکاس نور همراه با جذب نور است

توسط روشهای جذب باید انجام شود. ماده شیمیایی فورمازین ($C_2H_4N_2$) برای ایجاد کدورت واحد در آب استفاده می شود و داده های بدست آمده از کدورت سنج بر حسب واحدهای کدورت فورمازین یا FTU بیان می شوند. استفاده از عبارت NTU برای تاکید بر آزمایش انجام شده مطابق با اصل پراکندگی نور می باشد.



اساس کار کدورت سنج های الکتریکی



کدورت سنج الکتریکی



کدورت سنج الکتریکی مجهز به حسگر

مزیت استفاده از کدورت سنج های الکترونیکی، دقت زیاد آن به ویژه در اندازه گیری کدورت های کم می باشد. قیمت بالای آن و نیاز به برق (برق مستقیم یا باتری) از معایب کدورت سنج الکترونیکی است.

اندازه گیری مربوط به کدورت معمولاً بر روی آب تمیز و صاف که درست نقطه مقابل فاضلاب بشمار می آید انجام می شود. آبهای طبیعی ممکن است دارای کدورت هایی باشند که از چند FTU تا چند صد FTU تغییر می کنند. استاندارد EPA بر آب آشامیدنی مقرر می دارد که حداکثر میزان FTU برابر با یک باشد، در صورتی که اتحادیه امور آب در آمریکا میزان $FTU=0.1$ را بعنوان ملاک اصلی خود برای آب آشامیدنی تعیین نموده است. مشخصات فیزیکی کیفیت آب شرب بر اساس استاندارد شماره ۱۰۵۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مطابق جدول زیر می باشد:

ردیف	ویژگی	حد مطلوب	مقدار مجاز	واحد اندازه گیری
۱	کدورت	کمتر یا مساوی ۱	حداکثر ۵	NTU ^a
۲	رنگ	-	حداکثر ۱۵	پلاتین، کبالت برای رنگ حقیقی آب T.C.U ^b
۳	بو	حداکثر ۲ واحد در ۱۲ درجه سلسیوس و حداکثر ۳ واحد در ۲۵ درجه سلسیوس	-	رقم آستانه بو (TON ^c)
۴	pH	۶/۵ تا ۸/۵	۶/۵ تا ۹/۰	-

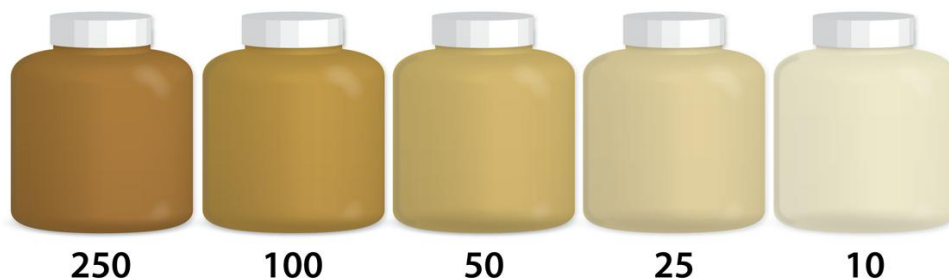
یادآوری ۱: نظر به این که کدورت، رنگ و pH علاوه بر قابل پذیرش بودن آب، در کیفیت بهداشتی آب به طور غیرمستقیم نقش دارند، برای آن ها حداکثر مجاز تعریف شده است.

یادآوری ۲: تامین کدورت کمتر یا مساوی یک از تجوید در خروجی تصفیه خانه های متعارف آب، الزامی است.

a- Nephelometric Turbidity Unit
b- True Color Unit
c- Threshold Odor Number

Turbidity (NTU)

Water Samples:



۳- رنگ:

آب خالص بی رنگ است، اما آبی که در طبیعت یافت می شود معمولاً بعلت وجود مواد خارجی، دارای رنگ می باشد. رنگ آب اگر در نتیجه تاثیر نور بر مواد معلق بوجود آید، اصطلاحاً رنگ آشکار نامیده می شود و رنگی که در اثر مواد جامد محلول پدید آمده است و پس از جداسازی مواد معلق همچنان در آب باقی می ماند بنام رنگ حقیقی خوانده می شود.

منشا ایجاد رنگ در آب:

منشا ایجاد رنگ در آب مواد آلی مثل برگ درختان، ریشه ها، چوب، اکسیدهای فلزی، فاضلاب صنایع مختلف می باشند. اکسیدهای آهن، رنگ قرمز کم رنگ به آب می دهند. اکسیدهای منگنز موجب قهوه ای و یا تیره رنگ شدن آب می شوند. پسابهای صنعتی ناشی از صنایع نساجی و عملیات رنگرزی، صنایع غذایی، تولید مواد شیمیایی، استخراج سنگ معدن، پالایش و عملیات مربوط به کشتارگاه ها ممکن است در اثر ارتباط با نهرها و رودخانه های طبیعی ایجاد رنگ نمایند.

اثرات:

- ۱- آب رنگی از لحاظ زیبایی برای عموم قابل پذیرش نیست. در حقیقت اگر مصرف کننده ها دارای قدرت انتخاب باشند ترجیح می دهند از آب بدون رنگ و تمیز استفاده کنند.
- ۲- آبی که به مقدار زیاد دارای رنگ باشد برای مصارفی نظیر شستشوی لباس، رنگرزی، تهیه کاغذ، تولید لبنیات، صنایع نساجی و تولید پلاستیک مناسب نیست. از اینرو رنگ آب بر مقبولیت آن هم برای مصارف خانگی و هم برای مصارف صنعتی تأثیر گذار است.
- ۳- در شرایطی که به طور معمول رنگ حقیقی آب به عنوان عامل غیر بهداشتی و یا نا مطمئن شناخته نمی شود، ترکیبات آلی که سبب بروز رنگ حقیقی می شوند ممکن است موجب افزایش نیاز کلر آب شده و نهایتاً موجب کاهش جدی اثر گذاری کلر بر آب به عنوان یک ماده گند زا می شود.

۴- ترکیب مواد آلی تولید کننده رنگ با کلر خطر ساز است؛ ترکیبات فنل (اجزای تشکیل دهنده شناخته شده محصولات ناشی از تجزیه سزیها) همراه با کلر طعم و بوی بسیار ناخوشایندی تولید می کنند. به علاوه برخی از ترکیبات در اسیدهای آلی طبیعی و کلر یافت می شوند، که یا نوعاً سرطانزا هستند و یا مشکوک به داشتن چنین خاصیتی اند.

۴- طعم و بو :

موادی که در آب ایجاد بو می کنند، عموماً ایجاد طعم نیز می نمایند ولی مواد معدنی زیادی وجود دارند که ایجاد طعم می نمایند اما به هیچ وجه بو تولید نمی کنند. مواد معدنی، فلزات، مواد نفتی، محصولات نهایی واکنش های بیولوژیکی و اجزای تشکیل دهنده فاضلاب در طعم و بوی آب موثر هستند. مواد قلیایی طعم تلخی به آب می بخشند در حالی که نمک های فلزی عموماً دارای طعم شور یا تلخ می باشند. بخش عمده ای از مواد آلی که در آب ایجاد طعم و بو می نمایند ناشی از تولیدات صنایع نفتی هستند. ترکیبات گوگردی از جمله مهمترین محصولاتی هستند که در آب، طعم و بوی تخم مرغ گندیده را ایجاد می نمایند.

اثرات:

- ۱- از نظر مصرف کنندگان، طعم و بو به دلایل روشنی ناخوشایند می باشد از آن جا که آب همواره به عنوان ماده ای بی طعم و بی بو شناخته شده است، مصرف کننده چنین تصور می کند که مزه و بو همراه با آلودگی هستند و از اینرو ترجیح می دهد که از آب بی طعم و بی بو استفاده نماید. حتی اگر چنین آبی در واقع تندرستی وی را به خطر اندازد.
- ۲- بعضی از مواد تولید کننده طعم و بو ممکن است سرطان زا باشد.

اندازه گیری:

آزمایش آستانه بو TON

اندازه گیری مواد آلی بوجود آورنده طعم و بو به کمک روشهای کروماتوگرافی گازی یا مایع امکان پذیر است. عامل طعم و بو اغلب برای آبهای آشامیدنی مطرح است. از آن جا که تجزیه کروماتوگرافی زمان زیاد لازم دارد و برای تکمیل آن نیاز به تجهیزات گرانبه‌تری هست انجام چنین آزمایشهایی به طور معمول بر روی نمونه های آب صورت نمی گیرد.

آزمایشهای کمی که از خواص چشایی و بویایی انسان بهره می گیرند برای این منظور می توانند مورد استفاده قرار گیرند. آزمایش آستانه بویایی (TON) می تواند مثالی در این مورد باشد. مقادیر متغیری از آب بودار در داخل ظرفهایی ریخته می شود و برای ساخت یک مخلوط به حجم ۲۰۰ میلی لیتر با مقدار کافی از آب مقطر بی بو رقیق می شود. نمونه های رقیق شده کنار یکدیگر قرار می گیرند. نحوه آزمایش به این صورت است که ابتدا ظرفی که با حجم بیشتری آب مقطر پر شده توسط شخص آزمایش کننده بو می شود، سپس ظرف حاوی آب مقطر بو شده، در مرحله بعد ظرف حاوی آب بو دار بو شده، مجدداً ظرف حاوی آب مقطر و سپس نمونه دیگر بو می شود. این مراحل آنقدر تکرار شده تا آزمایش کننده بتواند برای اولین بار بو را در یکی از نمونه ها تشخیص دهد. عدد آستانه بو (TON (Threshold Odor Number) با رابطه زیر به دست می آید:

$$TON = \frac{A + B}{A}$$

که در آن A حجم آب بودار برحسب میلی لیتر و B حجم آب بدون بوی لازم برای تهیه یک مخلوط ۲۰۰ میلی لیتری می باشد. عدد آستانه بویایی متناظر با حجم های متعدد نمونه ها در جدول زیر نشان داده شده اند. یک حداکثر مقدار TON برابر با ۳ توسط سازمان بهداشت جهانی توصیه شده است.

Volume of Sample (mL) Diluted With Odor-Free Water to 200 mL	Threshold Odor Number
0.8	256
1.6	128
3.1	64
6.3	32
12.5	16
25	8
50	4
100	2
200	1

۵- دما :

دما برای ارزیابی مستقیم آب آشامیدنی و یا فاضلاب به کاربرده نمی شود. در عین حال یکی از مهمترین عوامل در سیستم های آب سطحی در طبیعت به شمار می رود. دمای آبها سطحی به مقدار زیادی گونه های بیولوژیکی موجود در آب و شدت فعالیت آنها را کنترل می کند. دما بر روی بسیاری از واکنش های شیمیایی که در سیستم های طبیعی آب انجام می گیرند اثر می گذارد. همچنین دما دارای قابل ملاحظه ای بر روی حلالیت گازها در آب است.

منابع :

دمای سیستم های طبیعی آب از بسیاری عوامل از جمله دمای اتمسفر تاثیر می پذیرد. به طور کلی ذخایر کم عمق آب بیشتر از ذخایر عمیق تر آب تحت تاثیر دمای محیط اند. استفاده از آب به عنوان خنک کننده در صنعت و تخلیه متعاقب آب گرم شده می تواند منجر به تغییرات شدید، هر چند موضعی در دمای آب جریانهای طبیعی شود. برداشت برگهای انتهایی درختان جنگلی و بازگشت جریانهای آبیاری به نوبه خود می توانند سبب بروز افزایش دمای جریانهای طبیعی آب گردد.

اثرات:

۱- آبهای خنکتر معمولاً دارای تنوع وسیعتری از گونه های بیولوژیکی هستند. در دماهای پایین تر فعالیت زیستی یعنی

استفاده از منابع غذایی، رشد تولید مثل و غیره با سرعت کمتری انجام می گیرد. اگر دما افزایش یابد فعالیت زیستی زیاد می شود.

۲- در دماهای بالاتر، موجودات ذره بینی که در استفاده از منابع غذایی و تولید مثل کارایی بیشتر دارند تکثیر پیدا می کنند درحالی که سایر گونه های موجودات زنده از لحاظ جمعیتی دچار کاهش بسیار می شوند و یا به طور کلی از میان می روند.

۳- سرعت رشد بی رویه جلبکها معمولاً در آبها گرم دیده می شود و این پدیده می تواند موجب بروز مشکل ناشی از رشد جلبکها و تشکیل گروههای حجیمی از آنها گردد. ترشح طبیعی روغنها توسط جلبکها در این گروه های حجیم و محصولات بوجودآمده از تجزیه سلولهای مرده جلبکها می تواند مشکلاتی را در خصوص طعم و بو بوجود آورد و گونه های بزرگتر از موجودات زنده در آب تحت تاثیر قرار می گیرند.

۴- تغییرات دما بروی سرعت واکنش های شیمیایی و مقدار حلالیت مواد شیمیایی که بعداً به طور کامل مورد بررسی قرار می گیرد اثر می گذارد. بیشتر واکنش های شیمیایی نظیر حل شدن جامدات در اثر افزایش دما سرعت بیشتری می یابند. از طرف دیگر حلالیت گازها در درجه حرارتها بالاتر، کاهش می یابند. چون اکسیداسیون بیولوژیکی مواد آلی در نهرها و رودخانه ها و تالاب ها وابسته به مقدار کافی از اکسیژن محلول می باشد کاهش میزان اکسیژن محلول امری نامطلوب به حساب می آید.

۵- افزایش پتانسیل خوردگی در لوله ها و تاسیسات.

پارامترهای شیمیایی کیفیت آب

منظور از پارامترهای شیمیایی کیفیت آب، آن دسته از ترکیبات یا عناصری است که به دلیل خاصیت حلال بودن آب در آن وجود دارند شامل مقدار کل جامدات محلول در آب، هدایت الکتریکی آب، قلیائیت، سختی، فلوراید، فلزات، مواد آلی و مواد مغذی.

۱- مقدار کل جامدات محلول (total dissolved solid):

موادی که در آب پس از فیلتر کردن آن باقی می ماند مواد محلول در نظر گرفته می شوند. این مواد پس از تبخیر آب به صورت رسوب جامد باقی مانده و جزئی از مقدار کل جامدات را تشکیل می دهد.

جامدات محلول+جامدات معلق= جامدات کل

$$TS=TSS+TDS$$

منابع

مواد محلول در آب در اثر انحلال مایعات، جامدات و گازها در آب تولید می شوند. مواد محلول در آب نیز مانند مواد معلق ممکن است از نظر ماهیت آلی یا معدنی باشند. مواد معدنی حل شده در آب شامل انواع فلزات و گازها می باشند که در اثر تماس آب با آنها در اتمسفر و یا در خاک تولید شده اند. مواد حاصل از تجزیه گیاهان، مواد شیمیایی آلی و گازهای آلی، اجزای آلی محلول در آب را تشکیل می دهند.

اثرات

- بسیاری از مواد حل شده در آب نامطلوب هستند، مواد معدنی، گازها و مواد آلی حل شده در آب ممکن است از لحاظ زیبایی موجب بروز رنگ، طعم و بوی نامطبوع شوند.
- برخی از ترکیبات شیمیایی سمی بوده و در اثر واکنش با سایر مواد موجود در آب ممکن است ترکیبات سرطانزا تولید کند.
- آب نسبت به اجزای محلول دارای حالت تعادل است. آبی که به حالت اشباع نرسیده است خورنده بوده و سریعاً موادی را که با آنها در تماس است را در خود حل می کند. در بعضی مواقع موادی که سریعاً قابل حل هستند به آب نسبتاً خالص افزوده می شوند تا تمایل آب برای انحلال مواد تشکیل دهنده لوله ها را کاهش دهند.

میزان کل جامدات محلول در آب از دو نظر قابل بررسی است :

مقدار مجاز : حداکثر مقدار مجاز TDS آب آشامیدنی در استاندارد آب شرب ذکر شده است. این مقدار در استاندارد آب

شرب ایران ۱۵۰۰ و در شرایط ویژه ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر ذکر شده است.

مقدار مطلوب: مقدار مطلوب کل جامدات محلول در آب در استاندارد ذکر نشده است. اما آنچه که مسلم است هرچقدر ناخالصی های محلول در آب (خصوصاً آن دسته از ناخالصی ها که برای بدن مضر هستند نظیر نیترات) کمتر باشد آب گواراتر و سالم تر خواهد بود. از طرفی کاهش TDS 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 اندازه گیری نبوده و لذا در استاندارد ذکر نشده است.

اندازه گیری

اندازه گیری مستقیم مقدار کل جامدات محلول، به کمک تبخیر آب تا مرحله خشک شدن، پس از آنکه آب برای جدا ساختن ذرات معلق جامد فیلتر می شود، امکان پذیر است. رسوب باقیمانده وزن شده و بیانگر مقدار کل جامدات محلول (TDS) می باشد. TDS بر حسب میلی گرم در لیتر بر مبنای جرم خشک بیان می شود. اجزای آلی و غیر آلی به کمک سوزاندن رسوب در دمای ۶۰۰ درجه سانتی گراد تعیین می شود.

دستگاههای الکترونیکی اندازه گیری TDS نیز وجود دارد که در انواع جیبی، پرتابل (قابل حمل) و رومیزی وجود دارد. به کمک تعیین هدایت الکتریکی آب EC نیز می توان یک مقدار تقریبی برای TDS بدست آورد. توانایی آب برای هدایت الکتریسیته هدایت مخصوص نامیده می شود، و این تابعی از قدرت یونی آب است. هدایت مخصوص به کمک دستگاه هدایت سنج اندازه گیری می شود که در قسمت بعدی به آن می پردازیم. باید توجه داشت که هدایت الکتریکی و TDS به صورت یک به یک با یکدیگر مربوط نمی شود. تنها مواد یونیزه ایجاد هدایت الکتریکی می نمایند. مولکول های آلی و ترکیباتی که بدون یونیزه شدن حل می شوند و TDS را تشکیل می دهند، در اندازه گیری EC به حساب نمی آیند. دما نیز تاثیر زیادی بر روی هدایت الکتریکی آب دارد، بدین ترتیب که با افزایش دما هدایت الکتریکی نیز افزایش می یابد. یونهای که سهم اصلی در میزان مواد محلول در آب دارند عبارتند از سدیم Na^+ ، کلسیم Ca^{2+} ، منیزیم Mg^{2+} ، بی کربنات HCO_3^- ، سولفات SO_4^{2-} و کلراید Cl^- .

واحد سنجش TDS ، میلی گرم در لیتر mg/l می باشد که از آن با اصطلاح PPM یاد می کنند. PPM کوچک شده عبارت Part Per Million (قطعه در میلیون) می باشد. می دانیم که هر لیتر برابر با یک میلیون میلی گرم است، بنابراین هر میلی گرم در لیتر یک قطعه در میلیون می باشد. یا به عبارتی همان 1PPM . شکل های زیر نمونه ای از دستگاه های اندازه گیری TDS را نشان می دهد.



TDS متر پرتابل (قابل حمل)



TDS متر جیبی

۲- قابلیت هدایت الکتریکی (EC) Electrical Conductivity

نشان دهنده قدرت یونی یک محلول برای انتقال جریان الکتریسیته است و تابعی از قدرت یونی آب (مقدار کاتیون ها و آنیون های موجود در آب) می باشد. هدایت الکتریکی را با واحد میکروزیمنس بر سانتی متر و یا میکرو مو بر سانتیمتر اندازه گیری می کنند.

هدایت الکتریکی و غلظت کل جامدات محلول به صورت یک به یک به هم ارتباط ندارند . اما در محلول های رقیق (مانند آب طبیعی) ارتباط این دو عامل به صورت زیر است :

$$\text{TDS} = 0.5 \text{ EC}$$

رابطه بین TDS و EC برای هر نمونه آب با توجه به ویژگی های شیمیایی و فیزیکی آن، فرق می کند.

برای سنجش میزان هدایت الکتریکی آب از EC meter یا دستگاه هدایت سنج آب (Electric meter) استفاده می شود. واحد سنجش هدایت الکتریکی ویژه آب میکرو زیمنس بر سانتیمتر $\mu\text{S}/\text{cm}$ و میلی زیمنس بر سانتیمتر ms/cm می باشد. دستگاه هدایت سنج آب در انواع مختلف قلمی یا جیبی ، پرتابل ، رومیزی و آن لاین ساخته می شود. EC متر قلمی یا جیبی، ارزان ترین و کوچک ترین نوع EC متر می باشد که معمولا الکتروود آن قابل تعویض نمی باشد و عمر قطعات آن هم کمتر از نمونه های دیگر می باشد. EC متر پرتابل قابل حمل می باشد و با انرژی الکتریکی باتری کار می کند و برای استفاده در محیط بیرون ساخته شده است. الکتروود این نمونه قابل تعویض می باشد. EC متر رومیزی که دقت بالایی دارد و معمولا در محیط آزمایشگاه استفاده می گردد. الکتروود این نمونه قابل تعویض می باشد. و با برق شهری یا آداپتور تغذیه می گردد. EC متر آن لاین می تواند یکسره روشن باشد بعضی از انواع آنها امکان فرمان دادن به شیرهای برقی برای افزایش یا کاهش برخی مواد در محلول و یا فرمان اخطار آژیر و سایر امکانات را دارند.



EC متر پرتابل (قابل حمل)



EC متر جیبی



EC متر آن لاین

EC متر رومیزی

۳- pH آب

pH آب نشان دهنده میزان اسیدی بودن آب می باشد. در آب خالص، تعدادی از مولکولهای آب به یون های هیدروژن (H^+) و یون های هیدروکسید (OH^-) تجزیه می شوند. یونها و ترکیبات مختلفی که وارد آب می شوند ممکن است با این یونها واکنش داده و تعادل در تعداد یونهای هیدروژن و یون های هیدروکسید به هم بخورد. اگر یونهای هیدروژن با ترکیبات وارد شده به آب واکنش دهند و یونهای هیدروکسید در آب بمانند، آب خاصیت قلیایی پیدا می کند. اگر یونهای هیدروکسید در واکنش شرکت کند و یونهای هیدروژن در آب باقی بمانند، آب خاصیت اسیدی پیدا می کند. pH آب آشامیدنی معمولاً باید در حدود ۷ (خنثی) باشد. $pH=6.5-8$ برای گونه های مختلف آبی مناسب می باشد. برای محاسبه pH از فرمول زیر استفاده می شود.

$$pH = - \log [H^+]$$

مشاهده می شود که pH یک مقیاس لگاریتمی دارد و بنابراین اگر یک واحد pH تغییر کند میزان اسیدیته آب ۱۰ برابر تغییر می کند. به عنوان مثال pH=5 میزان اسیدیته آب ۱۰۰ برابر pH=7 است.



pH متر پرتابل (قابل حمل)

pH متر جیبی



pH متر رومیزی

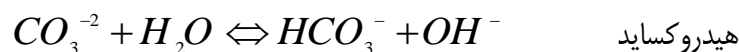
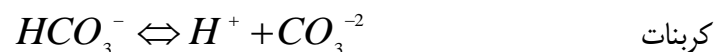
برای سنجش pH آب از pH meter استفاده می شود. دستگاه pH سنج آب در انواع مختلف قلمی یا جیبی، پرتابل، رومیزی و آن لاین ساخته می شود. شکل های بالا نمونه هایی از این دستگاه ها را نشان می دهد.

۴- قلیائیت Alkalinity

قلیائیت به میزان یون هایی از آب که برای خنثی سازی یون های هیدروژن در واکنش شرکت می کنند اطلاق می شود. بنابراین قلیائیت معیاری برای توانایی آب جهت خنثی سازی اسیدها به حساب می آید. مهمترین اجزای تشکیل دهنده قلیائیت در سیستم طبیعی آب OH^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} می باشند. سایر اجزای تشکیل دهنده آب NH_3 , HS^- , $H_2PO_4^-$ می باشند. HPO_4^{2-} , $H_2BO_3^-$, $HSiO_3^-$ می باشند.

منشاء:

این ترکیبات از تجزیه مواد معدنی موجود در خاک یا اتمسفر بدست می آیند. اجزای اصلی قلیائیت می توانند از دی اکسید کربن که جزئی از اتمسفر و حاصل تجزیه میکروبی مواد آلی است نیز سرچشمه بگیرند. فسفات می تواند از طریق شوینده ها، کودهای شیمیایی و حشره کش ها وارد محیط شود. سولفید هیدروژن و آمونیاک نیز می توانند در اثر تجزیه میکروبی مواد آلی تولید شوند. تولید قلیائیت توسط دی اکسید کربن را می توان با واکنش های زیر نشان داد:



اثرات:

- قلیائیت در مقادیر زیاد طعم تلخی به آب می دهد لذا در آب شرب از اهمیت ویژه ای برخوردار است.
- رسوب حاصل از واکنش قلیائیت با بعضی از کاتیونها می تواند باعث مسدود شدن لوله ها و دیگر ملزومات شبکه آبرسانی شود.
- کمبود آن در آب باعث اسیدی شدن آب و خوردگی لوله ها و تاسیسات می شود. به همین دلیل معمولاً مقداری قلیائیت به آب می زنند تا لایه نازکی از رسوب روی لوله ها را بگیرد و این لایه به عنوان محافظ لوله در برابر خوردگی می شود.

اندازه گیری:

اندازه گیری قلیائیت به کمک تیتراسیون آب با یک اسید و تعیین اکی والان هیدروژن صورت می پذیرد. قلیائیت برحسب میلی گرم در لیتر CaCO_3 بیان می شود.

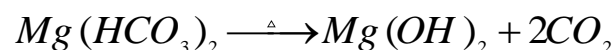
تمرین:

نحوه اندازه گیری قلیائیت آب را به کمک تیتراسیون آب با اسید بررسی نمایید.

۵- سختی آب Hardness:

سختی آب بصورت غلظت کاتیونهای چند ظرفیتی در محلول تعریف می شود. سختی بسته به آنیونی که همراه آن است بعنوان سختی کربناتی و سختی غیر کربناتی طبقه بندی می شود. سختی که ناشی از قلیائیت است سختی کربناتی و سختی باقیمانده، سختی غیر کربناتی نامیده می شود. از آنجا که غلظت یون های فلزی چند ظرفیتی کلسیم و منیزیم بیش از سایر یونهای مثل آهن، منگنز، استرانسیم و آلومینیوم می باشد، برای تمامی مقاصد می توان سختی را برابر با مجموع یونهای کلسیم و منیزیم در نظر گرفت.

سختی کربناتی یا سختی موقت عمدتاً به کمک حرارت و یا ازدیاد pH کاهش می یابد. سختی موقت به خاطر وجود کربناتهای کلسیم و منیزیم و آهن می باشد. برای از میان بردن این سختی آب را می جوشانند تا به صورت کربنات رسوب کند به این علت به آن سختی موقت می گویند.



CaCO_3 و $\text{Mg}(\text{OH})_2$ به صورت رسوب می باشد و ته نشین می شود.

سختی غیر کربناتی یا سختی دائمی با حرارت دادن قابل حذف نیست. سختی دائمی مربوط به دیگر املاح کلسیم و منیزیم مثل نمکهای سولفات ها ، کلرید یا نیترات آنهاست. این نمکها در لوله های دیگهای بخار ایجاد خوردگی می کند. برای حذف این نوع سختی از مواد شیمیایی استفاده می شود.

کلسیم در غالب آبهای طبیعی یافت می شود و میزان آن بستگی به نوع سنگ بستری دارد که آب از آن عبور می کند . کلسیم اغلب به صورت کربنات ، بی کربنات و سولفات دیده می شود . لازم به ذکر است که مطابق استاندارد های بین المللی بهداشت حد مجاز کلسیم برای آب آشامیدنی ۲۰۰ میلیگرم بر لیتر و حد مطلوب آن ۷۵ میلیگرم بر لیتر می باشد. منیزیم یکی از عناصر معمولی آب است که نمکهای قابل حل تشکیل می دهد . منیزیم در آب هم سختی کربناتی و هم سختی بی کربناتی ایجاد می کند . (البته کمتر از کلسیم) زیاد بودن این عنصر فلزی در آب می تواند مسهل باشد . مطابق استاندارد های بین المللی بهداشت حد مجاز کلسیم برای آب آشامیدنی ۲۰۰ میلیگرم بر لیتر و حد مطلوب آن ۵۰ میلیگرم بر لیتر بر حسب کلسیم می باشد .

منابع:

هوازگی سنگ های آهکی CaCO_3 ، دولومیت $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ و سنگ گچ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ و یا تماس طولانی مدت آب با این نوع سنگ ها به ویژه در مورد آبهای زیرزمینی.

اثرات:

- مصرف صابون به وسیله آبهای سخت دارای زیان اقتصادی برای مصرف کننده آب است. صابونهای سدیمی با کاتیونهای چند ظرفیتی فلزی ، واکنش کرده و تولید رسوب می کند ، و بدین طریق خاصیت کشش سطحی اش را از دست می دهد. تنها بعد از رسوب همه یونهای سختی است که کف کردن صابون اتفاق می افتد، و در این زمان گفته می شود که آب به وسیله صابون « نرم » شده است.

- رسوب متشکل از سختی و صابون به دیواره وان حمام ، دستشویی و ماشین ظرفشویی چسبیده و ممکن است لباسها، ظروف و دیگر اقالام را لکه دار کند.
- باقیمانده های رسوب سختی و صابون ممکن است در منافذ باقی بماند و حالت خشن نامساعد بر پوست باقی بگذارد.
- جرم گرفتن دیگ بخار در نتیجه رسوب سختی کربنات ممکن است موجب زیان اقتصادی قابل توجهی از طریق گرفتگی آبگرمکن ها و لوله های آب داغ شود.
- تغییرات pH در شبکه های آبرسانی نیز ممکن است باعث ایجاد رسوب شود . بیکربناتها در pH بالای ۹ شروع به تبدیل شدن به کربناتها (که قابلیت حل شوندگی کمتری دارد) می کند.
- سختی منیزیم ، خصوصاً سختی مربوط به یون سولفات، برای کسانی که به آن عادت ندارند اثر مسهلی دارد. غلظت منیزیم کمتر از 50 mg/L در آبهای آشامیدنی مطلوب است.
- سختی کلسیم مشکل سلامتی ایجاد نمی کند . در حقیقت آب سخت ظاهراً برای سیستم گردش خون انسان مفید است

طبقه بندی آب بر اساس میزان سختی:

انواع آب مصرفی بر اساس میزان سختی به شرح زیر طبقه بندی می شوند :

تقسیم بندی آبها بر اساس میزان سختی

نوع آب	سختی (میلیگرم بر لیتر کربنات کلسیم)
سبک	۰ - ۵۰
نیمه سبک	۵۰ - ۱۰۰
کمی سخت	۱۰۰ - ۱۵۰
نیمه سخت	۱۵۰ - ۲۰۰
سخت	۲۰۰ - ۳۰۰
بسیار سخت	بیش از ۳۰۰

اندازه گیری:

سختی را می توان به کمک تکنیکهای اسپکتروفتومتری و یا تیتراسیون شیمیایی، که برای تعیین مقادیر یونهای کلسیم و منیزیم در یک نمونه خاص انجام می گیرد، اندازه گیری کرد. سختی می تواند از صفر تا چند صد و یا حتی چندین هزار قسمت در میلیون تغییر نماید. اگرچه حد قابل قبول سختی بر طبق عادت یا حساسیت مصرف کننده تغییر می کند، اما در اغلب استانداردها، مقدار حداکثر ۵۰۰ میلی گرم در لیتر برای آب آشامیدنی توصیه می شود.

با استفاده از دستگاههای الکتریکی اندازه گیری سختی نیز می توان میزان سختی آب را تعیین نمود. در اشکال زیر دو نمونه دستگاه اندازه گیری سختی آب از نوع رومیزی و پرتابل نشان داده شده است.



دستگاه پرتابل اندازه گیری سختی



دستگاه رومیزی اندازه گیری سختی

شایان ذکر است که معمولاً برای اندازه گیری پارامترهای شیمیایی کیفیت آب از دستگاههایی استفاده می شود که همزمان دو یا چند کمیت که بیشتر شامل DO , TDS , EC , pH می باشند را همزمان اندازه گیری می کنند. نمونه ای از این نوع دستگاهها در شکل های زیر نشان داده شده است.



pH/ORP
EC/TDS/Salinity/SG
Turbidity
DO
Logging Probe with
4m cable
Temperature



دستگاه های اندازه گیری همزمان پارامترهای کیفی آب

۶- فلوراید

فلوراید نیز یکی دیگر از پارامترهای شیمیایی مهم کیفیت آب است. فلوراید بطور کلی در طبیعت در برخی از انواع سنگ های رسوبی یا آذرین یافت می شود. فلوراید به ندرت به مقدار زیاد در آب های سطحی مشاهده می شود. همانطور که قبلا تیز اشاره شد، غلظت فلوراید در آب آشامیدنی در مقادیر کمتر از استاندارد باعث بروز پوسیدگی دندان و در مقادیر بالاتر از حد استاندارد باعث فلوروزیس استخوانی و دندانی می شود.

تعیین حد مطلوب مقدار فلوراید در آب شرب تابع میزان آب دریافتی روزانه اقلیم و میانگین دمای سالانه هر منطقه و همچنین میزان دریافت روزانه فلوراید از سایر منابع (غذا، خمیر دندانها و دهان شویه ها) بستگی دارد. افزودن فلوراید به آب شرب اولین بار در آمریکا و کانادا انجام شد و از آن زمان همواره مخالفان و موافقانی داشته است. موافقان افزودن این ماده به آب آشامیدنی معتقدند که این شیوه می تواند از پوسیدگی دندانها بکاهد. مخالفان افزودن این ماده شیمیایی به آب نیز می گویند که با افزودن فلوراید به آب، میزان مصرف آن قابل کنترل نیست چون بدون شک برخی افراد ممکن است از طریق مصرف آب زیادتر، فلوراید بیشتری نیز دریافت کنند. بعلاوه میزان بیش از حد فلوراید در آب باعث می شود تا دندانها دچار تغییر رنگ شدید شوند. طی تحقیقی که در سال ۲۰۱۰ میلادی روی کودکان ۱۲ تا ۱۵ ساله آمریکایی انجام گرفت مشخص شد که حدود ۴۱ درصد از کودکان به نوعی از پدیده تغییر رنگ دندانی موسوم به «فلوروزیس دندانی» مبتلا شدند. تحقیقات مشابه دیگر نشان داده است که افزایش غلظت فلوراید موجود در آب شرب در چین و سایر نقاط جهان با کاهش ضریب هوشی کودکان در این مناطق ارتباط جدی دارد. بنابراین مزایا و معایب مصرف فلوراید نیاز به مطالعه و تحقیق بیشتر دارد. برطبق استاندارد ملی شماره ۱۰۵۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مقدار حد مجاز فلوراید در آب آشامیدنی بایستی بین ۰/۵ تا ۱/۵ میلی گرم در لیتر باشد. جدول زیر یک حد مجاز برای فلوراید را بر حسب سن افراد طبق استاندارد WHO نشان می دهد.

سن افراد	مقدار مجاز فلوراید (mg/l)
نوزادان	۰/۶
بچه ها	۱
افراد بالغ	۲/۷

مقدار مجاز فلوراید تابع دمای محیط نیز می باشد:

دما (درجه سانتی گراد)	مقدار مجاز فلوراید (mg/l)
۰-۱۰	۲/۴
۱۰-۲۰	۱/۴

۷- فلزات

همه فلزات تا اندازه ای در آب قابل حل می باشند. پیدایش فلزات در آب های طبیعی از طریق حل شدن آن ها در آب، توسط رسوبات و تخلیه فاضلاب های شهری، صنعتی و کشاورزی صورت می گیرد. مقدار فلزات داخل آب معمولا توسط روش جذب اتمی اندازه گیری می شود.

۷-۱- فلزات غیر سمی

علاوه بر یونهای کلسیم و منیزیم که باعث سختی در آب می شوند، سایر فلزات غیرسمی مانند آهن، منگنز، آلومینیوم، مس و روی نیز در آب وجود دارند. آهن و منگنز که در بسیاری از موارد به همراه یکدیگر مشاهده می شوند در غلظت های معمولی علائمی دال بر خطرناک بودن برای سلامتی انسان بروز نمی دهند. غلظت آهن بیش از 0.3 mg/L و غلظت منگنز بیش از 0.05 mg/L می تواند رنگ آب را تغییر دهد. همچنین برخی از باکتری ها ترکیبات آهن و منگنز را به

عنوان غذا مصرف نموده و تولید بو و مزه در آب می کنند. سدیم در غلظت های بالاتر از 200 mg/L می تواند مزه شور یا تلخی به آب بدهد.

۷-۲- فلزات سمی

فلزاتی که وجودشان حتی به مقدار کم برای سلامت انسان مضر است، سمی تلقی می شوند. فلزات سمی در آب شامل آرسنیک (حشره کش ها، آفت کش ها)، باریم، کادمیم (صنایع رنگ، پلاستیک، باتری ها)، کروم (ناشی از صنایع تولید کاغذ، پتروشیمی، نیروگاهها، کودهایی شیمیایی)، سرب (بنزین، تایر، روغن موتور، حشره کش ها)، جیوه (معادن استخراج طلا و نقره، صنایع کاغذ و رنگ، پلاستیک سازی) و نقره می باشند. غلظت های زیاد فلزات سنگین مانند آرسنیک، کادمیم، سرب و جیوه برای سلامتی انسان خطر آفرینی خاصی دارند. فلزات مذکور توسط زنجیره غذایی موجود در طبیعت تغلیظ می شوند (تجمع سازی) و بدین ترتیب بزرگترین خطر را برای ارگانیزم های نزدیک به قسمت بالایی زنجیره ایجاد می کنند. غلظت های قابل ملاحظه این فلزات غالباً در پسابهای معدنی (استخراج معادن)، پسابهای صنعتی و زه آب های کشاورزی وجود دارند.

۸- مواد آلی

بسیاری از مواد آلی در آب محلول هستند. اغلب ترکیبات آلی طبیعی از تجزیه مواد آلی جامد (شاخ و برگ درختان، گیاهان) تشکیل می شوند، در حالی که آن دسته از مواد آلی که از طریق مصنوعی تهیه می شوند، معمولاً در نتیجه تخلیه فاضلاب های شهری، صنعتی و زه آب های کشاورزی به محیط زیست وارد می شوند. مواد آلی حل شده در آب معمولاً به دو گروه اصلی زیر تقسیم می شوند:

۸-۱- مواد آلی قابل تجزیه توسط فعالیت های بیولوژیکی

۸-۲- مواد آلی غیر قابل تجزیه توسط فعالیت های بیولوژیکی

۸-۱- مواد آلی قابل تجزیه توسط فعالیت های بیولوژیکی

مواد آلی قابل تجزیه آن دسته از مواد هستند که می توانند به راحتی به عنوان مواد غذایی توسط میکروارگانیسم های طبیعی مورد استفاده قرار بگیرند. این مواد محلول معمولاً شامل نشاسته، چربی ها، پروتئین ها، الکل ها، اسید ها، آلدئیدها و استرها می شوند. مصرف مواد آلی محلول توسط میکروارگانیسم ها ممکن است همراه با فرایند های اکسیداسیون و احیا باشد. فرایند اکسیداسیون، در صورت وجود اکسیژن، نسبت به فرایند احیاء موثرتر است. در محیط هایی که اکسیژن حضور دارد، فرآیند ها هوازی است و محصولات نهایی مواد آلی پایدارند و برای محیط زیست ضرر ندارند. در صورت عدم حضور اکسیژن منجر به ایجاد محصولات ناپایدار خواهد شد.

تجزیه و تولید محصولات نهایی پایدار → میکروارگانیسم ها در حضور اکسیژن + مواد آلی قابل تجزیه

تجزیه و تولید محصولات ناپایدار → میکروارگانیسم ها در غیاب اکسیژن + مواد آلی قابل تجزیه

۸-۲- اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD)

میزان مواد آلی تجزیه پذیر عمدتاً توسط شاخص BOD (biochemical oxygen demand) بررسی می شود. براساس این شاخص، آن قسمت از آلاینده های آلی که باکتریها قادر به تجزیه آنها هستند، تعیین می شوند. تجزیه مواد آلی توسط باکتریها (به طور طبیعی) به دما و زمان بستگی دارد، مقدار این متغیر کیفی در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد اندازه گیری می شود. تجربه نشان داده که BOD یک نمونه در ساعات و حتی روزهای اولیه متفاوت می باشد. امروزه در سطح جهانی مقدار این شاخص در طی پنج روز را بعنوان استاندارد انتخاب کرده، آن را به صورت BOD₅ نشان می دهند. BOD₅ کاهش اکسیژن در نمونه را (که طی پنج روز توسط باکتریهای هوازی مصرف می شود تا مواد آلی را تجزیه کنند)، باغلظت مواد آلی قابل تجزیه توسط باکتریها مرتبط می سازد. مقدار BOD₅ با رابطه زیر به دست می آید:

$$BOD_5 = \frac{DO_I - DO_F}{P}$$

P: درصد حجمی آب یا فاضلاب مورد آزمایش برای رسیدن به حجم ۳۰۰ میلی لیتر نمونه آزمایش

DO_I: غلظت اولیه اکسیژن محلول در نمونه رقیق شده

DO_F : غلظت نهایی اکسیژن محلول در نمونه مورد آزمایش پس از ۵ روز

برای اندازه گیری BOD_5 آب، دو بطری از یک آب مورد آزمایش پر می شوند. میزان DO یکی اندازه گیری می شود، سپس درب بطری دیگر را بسته و داخل همان جریان آب به مدت ۵ روز قرار می گیرد (برای حفظ شرایط محیطی مثل درجه حرارت ، زمان و نور) بعد از ۵ روز DO ظرف دوم اندازه گیری شده و اختلاف DO ظرف اول و دوم مشخص کننده BOD_5 است.

درجه حرارت ، نور و زمان عوامل موثر در BOD هستند. لازم به ذکر است آزمایش حتماً بایستی در درجه حرارت 20° درجه سانتی گراد و در محیط به مدت ۵ روز باشد.

مثال: نمونه ای به حجم ۵ میلی لیتر از فاضلاب یک کارخانه برای تعیین میزان BOD_5 آن انتخاب شده است. مقادیر غلظت های اولیه و نهایی اکسیژن محلول در آن به ترتیب $9/2$ میلی گرم بر لیتر و $6/9$ میلی گرم بر لیتر تعیین شده است. مقدار BOD_5 نمونه چقدر است؟

حل:

$$P = \frac{5}{300} = 0.0167$$

$$BOD_5 = \frac{9.2 - 6.9}{0.0167} = 138 \text{ mg/l}$$

شکل های زیر نمونه ای از دستگاههای اندازه گیری اکسیژن محلول در آب را نشان می دهد.



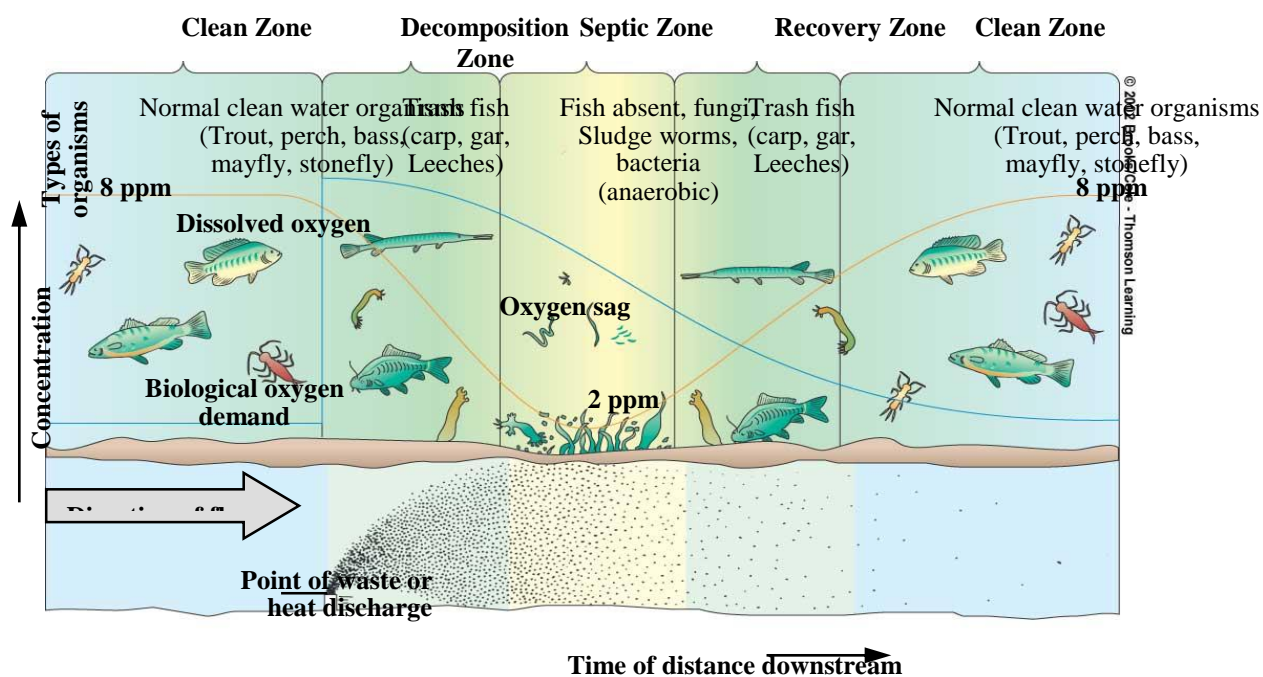
نمونه ای از دستگاههای اندازه گیری DO

برای بررسی تاثیر آلودگی آب بر میزان اکسیژن محلول در آب و مقدار BOD آب، مطابق شکل زیر فرض می کنیم فاضلاب کارخانه ای وارد رودخانه می شود. با توجه به موقعیت نقطه آلاینده آب، رودخانه را می توان به ۴ ناحیه مختلف تقسیم نمود: **ناحیه آب تمیز (Clean Zone)**: در این ناحیه مقدار اکسیژن محلول در آب زیاد بوده ولی BOD کم است. ماهی هایی مثل قزل آلا فقط در این ناحیه قادر به ادامه حیات هستند.

ناحیه تجزیه ماده آلی (Decomposition Zone): در نقطه ورود آلودگی به آب غلظت اکسیژن شروع به کم شدن نموده و مقدار BOD به طور ناگهانی افزایش می یابد. سپس به تدریج میزان BOD کاهش یافته ولی سرعت کاهش اکسیژن محلول خیلی زیاد است. در این ناحیه ماهی های مقاومی مثل کپور قادر به زندگی هستند.

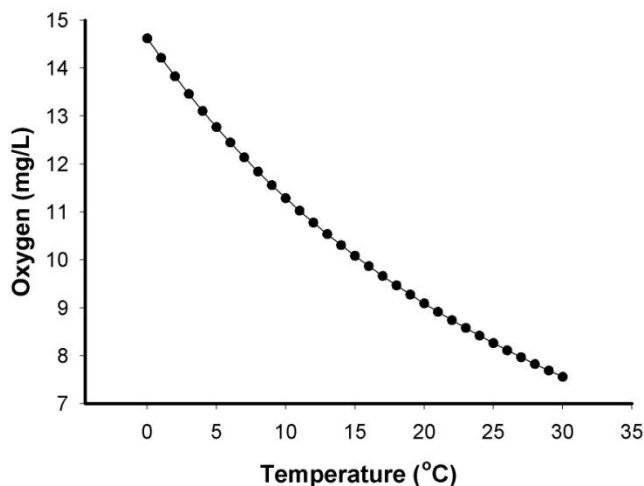
ناحیه تجمع لجن به جای مانده از تجزیه ماده آلی (Septic Zone): در این ناحیه مقدار اکسیژن محلول در آب به کمترین مقدار خود می رسد. در این ناحیه هیچ نوع ماهی وجود ندارد و فقط قارچ ها و کرم ها زندگی می کنند.

ناحیه بازگشت (Recovery Zone): در این ناحیه به تدریج مقدار اکسیژن محلول در آب افزایش یافته و BOD روند کاهشی خود را ادامه می دهد. در این ناحیه نیز ماهی های مقاومی مثل کپور قادر به زندگی هستند.



منحنی تغییرات اکسیژن محلول و BOD در آب رودخانه

لازم به تذکر است که مقدار اکسیژن محلول در آب تابع دما است و با افزایش دمای آب کاهش می یابد. شکل زیر این موضوع را نشان می دهد. جدول زیر مقدار اشباع اکسیژن محلول در آب را در دماهای مختلف نشان می دهد. مشاهده می شود که در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد که معمولاً در مطالعات کیفی آب به عنوان دمای مرجع در نظر گرفته می شود، مقدار اکسیژن محلول در آب ۹/۲ میلی گرم در لیتر می باشد.



تغییرات اکسیژن محلول در آب با دما

مقدار اکسیژن محلول در آب در دماهای مختلف

Temperature (°C)	Oxygen Solubility (mg/L)
0	14.6
5	12.8
10	11.3
15	10.2
20	9.2
25	8.6
100	0

۸-۳- مواد آلی غیر قابل تجزیه توسط فعالیت های بیولوژیکی

مواد آلی غیر قابل تجزیه موادی است که در برابر تجزیه بیولوژیکی از خود مقاومت نشان می دهد. موادی مثل سلولز، حشره کش های آلی، ترکیبات نفتی و برخی از اسیدها. این مواد به قدری آهسته تجزیه می شوند که معمولاً آنها را غیر قابل تجزیه معرفی می کنند. مولکول هایی که دارای پیوندهای فوق العاده قوی هستند (نظیر برخی از پلی ساکاریدها) و مولکول های با ساختمان های حلقوی (نظیر بنزن، ترکیبات آلی که در نفت خام و یا در فرآیند پالایش نفت) اساساً غیر قابل تجزیه اند.

۸-۴- اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)

منظور از این شاخص تعیین مقدار کل مواد آلی موجود در آب یا فاضلاب است. این شاخص هم معرف مواد آلی قابل تجزیه و هم غیر قابل تجزیه (سلولز، حشره کش های آلی، ترکیبات نفتی) توسط باکتریها می باشد. آزمایش COD به سهولت و در زمان کمی (تقریباً ۳ ساعت) قابل انجام می باشد. بنابراین با توجه به همبستگی بین غلظت BOD و COD عموماً به جای آزمایش BOD که چند روز به طول می انجامد، آزمایش COD جهت تخمین BOD نهایی مورد استفاده قرار می گیرد. در آزمایش COD از دی کرومات پتاسیم به عنوان یک اکسید کننده قوی استفاده می شود.

$$\frac{BOD}{COD} = 0.6 - 0.7$$

هرچقدر نسبت فوق بزرگتر باشد نشان می دهد که مواد آلی موجود در نمونه تجزیه پذیرند. به عبارت کیفیت آب یا فاضلاب بهتر است. برای به دست آوردن مقدار مواد آلی غیر قابل تجزیه باید BOD را از COD یا TOC کم کرد. کمیت و کیفیت ترکیبات خاص آلی به کمک روشهای چون گاز کروماتوگرافی قابل اندازه گیری است.

۹- مواد مغذی

مواد مغذی نیز یکی دیگر از پارامترهای شیمیایی کیفیت آب است. منظور موادی که برای رشد و تولید مثل گیاهان و جانوران ضروری است شامل نیتروژن و فسفر. نیتروژن در محیط آبی عمدتاً از منابعی غیر از نیتروژن در اتمسفر تامین می شود. نیتروژن جزئی از پروتئین هاست و همچنین در کلروفیل و در بسیاری از ترکیبات بیولوژیکی دیگر یافت می شود. از منابع نیتروژن در سیستم های آبی می توان به فضولات جانوران، مواد شیمیایی و فاضلاب های تخلیه شده اشاره نمود. ترکیبات نیتروژن می تواند اکسید شده، توسط باکتریهای موجود در خاک تبدیل به نترات شوند و به سفره های آب زیرزمینی نفوذ نمایند.

فسفر در محیط های آبی بصورت ارتوفسفاتها ($H_3PO_4, H_2PO_4^-, HPO_4^{2-}, PO_4^{3-}$) پلی فسفاتها و فسفات های آلی مشاهده می شود. فاضلاب شهری منبع اصلی برای ورود فسفات به آبهای سطحی است. ورود بیش از حد فسفات به منابع آب رشد سریع گیاهان آبی (به ویژه جلبک ها) و کاهش اکسیژن محلول در آب را موجب می گردد.

برای رفع مشکل مغذی سازی در آبها راهکارهای زیر وجود دارد:

- حذف نیتروژن و فسفر در تصفیه خانه ها. این کار سخت و هزینه بر است.
- حذف فسفر از شوینده ها و استفاده از ترکیبات جایگزین که خطر کمتری داشته باشد.
- استفاده محدودتر و کنترل شده کودهای شیمیایی.

پارامترهای بیولوژیکی کیفیت آب

مهمترین ارگانیزم های بیولوژیکی موجود در آب، ارگانیزم هایی هستند که در ایجاد بیماری ها نقش اصلی را ایفا می کنند. این ارگانیزم های بیماری زا که منشاء آبی دارند در برگیرنده انواع باکتری ها، ویروس ها، پروتوزواها و کرم های انگلی هستند.

۱- باکتری ها

باکتری ها، میکروارگانیزم های تک سلولی هستند که معمولا بی رنگ بوده و جزء پست ترین اشکال حیوانند. بیماری روده و معده اغلب در اثر بیماری های منتقل شده توسط باکتری های بیماری زای آبی هستند. بیماری هایی مثل وبا و حصبه منشا باکتریایی دارند.

۲- ویروس ها

ویروس ها کوچکترین ساختمان های بیولوژیکی شناخته شده هستند که تمام اطلاعات ژنتیکی لازم برای تولید مثل خویش را دارند. ویروس ها انگل هایی هستند که برای زندگی خود اجبارا نیاز به یک میزبان دارند. تعیین موثر بودن گندزدایی ویروس ها مشکل است، برای ارگانیزم های ویروسی آزمایش جامع و سریع وجود ندارد. عدم قطعیت در گندزدایی ویروسی مشکل اصلی برای کاربرد مستقیم فاضلاب و پساب به حساب می آید. فلج اطفال و هپاتیت از جمله بیماری های ویروسی مرتبط با آب آلوده هستند.

۳- پروتوزوا ها

پروتوزاها ارگانیزم های تک سلولی هستند که به لحاظ فعالیت از باکتری ها و ویروس ها پیچیده ترند. پروتوزاها ارگانیزم های کامل و خود کفایی هستند که میتوانند زندگی آزاد یا انگلی داشته باشند و خواص بیماری زایی یا غیر بیماری زایی از خود بروز دهند. پروتوزاها دارای سازگاری بسیار بالا با محیط دارند، بطور گسترده ای در آبهای طبیعی وجود دارند. تحت شرایط حاد محیطی، پروتوزاها از آبی شبکه مقاومی را تشکیل می دهند که غیر فعال ساختن آنها به کمک عملیات گندزدایی کار مشکلی است و برای از بین بردن آنها نیاز به فیلتراسیون آب است.

۴- کرم های انگلی

چرخه زندگی کرم های انگلی معمولا در بر گیرنده دو یا بیش از دو جانور به عنوان میزبان است. آلودگی آب ممکن است از فاصله حیوانی که حاوی کرم های انگلی است، ناشی شود. بدین ترتیب کرم های انگلی در وهله اول افرادی را تهدید می کنند که در تماس مستقیم با آب تصفیه نشده هستند.

ارگانیزم های شاخص:

تجزیه و تحلیل آب برای شناسایی عوامل بیماری زا وقت گیر و پر هزینه است. بنابراین عموما کیفیت آب با استفاده از ارگانیزم های شاخص ارزیابی می شود.

ارگانیزم شاخص، ارگانیزی است که حضورش بیانگر آن است که آلودگی وجود دارد و علاوه بر آن تا حدودی ماهیت و میزان آلاینده را نیز روشن سازد. ارگانیزم های شاخص کاملا در محل غالب هستند و در محیط های مجاور وجود ندارند یا بطور بسیار محدود مشاهده می شوند. بنابراین بطور معمول ارگانیزم هایی انتخاب می گردند که:

۱- به راحتی قابل شناسایی باشند.

۲- همیشه در نقاطی که عوامل بیماری زا تجمع می نمایند، حضور دارند.

۳- برای حفظ سلامت کارکنان آزمایشگاه، ارگانیزم های شاخص خود بیماری زا نباشند.

۴- در محیط به سادگی و با سرعت نسبتا زیاد تکثیر و گسترش یابند.

اشریشیا کلیفرم (کلیفرم روده ای) از باکتری های شاخص برای تعیین آلودگی آب به فاضلاب های انسانی است. دلایل اصلی استفاده از کلیفرم روده ای بعنوان یک باکتری شاخص این است که:

۱- در برابر شرایط نامساعد محیطی (مثل دما یا PH زیاد) مقاومت بالا دارند. بطوری که اگر به دلیل نامساعد بودن محیط کلیفرم روده ای از بین برود می توان با اطمینان اظهار داشت که هیچ ویروسی یا باکتری بیماری زایی در محیط وجود ندارد.

۲- تعداد (غلظت) این باکتری بسیار زیاد است بنابراین می توان اطمینان داشت اگر باکتری دیگری ناشی از فاضلاب های انسانی در نمونه وجود داشته باشد، کلیفرم روده ای نیز وجود دارد.

۳- کلیفرم روده ای به تعداد میلیونی در روده بزرگ انسان وجود دارد و بیماری زا نمی باشد، بنابراین وجود آن در نمونه های آب خطری را برای کارکنان آزمایشگاه ایجاد نمی کند.

جدول زیر میزان تصفیه مورد نیاز برای دستیابی به آب آشامیدنی با کیفیت مناسب بر حسب تعداد کلیفرم شمارش شده در آب را نشان می دهد.

گروه	کل کلیفرم در ۱۰۰mL	کلیفرم مدفوعی	درجه تصفیه مورد نیاز
۱	<۱	۰	ترجیحا کلرزنی
۲	<۵۰	۰ - ۲۰	کلرزنی (گندزدایی)
۳	<۵۰۰۰	۲۰ - ۲۰۰۰	تصفیه متداول + کلرزنی
۴	۵۰۰۰ - ۲۰۰۰۰	۲۰۰۰ - ۲۰۰۰۰	پیش ته نشینی یا پیش کلرزنی + تصفیه متداول
۵	>۲۰۰۰۰	>۲۰۰۰۰	ذخیره سازی طولانی مدت برای تبدیل شدن به یکی از گروه های فوق