آلوده کننده‌های آب

نوشتهٔ :
دکتر رضا خیراندیش

آلوده کننده‌های آب:

چکیده :

مثالهائی که در مورد آلودگی آب دراین بخش مورد بحث قرار گرفت نکات زیر را روشن میسازد :

وجود مواد ارگانیکی قابل تجزیه بیولوژیکی در سیستم ارتباطی محیط و موجودات زنده آبزی (Ecosystem) از نقطه نظر کاهش اکسیژن محلول در آب تقریباً بدون ضرر می‌باشد. زیرا غلظت این مواد معمولا در فاضلاب خیلی زیاد نمی‌باشد.

بشر بعلت فعالیت‌هاومتمرکز نمودن کارخانجات‌صنعتی موجب افزایش بار این‌سیستم های‌اکولوژیکی گردیده بطوریکه این بار اضافی بطور طبیعی تصفیه نمی گردد.

تجزیه غیر هوازی مواد پس مانده موجود در آب باعث تغییراتی در مشخصات اکوسیستم آبی میگردد. بمنظور برطرف نمودن این مسائل‌فاضلاب‌باید قبل‌از تخلیه به رودخانه‌ها تصفیه گردد ، تاموجب کاهش اکسیژن محلول آب رودخانه نگردد.

آلودگی‌های حرارتی مانند مواد پس مانده نیازمند باکسیژن ، بطور طبیعی در جریان رودخانه ازبین خواهند رفت.

تأثیر مواد آلوده کننده غیر قابل تجزیه مانند فلزات سنگین ، بعضی حشره‌کشها و رادیوایزوتوپها درکیفیت آبها زیادتر است ، زیرا برطرف شدن این مواد در آب رودخانه‌ها نسبت به زمان بکندی صورت میگیرد. خطر افزایش غلظت این مواد در آب بعلت ادامه آلودگی بوسیله انسان روز بروز فزونی میابد. همانطوریکه در مورد جیوه و یا د.د.ت بحث گردید ما آلودگی‌های زیادی را در نتیجه استفاده از موادزائد غیر قابل تجزیه بوجود میآوریم و همانطوریکه دیده شد تخلیه این مواد در آب رودخانه‌ها خطرات زیادی را ببار خواهد آورد. بنابراین قبل‌از بروز چنین مخاطراتی مقررات و شرایطی جهت تخلیه این مواد به‌آب‌ها باید بوجود آید و تا آنجا که ممکن‌است بایداز مقدار آنهادر اولین‌نقطه تخلیه این مواد به آب کاسته گردد.

بیشتر آبهائی که توسط بشر مورد بهره برداری واقع می‌شود بطریقی قبلاً استفاده شده است. در حقیقت بعضی از این آبها قبل‌از اینکه وارد دریا گردند دوباره استفاده خواهند شد. باهردفعه مصرف این آب ، افزایش انواع مختلف آلودگی موجب تنزل کیفیت آب میگردد. بعضی مواقع این تنزل کیفیت آب

موقتی بوده و تصفیه طبیعی موجب حصول مجدد کیفیت خوب آب میگردد. اما در اکثر اوقات آلوده کننده‌ها بطور طبیعی ازبین نرفته و یا حجم آنها بقدری است که با عمل تصفیه طبیعی برطرف نخواهند شد.

در چنین حالاتی است که کیفیت آب بطور دائمی تنزل خواهد نمود. دراینجا سعی میگردد که انواع آلوده کننده‌های آب خصوصاً مواد آلی تجزیه پذیر بطریق بیولوژیکی، آلودگی حرارتی، فلزات سنگین سمی مورد بررسی قرار گیرد.

انواع آلوده کننده‌ها

راههای مختلفی جهت طبقه‌بندی آلوده کننده‌های آب وجود دارد، اماطبقه‌بندی که توسط سازمان حمایت محیط زیست امریکا انجام گرفته بقرار زیر است:

۱ـ مواد زائدی که احتیاج به اکسیژن دارند ـ این مواد که در فاضلاب خانگی و یا در بعضی پسابهای تصفیه شده صنعتی یافت می‌شوند از مواد آلی تشکیل یافته و بطور بیولوژیکی تجزیه پذیر می‌باشند. موقعی که این مواد توسط باکتریها تجزیه شوند اکسیژن موجود در آب ازبین خواهدرفت. اگر این کاهش اکسیژن خیلی زیاد باشد موجب مرگ‌ومیر ماهیها خواهد گردید.

۲ـ آلوده کننده‌های مولد مرض ـ شامل انواع میکروارگانیسم‌های بیماریزا بوده که توسط فاضلاب انسانی به آب راه پیدا می‌نمایند. این میکروبها ممکن است از طریق آب مشروب یا از طریق مختلف با انسان تماس حاصل نمایند.

۳ـ ترکیبات مواد آلی مصنوعی ـ شامل پاک کننده‌های مصنوعی (دترجنت‌ها)، حشره کشها، انواع مواد شیمیائی مصنوعی می‌باشد. این ترکیبات جهت موجودات زنده آمیزی سمی بوده و برای انسان نیز ممکن است مضر باشند.

۴ـ مواد غذائی نباتی مانند ازت‌و فسفر که توسط اراضی کود داده شده ویابوسیله پس آب تصفیه شده اکثر تصفیه خانه‌های فاضلاب خارج میگردند موجب رشد سریع جلبکها و علف‌های هرز، آبی میگردند.

۵ـ مواد شیمیائی غیر آلی و فلزات ـ شامل اسیدهائی که توسط پس آب اکثر معادن فلز خارج شده و همچنین شامل فلزات سنگین نظیر جیوه و کادمیوم می‌باشند.

۶ـ رسوباتی که اکثراً از ذرات خاك،شن و مواد معدنی درنتیجه شسته شدن خاك حاصل میگردند موجب خفه نمودن و ازبین بردن زندگی صدفها و مرجانها خواهند گردید. این رسوبات همچنین سبب پر نمودن مخازن سدها و اسکله‌های دریائی می گردند. بهره برداری قادرست‌از اراضی منجر به فرسایش خاك و تشدید این مسئله میگردد.

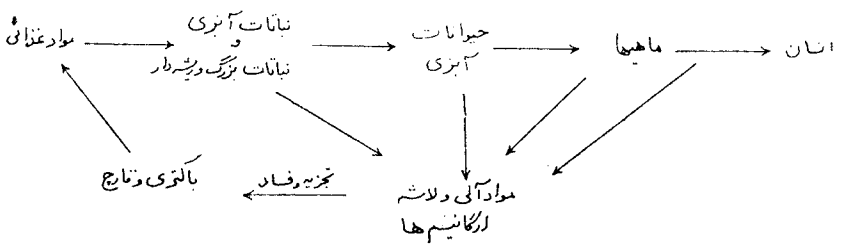
۷ـ مواد رادیواکتیو ـ این مواد ازطریق معادن‌رادیواکتیو، از طریق بهره برداری‌از ایستگاههای اتمی، تأسیسات پزشکی و همچنین از طریق آزمایش تسلیحات اتمی وارد آب میگردند. مواد رادیواکتیو مستقیماً مانند د.د.ت در زنجیر پیوسته غذائی وارد میگردند.

۸ـ تخلیه آبهای گرم تأسیسات نیروی بخار ـ برق بداخل رودخانه‌ها موجب افزایش درجه حرارت آب (تا ۲۰ درجه فارنهایت) گردیده و موجب بروز انواع تغییرات در اکوسیستم محلی (Locol Ecosystem) میگردد. اکوسیستم عبارتست از سیستم ارتباطی بین محیط و موجودات زنده می‌باشد.

سیستم‌های ارتباطی بین محیط و موجودات زنده آبزی
(Aquatic Ecosystem)

قبل از ادامه بحث در مورد تأثیر انواع این آلوده کننده‌ها، ابتدا طرز عمل کلی یک سیستم ارتباطی بین محیط و موجودات زنده آبزی را مطابق شکل ۱ مورد بررسی قرار میدهیم. در این شکل تولید کننده‌های مواد غذائی از ۲ نوع درنظر گرفته شده‌اند:

گیاهان بزرگی که می‌توانند بعمق زیادی در خاک ریشه داشته باشند و دیگری گیاها کوچک شناور مانند جلبکها که بنام Phytoplankton نامیده می‌شوند. این گیاهان گرچه به آب رنگ سبزی میدهند ولی قابل رؤیت نمی‌باشند. همراه با این جلبگها، گیاهان شناور در آب تولید کننده‌های اصلی مواد غذائی در این سیستم می‌باشند. زیرا این نباتات در طول روز و با عمل فتوسنتز انرژی ذخیره نموده و اکسیژن آزاد می‌نمایند.



شکل ۱ — یک سیستم ارتباطی محیط و موجودات زنده آبزی
(Aquatic Ecosystem)

مصرف کننده‌های مواد غذائی شامل تمام موجودات زنده آبزی (گیاهی و حیوانی) و حیوانات Zooplonkton می‌باشند. Zooplonkton آن دسته از حیوانات آبزی بوده که قدرت شناوری آنها کم و یا اصلاً فاقد آن می‌باشند. مصرف کننده‌های دیگر عبارتند از ماهیها، حشرات، وزغها و انسان.

فساد و تجزیه ارگانیسم‌ها، باکتریها وقارچها مجدداً بورت مواد غذائی در سیکل شکل شماره ۱ وارد شده و بنابراین دایره سیستم ارتباطی محیط و موجودات زنده آبزی بسته میگردد. چنین سیستمی بنام سیستم متعادل نامیده می‌شود و خود بخود موجب تمیز و بهداشتی نگهداشتن آب بدون کمک انسان گردیده و هیچ نوع مواد غذائی یا مواد پس مانده اضافی در آب باقی نمی‌ماند.

متأسفانه از آنجائیکه بیشتر فعالیت‌های انسان در شهرها متمرکز شده و همچنین بعلت پیشرفت تکنولوژی، اغلب این سیستم ارتباطی غیر متعادل گردیده و بطور شایسته‌ای انجام وظیفه نمی‌نماید.

اکسیژن محلول :

سازمان حمایت محیط زیست امریکا گزارش میدهد که در سال ۱۹۷۱ حدود ۷۳۳ میلیون ماهی بعلت آلودگی آب کشته شدند. این رقم ۸۱ درصد بیشتر از تعدادی بود که در سالها بیش اتفاق افتاده بود (از ابتدای سال ۱۹۶۰).

بزرگترین منبع مرگ‌ومیر ماهیها سیستم‌های فاضلاب بوده (۲۱۳ میلیون ماهی) و علت اصلی آن کمبود اکسیژن محلول در آب تشخیص داده شده است. مقدار اکسیژن محلول در آب عامل اصلی تعیین کیفیت آب می‌باشد.

برای مثال ماهیها برحسب نوع گونه، مرحله تکامل، سطح فعالیت و درجه حرارت آب احتیاج به یک حداقل مقدار اکسیژن را دارند. برطبق مطالعاتی که انجام گرفته، ماهیهای آبهای گرم جهت ادامه زندگی بیش‌از ۵ میلی گرم در لیتر اکسیژن محلول و برای مدت حداقل ۱۶ ساعت در روز و برای ۸ ساعت دیگر، میزان اکسیژن محلول در آب نباید از۳میلی گرم در لیتر کمتر باشد. بطورکلی گونه های مهم ماهی‌ها مانند ماهی قزل‌آلا نسبت به دیگرگونه‌ها مانندگول ماهی احتیاج به اکسیژن محلول بیشتری را دارد.

چهار مرحله زیر در میزان اکسیژن آب تأثیر می گذارد :

- دوباره هوادهی
- فتوسنتز
- تنفس و اکسیداسیون مواد پس مانده.

دوباره هوا دهی مرحله‌ایست که‌اکسیژن‌توسط اتمسفر واردآب میگردد. همانطوریکه درشکل ۲ نشان داده شده است قابلیت انحلال اکسیژن در آب شیرین و در فشار ۱ اتمسفر با افزایش درجه حرارت کاهش می‌یابد. موقعی که مقدارواقعی‌اکسیژن در آب کمتر از مقدار اشباع باشد دراین صورت اکسیژن هوا بمیزانی که متناسب باکمبود اکسیژن آب دارد وارد آب میگردد. باافزایش سطح تماس آب باهوا، اکسیژن بیشتری از هوا به به داخل‌آب منتقل میگردد، بطوریکه رودخانه‌هائی که دارای جریان متلاطم می‌باشند اکسیژن بیشتری از هوا نسبت به‌رودخانه‌هائی با جریان آرام جذب می‌نمایند.

فتوسنتز و تنفس گیاهی باعث تغییرات اکسیژن محلول در آب میگردد. عمل فتوسنتز که فقط در ساعات روشن روز اتفاق می‌افتد موجب آزاد کردن اکسیژن شده و بنابراین اکسیژن محلول آب را افزایش میدهد.

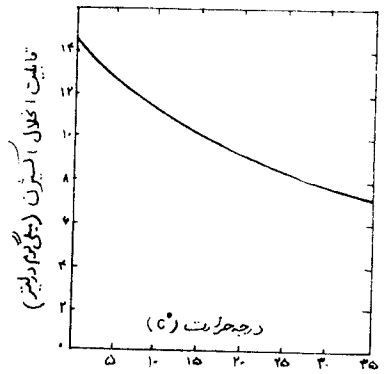
تنفس گیاهی مرحله‌ایست که بطور ممتد اکسیژن آب مصرف و درنتیجهٔ کاهش می‌یابد.

با تلفیق سه مرحله فتوسنتز، تنفس گیاهی و دو باره هوا دهی آب، تغییرات میزان اکسیژن محلول مطابق شکل ۳ می‌باشد. همانطوریکه در این شکل ملاحظه می گردد، چنین فرض می‌شود که مرحله فتوسنتز از ساعت ۶ صبح تا ۶ بعدازظهر انجام میگیرد و میزان اکسیژن محلول در آب در بعد از

ظهر کمی بالاتر از نقطه اشباع می‌باشد . در طول این مدت اکسیژن بجای اینکه وارد آب گردد از آن خارج میگردد .

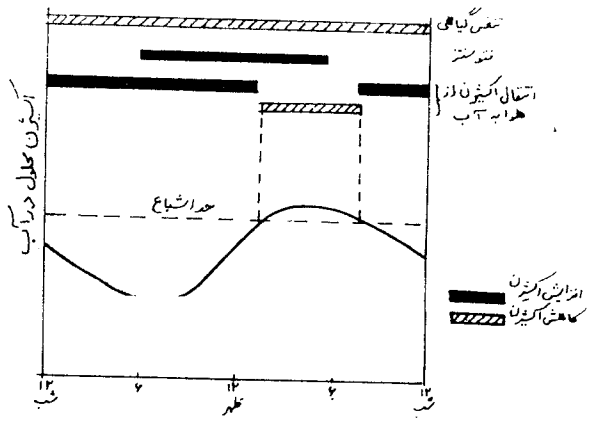
تجزیه مواد آلی

چهارمین مرحله‌ای که در میزان اکسیژن محلول در آب تأثیر دارد اکسیداسیون مواد پس مانده موجود در آب می‌باشد . میکروارگانیسم‌ها ، خصوصاً باکتریها این مواد پس مانده را بعنوان غذا استفاده نموده و دراین مرحله مواد آلی خیلی پیچیده به مواد ساده‌آلی و غیر آلی تجزیه میگردد . اگر عمل تجزیه



شکل ۲ — انحلال اکسیژن در آب شیرین در ۱ اتمسفر فشار و هوای اشباع از آب

مواد آلی پیچیده در مجاورت اکسیژن انجام گیرد بنام تجزیه هوازی و اگر تجزیه در غیاب اکسیژن اتفاق افتد دراین صورت بنام تجزیه غیر هوازی نامیده می‌شود .



شکل ۳ — تغییرات اکسیژن محلول با فرض اینکه فتوسنتز از ۶ صبح تا ۶ بعداز ظهر باشد

شکل عمومی معادله تجزیه هوازی مواد آلی بصورت :

$$\text{مواد ساده جدید} + CO_2 + H_2O \longrightarrow \text{باکتری} + O_2 + \text{مواد آلی}$$

می‌باشد .

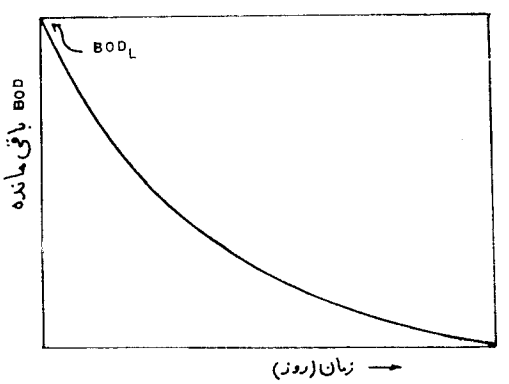
لازم به یادآوری است که در طول مدت تجزیه هوازی بعلت معرف اکسیژن ، اکسیژن محلول در آب کاهش می‌یابد .

اگر احتیاج به تجزیه مواد آلی زیاد باشد ، دراین صورت اکسیژن محلول در آب صفر گردیده و دراین صورت نه تنها مرگ‌ومیر موجودات زنده آبزی اتفاق می‌افتد ، بلکه مواد ایجاد شده نهائی در نتیجه تجزیه غیر هوازی سمی بوده موجب ایجاد بوی زیاد می گردند . نوع موادی که از تجزیه غیر هوازی حاصل میگردد ، آمونیاك ، هیدروژن سولفوره ، اکسید کربنیک و آب می‌باشد .

۵ـ اکسیژن بیوشیمی مورد نیاز (B.O.D)

یکی از طرق بسیار مهم تعیین درجه آلودگی آب اندازه‌گیری B.O.D آب می‌باشد . BOD عبارتست از مقدار اکسیژنی است که باکتریها جهت اکسیداسیون هوازی مواد آلی (مواد پس مانده) لازم دارند . نتیجه نهائی این اکسیداسیون تشکیل گاز کربنیک و آب خواهد بود .

اگر مقداری مواد آلی بداخل آب وارد نمائیم و مراحل مختلف تجزیه را مطالعه کنیم ، خواهیم دید که مقدار مواد آلی باقی مانده در محلول با زمان کاهش می‌یابد . مقدار BOD که بعداز یکمدت زمان معین در محلول باقی می‌ماند متناسب با مواد آلی باقی مانده می‌باشد (شکل ٤) .



شکل ٤ — BOD باقی مانده بعنوان تابعی از زمان با BOD_L

BOD اولیه محلول عبارتست از کل اکسیژن مورد نیاز جهت اکسیداسیون مواد آلی و بنام BOD نهائی (BOD_L) نامیده می‌شود . معادله تغییرات BOD نسبت بزمان بصورت زیر می‌باشد .

$$BOD_{(\text{باقیمانده})} = BOD_L \cdot e^{-kt}$$

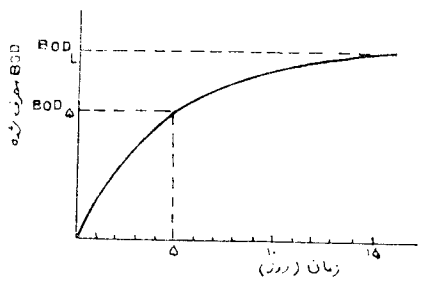
دراین معادله K عبارتست از ضریب ثابت میزان واکنش که با درجه حرارت افزایش می‌یابد و t عبارتست از زمان .

معمولاً ، موقعی که منحنی‌های BOD را نسبت به زمان رسم می کنند ، BOD مصرف شده درنظر گرفته می‌شود . BOD مصرف شده متناسب با مقدار مواد آلی اکسیده شده بوده و دارای شکلی مطابق شکل شماره ٥ می‌باشد .

تمایز بین BOD مصرف شده و BOD باقی مانده اغلب با اشکال توأم می‌باشد . بنابراین جهت اجتناب از چنین اشتباهی ، معادله BOD مصرف شده بصورت زیر می‌باشد :

$$BOD_{(\text{مصرف شده})} = BOD_L(1 - e^{-kt})$$

روش اندازه‌گیری BOD ، تعیین اکسیژن لازم جهت باکتریها در طول مدت ۵ روز اول تجزیه و در ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این BOD بنام BOD پنج روزه (BOD_5) نامیده شده ودرشکل ۵ نشان داده شده است. همانطوریکه درمثال زیر مشخص گردیده ، BOD_5 خیلی کمتر از BOD نهائی (BOD_L) می‌باشد.



شکل ۵ — منحنی عمومی BOD (BOD مصرف شده)

مثال : BOD پنج روزه یک فاضلاب برابر با ۲۰۰ میلی گرم در لیتر می‌باشد. مطلوبست تعیین BOD نهائی (BOD_L). $K=۰٫۲۲$ روز/۱

حل : با درنظرگرفتن روز $t=۵$ روز :

$$BOD_L=\frac{BOD_5}{۱-e^{-۵k}}=\frac{۲۰۰}{۱-e^{-۵\times ۰٫۲۲}}=\frac{۲۰۰}{۱-۰٫۳۳}=۳۰۰ \text{ میلی گرم/لیتر}$$

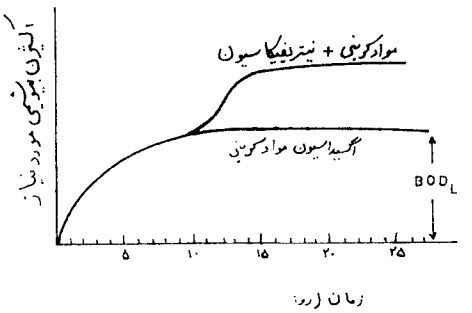
مفهوم BOD درکنترل کیفیت‌آب بسیار بااهمیت می‌باشد. BOD پنج روزه یک‌فاضلاب‌شهری‌معمولی حدود ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و AOD فاضلابهای صنعتی حدود چندین هزار میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. با توجه بشکل ۲ ملاحظه می گردد که حد اشباع اکسیژن در ۲۰ درجه سانتی‌گراد فقط ۹٫۲ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد ، بنابراین باتخلیه‌فاضلابها خصوصاً فاضلابهای‌صنعتی کاهش اکسیژن محلول‌درآب‌رودخانه‌ها بوجود میآید. واضح است‌که این کاهش اکسیژن موجب مرگ‌ومیر ماهیها و تجزیه غیر هوازی مواد شده وکیفیت آب رودخانهٔ از نقطه نظر استفاده‌های بعدی آب تقلیل می‌یابد.

لازم به یادآوری است‌که احتیاج به اکسیژن بعداز ۸ تا ۱۰ روز افزایش می‌یابد. زیرا مواد آلی ازت‌دار موجود در فاضلاب درطول مدت تجزیه ، ابتدا به آمونیاك تبدیل میگردند. در اکسیداسیون بعدی آمونیاك به نیتریت (NO_2) و سپس به نیترات (NO_3) تبدیل خواهد گردید. تمام این مراحل با مصرف اکسیژن همراه می‌باشد.

$$NH_3 \xrightarrow[\text{باکتریهای تولیدکننده}]{O_2} NO_2 \xrightarrow[\text{باکتریهای تولیدکننده}]{O_2} NO_3$$

نیتریت — نیترات

منحنی اکسیژن مورد احتیاج جهت اکسیداسیون مواد کربنی و نیتریفیکاسیون‌در شکل شماره ۶ نشان داده شده است.



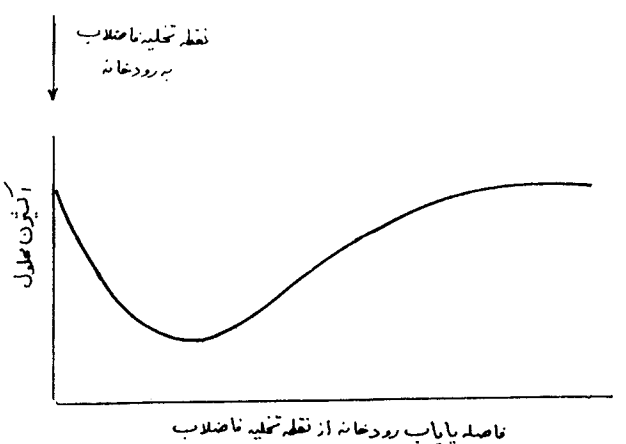
شکل ٦ — منحنی کامل BOD ، شامل اکسیداسیون مواد کربنی و نیتریفیکاسیون مواد

منحنی خمیدگی اکسیژن (Oxygen Sag Curve)

ملاحظه گردید که موقعی فاضلاب بداخل آب (رودخانه) تخلیه میگردد ، مقدار اکسیژن محلول بعلت اکسیداسیون توسط باکتریها کاهش می‌یابد. این کاهش اکسیژن ، مجدداً بعلت اکسیژن گیری سطحی از هوا بمیزانی که متناسب با کمبود اکسیژن از حد اشباع می‌باشد جبران می گردد. این عمل اکسیژن دهی و اکسیژن گیری بنام منحنی خمیدگی اکسیژن نامیده می‌شود.

همانطوریکه در شکل شماره ۷ دیده می‌شود ، اکسیژن محلول در آب ابتدا کاهش می‌یابد ، زیرا کاهش اکسیژن در ابتدا سریعتر جانشین شدن اکسیژن بوسیله عمل هوا دهی می‌باشد. میزان اکسیژن گیری از هوا در نقطه‌ای که محلول حداقل می‌باشد برابر با میزان اکسیژن مصرف شده بوده و از این نقطه ببعد میزان اکسیژن گیری بیشتر از میزان اکسیژن مصرف شده بوده و سرانجام اکسیژن محلول به میزان اولیه خود باز میگردد. این مرحله بنام «قدرت تصفیه طبیعی آب» نامیده می‌شود.

محور افقی منحنی خمیدگی اکسیژن ممکن است برحسب زمان یا فاصله درنظر گرفته شود. برای مثال ، اگر یک مقدار معینی از یک فاضلاب در یک نحظه بداخل یک مخزن بسته آب تخلیه گردد دراین



شکل ۷ — منحنی خمیدگی اکسیژن

صورت میزان اکسیژن محلول درهرلحظه تابعی از زمان خواهد بود ولی اگر بطور ممتد فاضلاب بداخل رودخانه تخلیه گردد دراین صورت منحنی خمیدگی اکسیژن تابعه از فاصله و مسافت پایاب رودخانه از نقطه تخلیه فاضلاب می‌باشد. همانطوریکه در شکل ۷ دیده می‌شود هرچه از نقطه تخلیه فاضلاب به سمت پایاب حرکت کنیم اکسیژن محلول در آب کم شده و بنابراین تغییراتی در ماهیت زندگی موجودات زنده آبزی ایجاد می‌شود. بدین ترتیب که ماهیهائی که به کدوزت آب مقاوم هستند جایگزین ماهیهای عادی رودخانه می گردند. در نقطه‌ای از پایاب رودخانه که اکسیژن محلول به حداقل میرسد هیچ نوع ماهی وجود نخواهد داشت. تنها موجودات زنده آبزی آندسته از موجودات که اکسیژن مورد احتیاج خود را از سطح آب گرفته و یا کلاً به کمبود اکسیژن مقاوم هستند تشکیل میدهد.

۷ـ آلودگی حرارتی :

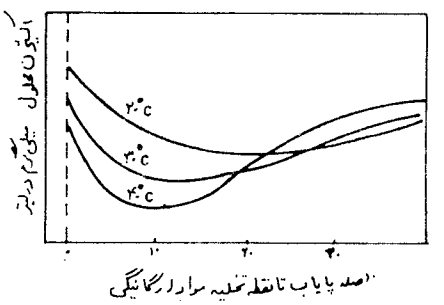
مقدار زیادی آب جهت خنک نمودن تأسیسات، ایستگاههای نیروی بخار ـ برق و سایر کارخانجات استفاده میگردد. یک مرکز اتمی حدود ۱۰۰۰ فوت مکعب آب در ثانیه جهت خنک نمودن تأسیسات لازم دارد. این آب که از رودخانه ، دریاچه و یا اقیانوس تأمین می گردد بداخل سیستم‌های سرد کننده ایستگاه فرستفاده می‌شود. درجه حرارت آب تا ۲۰ درجه فارنهایت افزایش نموده و سپس به منبع اولیه خود باز میگردد.

در بعضی شرایط این آب گرم ممکن است سفید واقع گردد. زیرا اگر درجه حرارت آب درحد معینی باشد موجب رشد ماهیها میگردد. اما همیشه این خطر وجود دارد که اگر ماهیهائی که به‌آب گرم عادت نموده‌اند درصورت برگشت درجه حرارت آب بحالت اولیه در طول مدت تعطیل یا از کار افتادن کارخانه اتمی موجب کشته شدن ماهیها خواهد گردید.

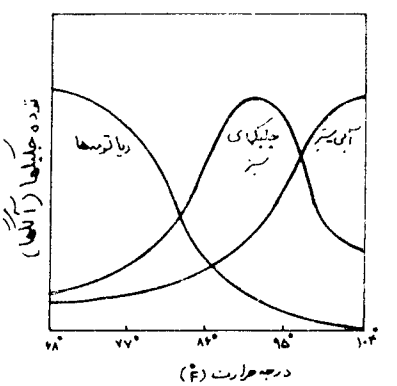
بیشتر تأثیرات زیان‌آور آلودگی حرارتی روی موجودات آبزی افزایش میزان متابولیسم بادرجه‌حرارت می‌باشد. زیرا ، معمولاً میزان متابولیسم در ازاء هر ۱۰ درجه سانتی گراد افزایش درجه حرارت دوبرابر خواهد گردید واین عمل موجب مصرف اکسیژن بیشتری توسط ارگانیسم‌ها خواهد شد. ضمناً همانطوریکه در شکل ۲ نشان داده شده ، اکسیژن محلول در آب با افزایش درجه حرارت کاسته میگردد. بنابراین هرچه احتیاج به اکسیژن توسط میکروارگانیسم‌ها افزایش یابد اکسیژن محلول موجود در آب کاسته خواهد شد.

عامل دومی که باعث کاهش اکسیژن محلول میگردد ، افرایش میزان تجزیه مواد موجود در فاضلاب دردرجه‌حرارتهای بالا است. هرچه تجزیه مواد سریعترانجام گیرد اکسیژن بیشتری لازم می گردد. این حالت موجب پائین آور منحنی خمیدگی اکسیژن گردیده (شکل ۸) و امکان وجود اکسیژن بحدی کمتر از اکسیژن لازم جهت ادامه زندگی ماهیها افزایش می‌یابد. بنابراین ، امکان وجود دارد که رودخانه‌ای که قبلاً توانائی قبول مقدار معینی فاضلاب (BOD) بدون تأثیر سوء در کیفیت آب داشته ، باافزایش بار حرارتی این شرایط مساعد را بکلی از دست بدهد.

افزایش درجه حرارت آب باعث تغییراتی در توده ارگانیسم‌ها میگردد. شکل ۹ رشد آلگها را در درجه حرارتهای مختلف نشان میدهد. آلگ‌های آبی، سبز که در آبهای با درجه حرارت‌های بالا یافت می‌شوند جهت رشد موجودات زنده آبزی مناسب نمی‌باشند. زیرا این آلگ‌ها موجب ایجاد بود طعمم در آب و همچنین ایجاد سمت برای بعضی‌از ارگانیسم های آبزی میگردند.



شکل ۸ — رابطه بین درجه حرارت آب و میزان اکسیژن



شکل ۹ — تأثیر درجه حرارت در روی انواع نباتات آبزی

اگر تغییرات درجه حرارت اب تدریجی صورت گیرد، ارگانیسم‌ها به درجه حرارتهای مختلف عادت می‌نمایند. اما اگر این تغییر درجه حرارت سریع انجام گیرد موجب ازبین رفتن ارگانیسم‌ها خواهد گردید.

هیچ درجه حرارت مشخص را نمی‌توان بعنوان درجه حرارت قابل قبول جهت رشد طبیعی موجودات زنده آبزی درنظر گرفت، زیرا بعضی از میکروارگانیسم‌ها ممکن است بدرجه حرارتهای زیاد مقاوم و یا در طول مدت تکامل خود احتیاج به‌وجود درجه حرارتهای مختلفی داشته باشند.

سازمان حفاظت محیط زیست امریکا حداکثر درجه حرارت آب را ۹ درجه فارنهایت و حداکثر افزایش درجه حرارت آب را از حرارت طبیعی در رودخانه‌ها ۵ درجه فارنهایت و در دریاچه‌ها ۳ درجه فارنهایت پیشنهاد نموده است. همچنین این سازمان افزایش درجه حرارت آب خلیج‌ها و دریاها را ٤ درجه برای ماه سپتامبر (مهر ماه) تامی (اردیبهشت ماه) و ۵٫۱ درجه برای ماه چون(خرداد ماه) تا ماه‌اوت (شهریور ماه) پیشنهاده کرده است.

۸ـ فلزات سنگین و اسید زهکشی شده از معادن :

آلودگی حاصل از افزایش درجه‌حرارت‌و کاهش اکسیژن‌آب سرانجام بطور طبیعی خنثی‌میگردند. زیرا مواد پس مانده نیازمند باکسیژن سرانجام به مواد ساده‌تر و درجه حرارت آب نیز با پس دادن حرارت به محیط بحالت اولیه خود بازمیگردد.

اما آلوده کننده‌هائی مانند فلزات سنگین خصوصاً جیوه و کادمیوم و اسید زهکشی شده از معادن بسادگی تجزیه نشده و آلودگی آنها ممکن است در آب همچنان باقی بماند.

جیوه :

در سال ۱۹۵۳ در شهر میناماتا ، ژاپن واقعه مسمومیت توسط جیوه آشکارگشت ، تا سال ۱۹۶۰ حدود ۱۱۶ نفر بطور علاج ناپذیری مسموم گردیده و درجه ابتلاء آنها بحدی بود که این مسمومیت روی سلولهای مغزی آنها تأثیرگذاشت و برای تمام عمر آنها را از لحاظ دماغی معیوب نمود. در سال ۱۹۶۵ در دهر Niigata ژاپن ، ۴۳ نفر درنتیجه مسمومیت از جیوه جان خود را از دست داده و ۲۶ نفر بطور علاج ناپذیری مسموم گردیدند. در دو حالت ذکر شده در بالا مسمومیت‌از پس آب‌تصفیه‌شده کارخانجات پلاستیک سازی ناشی شده بود. زیرا جیوه نیز که بطور بیولوژیکی در زنجیر غذائی وارد شده موجب‌آلودگی ماهیها و مصرف این ماهیها توسط ساکنین محلی منجر به مسمومیت اهالی گردیده است.

جیوه از طریق پس‌آب کارخانجات وارد محیط موجودات زنده میگردد. یک منبع اصلی ایجاداین مسمومیت کارخانجات تولید کلر می‌باشد. زیرا دراین کارخانجات جیوه بعنوان الکترود جهت الکترولیزه نمودن آب نمک بکار میرود. منابع دیگر ایجاد جیوه ، پس آب کارخانجات باطری سازی (باطری‌های قلیائی طویل‌العمر) ، کاغذ سازی و پلاستیک سازی می‌باشد. علاوه‌براین منابع در بیشتر اوقات جیوه بعنوان قارچ کش جهت حفظ بذور نباتی از آفت استفاده می گردد. ملاحظه گردید که کاهش نسل گروهی از پرندگان بعلت استفاده از بذور آلوده به قارچ کشهای متیل جیوه بوده است.

اما بدترین واقعه مسمومیت از جیوه در سال ۱۹۷۲ درکشور عراق می‌باشد. برطبق گزارش شورای رسیدگی به‌کیفیت محیط زیست عراق (CEQ) بعلت دیر آماده شدن بذور ضد عفونی شده توسط جیوه جهت کاشت ، این بذور مستیماً بوسیله مردم مصرف گردید و نتیجه منجر به مرگ ۵۰۰ نفر و ایجاد جراحات زیادی در بیش‌از ۷۰۰۰ نفر شد.

لازم به یادآوری است که مسمومیت جیوه بستگی به فرم آن دارد. برای مثال‌محلول اولیه جیوه به تنهائی سمی نمی‌باشد ، اما بصورت بخار تأثیرات سوء زیادی در سیستم اعصاب ایجاد می کند. فرم آنی جیوه ، بخصوص متیل جیوه از بقیه فرمهای آن جهت محیط زیست خطرناکتر می‌باشد.

ازآنجائی که جیوه در پس آب‌های تصفیه شده اکثر کارخانجات بصورت غیر آلی می‌باشد ، در گذشته‌نگرانی زیادی وجود نداشت ولی‌درنتیجه‌تحقیقاتی که انجام گرفته معلوم گردید که میکروارگانیسم‌ها خصوصاً باکتریهائی که در حوضچه‌های رسوب تصفیه خانه‌های فاضلاب وجود دارند موجب تبدیل جیوه

غیر آلی به فرم بسیار سمی متیل جیوه میگردند. بنابراین جیوه غیر آلی که قبلاً بی‌ضرر محسوب میگردید، اکنون بسیار خطرناک جلوه گر شده است. بنابراین، هرقدر یک کارخانه در تصفیه فاضلاب خود دقت نماید جیوه غیر آلی موجود در محیط عامل تهدید کننده‌ای است.

کادمیوم:

اولین نشانه آلودگی آب بوسیله کادمیوم نیز مانند جیوه اولین بار در ژاپن شناخته گردید. در شهر تویوما که در ساحل غربی ژاپن واقع شده مرض دردناک حاصل از مسمومیت کادمیوم که بنام «itai – itai» (درد - درد) نامیده می‌شود از سال ۱۹٤٦ گزارش داده شده است. این مرض بطور بسیار وخیمی روی استخوانها تأثیر گذاشته و موجب تجزیه آن میگردد. هرقدر این مرض پیشرفت حاصل نماید نه تنها استخوانها بلکه مفاصل نیز تحت تأثیر واقع شده وبعداز ایجاد کوچکترین هیجان یا شوک در بدن مانند عطسه و یا سرفه کردن موجب شکستن استخوانها میگردد. تاانتهای سال ۱۹٦۵ بیش از ۱۰۰ نفر در نتیجه ابتلا به بیماری itai – itai ازبین رفتند.

منبع اصلی ایجاد کادمیوم در شهر تویومای ژاپن از زهکشی معادن سرب، روی، کادمیوم می‌باشد. این آب زهکشی موجب آلوده نمودن آب رودخانه شده و سپس جهت آبیاری برنج زارهای محلی استفاده میگردید. کادمیوم همیشه همراه با فلز روی یافت می‌شود.

شورای حفاظت محیط زیست امریکا در سال ۱۹۷۲ متوسط میزان کادمیوم را در آب‌ها بین ۲٪ تا ۱ر. میلی گرم در لیتر مجاز دانسته ولی شواهدی وجود دارد که با تخلیه کادمیوم بمیزان ۱ر. میلی گرم در لیتر و بطور ممتد در آب موجب کاهش موجودات زنده آبزی شده است.

اسیدهای زهکشی شده از معادن

یکی از علل اصلی خرابی کمیت آب در مناطق معدنی زهکشی پس آب معدنی به رودخانه‌ها می‌باشد. علاوه بر مسئله فلزات سنگین که برودخانه‌ها راه می‌یابند و برای ماهیها و حیوانات وحشی سمی می‌باشند، زهکشی اسید از معادن ذغال سنگ نیز مسئله بزرگی را بوجود میآورد.

موقعی که آب و هوا با فلزات ایجاد کننده سولفور که در معادن ذغال سنگ یافت می گردند مخلوط گردد اسید سولفوریک ایجاد می‌شود. این اسید از طریق جریان جاری آب و یا از طریق زهکشها و یا از طریق زهکشها و یا بعداز نفوذ بداخل خاک و سفره‌های آبهای زیر زمینی به رودخانه راه می‌یابد. این شرایط اسیدی آب موجب کشتن ماهیها و نباتات شده و بطور کلی آب را غیر قابل استفاده می‌سازد.

اگر این مقدار اسید زیاد نباشد، می‌توان این شرایط اسیدی آب را باافزایش آب آهک خنثی نمود ولی متأسفانه چنین کنترلی توسط شرکت‌های تولید کننده فلزات کمتر انجام میگیرد و اغلب پس آب اسیدی وارد رودخانه‌ها می گردد.