آلودگی رودخانه‌ها

نوشته

مرتضی حسینیان

مهندس شرکت سهامی سازمان آب منطقه‌ای تهران

آلودگی را Forbes و Coulson بصورت زیر تعریف کرده‌اند. « افزودن هرچیزی بآب که باعث تغییر کیفیت آن شود بطوریکه با روشهای ساده نتوان آن‌را بحالت اولیه‌اش تبدیل نمود » دراینمورد اشخاص فوق ۳ مثال زیر را ذکر نموده‌اند.

۱ ـ افزودن آب سخت بآب سبک

۲ ـ بالابردن درجه حرارت آب

۳ ـ افزایش موادی بآب که ضرر چندانی ندارد ولی باعث آلوده شدن آن میشوند بعضی مواد وقتی داخل آب میشوند خودبخود ضرر وزیانی ندارند ولی در نتیجه افزایش آنها بآب فعل انفعالاتی پدیدارمیگردد که حاصل آن آلودگی آبست بعنوان مثال نیترات آب در غلظتهای تا حدود ۵ میلی گرم درلیتر قابل اعتراض نیست ولی دراین حد علاوه‌بر تسریع رشد الگها که خود نوعی آلودگیست از نظر فیزیولوژیکی ممکنست اشکالاتی تولید نماید زیرا نیتراتی که ازطریق آب داخل معده اطفال تا یکسال میشود بعلت خاصیت کم اسیدی معده اطفال به‌نیتریت تبدیل شده واین نیتریت میتواند با هموگلوبین خون ترکیبی بنام متهموگلوبین بوجود آورد که خاصیت جذب اکسیژن بوسیله نسوج را کاهش میدهد و درنتیجه باعث بروز بیماری سیانوز خواهد شد که اکثراً توام با مرگ میباشد بعضی از مراجع بین المللی آلوده شدن آب‌را حاصل فعالیتهای حیاتی انسان میدانند ولی چون درآلوده شدن آب فعالیت کلیه موجودات دخالت دارند شاید استناد آلودگی آب تنها بانسان زیاد صحیح نباشد.

درکتاب لغت‌ها نیز لغت آلودن کردن‌را ناخالص ساختن فیزیکی وشیمیائی آب دراثر ریختن کثافات، مواد رنگی، زواید بدست آمده از فعالیتهای انسان، وغیره نوشته‌اند.

آنچه مسلمست برای آلودگی و آلوده کردن هیچگاه نمی‌توان تعریف صحیح و جامعی بیان داشت واین بعلت زیادی عوامل آلودگیست.

انواع آلوده‌کننده‌ها

آلوده کننده‌ها ممکنست جامد یا مایع باشند ، اگرمایع باشند ممکنست محتوی مواد معلق یامحلول بوده وگازهائی بصورت محلول در خود داشته باشند. آلوده کننده‌های جامد ممکنست شامل مواد جامد سخت مثل‌شن، ماسه، ذرات‌خاك ، خاکستر ، مواد زاید کارخانجات ، مواد معدنی ، لاشه حیوانات ، چوب، مواد گیاهی ، کاغذ و مواد ژلاتینی باشند.

آلوده کننده‌های مایع بیشتر از انواع جامد تولید اشکال مینمایند. فاضل آبهای شهری وپس‌آبهای صنعتی را جزو آلوده کننده‌های مایع باید مورد مطالعه قرارداد.

انواع آلوده کننده‌ها را ازنظر طبقه‌بندی در جدول زیر میتوان ملاحظه نمود :

شیمیائی	فیزیکی	فیزیولوژیکی	بیولوژیکی
مواد آلی	رنگ	طعم	باکتریها
	کدورت		ویروسها
مواد معدنی	درجه حرارت	بو	حیوانات
	مواد معلق		گیاهان

آلوده کننده‌های شیمیائی که بعلت وجود مواد آلی و معدنی حاصل میشوند جزو مهمترین انواع آلوده کننده‌ها هستند.

بجزروغن که شاید بتوان آن‌را جزوآلودگیهای فیزیکی مطالعه نمود ، سایر آلوده کننده‌ها ازطریق فعل‌انفعالات ثانویه باعث آلودگی‌آب میشوند واغلب درمقادیرکم اشکالات بزرگی را سبب خواهند گردید.

الف ـ آلوده‌کننده‌های شیمیائی

۱ ـ آلوده کننده‌های آلی = این نوع آلودگیها نتیجه حضور پروتئین ـ چربی ـ کربوهیدراتها و و سایر مواد آلی بوده که اغلب در فاضل‌آبهای شهری وگاهی صنعتی موجودند . پروتئین‌ها که ترکیبات آلی ازت‌دار با مولکولهای بزرگ هستند تشکیل دهنده بدن گیاهان و حیوانات بوده و درساختمان اسیدهای امینه نیز موجود هستند. ازانواع پروتئین‌ها باید از تخم‌مرغ ـ ژلاتین ـ کازئین و کراتین نام ببریم . در بعضی انواع پروتئین‌ها گاهی گوگرد و فسفات دیده شده است . دراثر فعالیت میکروارگانیسمها این مواد

متلاشی شده و باسیدهای چرب و مواد آلی گوگرد و فسفردار تبدیل میشوند و متلاشی‌شدن پروتئین ها اکثراً با بوجود آمدن بوهای زننده همراه است.

برطبق آزمایشهای Rudolfs و Chamberlin اندل و اسکاتول در غلظتهای ۰٫۲۰ و ۰٫۱۹ میلی گرم درلیتر درفاضل آبها بوی زننده‌ای دارند.

از فاضل آبهای صنعتی پروتئین‌دار میتوان بفاضل آب مراکز تهیه مواد غذائی اشاره کنیم. چربی که در دو نوع گیاهی و حیوانی موجود است در ترکیب خود کربن ـ اکسیژن ـ هیدرژن داشته و تحت‌اثر بعضی باکتریها بآسانی به‌اسیدهای چرب و گلسرول تبدیل میشوند اسیدهای چرب با پیدایش خود بوهای زننده‌ای بوجود میآورند.

چربی بیشتر ازطریق فاضل‌آبهای شهری ویا فاضل آب صنعی مثل پشم‌شوئی ـ تهیه مواد غذائی ـ صابون‌پزی داخل رودخانه‌ها میگردد. برطبق گفته Hogg و Pettet یک فیلم نازك چربی و روغن ولو بضخامت ۰٫۰۰۰۰۱۲ اینچ یک رنگ قوس و قزحی درسطح آب رودخانه بوجود آورده و علاوه‌بر اشکال از نظر تصفیه خودبخود آب رودخانه‌ها ازنظر عملیات تصفیه اشکالاتی را باعث میگردند. دراینجا میتوان تخلیه مواد نفتی و روغنهای مشتق از نفت را جزوآلودگیهای آلی بررسی کرد وتاکید نمود درسواحل هلند و انگلستان صد ساله بترتیب ۳۰۰٫۰۰۰ و ۱۰۰٫۰۰۰ پرنده بعلت آلودگیهای ناشی از مواد روغنی تلف میشوند.

فیلم‌صابون تخلیه شده درسطح آب رودخانه‌ها نیز اشکالاتی درعمل اکسیژن گیری آب رودخانه‌ها و عملیات فوتوسنتز بوجود میآورد.

قطران و قیر نیز دو آلوده کننده‌ای هستند که باید در ردیف مواد روغنی مورد مطالعه قرارگیرند. فاضل آب مراکز تصفیه نفت تقطیر ذغال سنگ برودخانه‌ها میریزند این مواد دراثر تخلیه فاضل آبهای قطران‌دار دارای مواد فنلی‌بوده که اولاً حذف‌آنها مشکل‌است و ثانیاً درتماس بامواد استریل کننده بوهای فنلی زننده‌ای تولید مینمایند.

بعلاوه اینگونه‌مواد خطرات جدی برای زندگی ماهیها وموجودات آبی دارند ومثل روغن وصابون با ایجاد فیلمی درسطح آب رودخانه‌ها تصفیه خودبخود و اکسیژن گیری رودخانه‌ها را دچار اشکال‌میسازد.

دیگر از مواد آلی آلوده کننده رنگها هستند که ازطریق تخلیه فاضل آبهای مراکز پارچه‌بافی ـ رنگ کاری ـ تهیه رنگ داخل رودخانه‌ها خواهد شد.

پاك کننده‌های مصنوعی یا دترجنتها نیز در ردیف آلوده کننده‌های آلی هستند که مصرف آنها در سالهای اخیر بمیزان قابل‌توجهی افزایش یافته است.

مواد کف‌زا علاوه‌براشکالاتی که مواد آلی‌بوجود میآورند بوهای نامطبوعی بوجود آورده وطعمهای

نامطبوعی بآب رودخانه‌ها میبخشد. Degens و همکارانش ثابت کردند که وجود ۵ میلی گرم درلیتر مواد کف کننده در عرض چند ساعت ماهیها را از پای درمیآورد. در امریکا با کشته شدن تعداد زیادی اردك در رودخانه‌ای که محتوی مقادیر زیادی دترخبت بود موضوع آلودگی مواد کف‌زا مورد توجه قرارگرفت از مواد سمی آلی آلوده کننده میتوان به‌ترکیبات فنل‌دار - سیانورداروDDT اشاره نمود که نه‌تنها اثراتی ازقبیل تأخیر دراکسیژن گیری و مانع عملیات تصفیه خود بخود دارند باعث کشته شدن ماهیها وموجودات آبی نیز میشوند.

اثر مواد آلوده کننده آلی و مقداری ازآنها را که درکشتن ماهیها مؤثرند در جداول زیر می‌بینیم: مواد آلی تحت اثر میکروارگانیزیمهای آب رودخانه‌ها که با استفاده از اکسیژن محلول آب فعالیت خود را تعقیب مینمایند متلاشی شده و بمواد ساده‌تر و بیضررتری تبدیل میشوند. اگر میزان مواد آلوده کننده کم بوده و عمل اکسیژن گیری رودخانه بخوبی انجام گردد اکسیژن محلول آب مورد استفاده باکتریهای هوازی قرارگرفته و این باکتریها مواد آلی‌را نابود میسازند.

ولی اگر مقدار مواد آلوده کننده زیاد بود فقط قسمتی ازآنها میتوانند تحت‌اثر فعالیت باکتریهای هوازی متلاشی شوند وبرای متلاشی شدن بقیه آنها بی‌هوازی‌با استفاده از اکسیژن ترکیباتی مانند سولفاتها ونیتراتها وارد عمل‌شده ومتلاشی‌واکسیده‌میشوند. حاصل‌فعالیت باکتریهای‌بی‌هوازی توأم باپیدایش بوهای زننده است.

۲ - آلوده کننده‌های معدنی وغیرآلی = اسید و قلیا که درفاضل آب بعضی صنایع موجودند بعلت تغییراتی که در PH آب رودخانه‌ها تولید مینمایند جزو آلوده کننده‌های معدنی بررسی میشوند. اسید و قلیا در فاضل آب کارخانجاتی مثل صنایع شیمیائی - تهیه کاغذ - رنگ‌رزی - شستشو و سفید کردن پشم - صنایع تهیه گاز مایع - وجود داشته و بخصوص اسیدهای تخلیه شده بآب رودخانه‌ها خاصیت خورندگی بخشیده وحتی فاضل آب بعضی کارخانجات دراثر پاره‌ای فعل‌انفعالات ممکنست گاز SH^2 آزاد نمایند که بوی بسیار زننده‌ای دارد. طبق نظریهٔ Roberts و Grindley بهترین PH برای زندگی ماهیها بین ۸٫۵ تا ۵ است.

از مواد غیرآلی سمی باید بکلرآزاد - کلرآمین - هیدرژن سولفوره - املاح فلزات سنگین مثل روی - مس - سرب - کرم - کادمیوم - اورانیم - وانادیم‌اشاره نمود که اکثرشان ازطریق تخلیه فاضل آبهای صنعتی داخل آب رودخانه‌ها میگردد که با ازبین‌بردن ویا تأخیر درعمل تصفیه خودبخود باعث کشته شدن ماهیها و موجودات آبی خواهند گردید. مثلاً Fair غلظت بین ۰٫۱۴ تا ۰٫۷۵ میلی‌گرم در لیتر مس را برای نابودی ماهیها کافی میداند. روی فلز سمی دیگری‌است که طبق گفته Schott در غلظتهای بیش از ۰٫۱ میلی گرم درلیتر باعث نابودی ماهیها میشود. وانادیم - اورانیم و برلیم نیز خطراتی کم و بیش مثل سایر فلزات سنگین دارند. آلوده کننده‌هائی مثل سرب و ارسنیک علاوه‌بر اثر روی موجودات آبی روی زندگی انسان وبهداشت عمومی‌نیزاثراتی دارند. فلوئور که ازطریق تخلیه فاصل آبهای پلاستیک‌سازی برودخانه‌ها

ریخته میشود ازنظر بهداشت عمومی اثراتی دارند بطوریکه در امریکا حتی مجبور شده‌اند برای تهیه آب آشامیدن از بعضی رودخانه‌ها عملی حذف فلوئور را انجام دهند.

وجود پاره‌ای گازها مثل کلر ـ ازن ـ SH^2 ـ PH^3 درغلظتهای بیش‌از ۰٫۵ میلی گرم در لیترباعث کشته شدن ماهیها میشوند. موضوع فوق جزو مطالعات Katz میباشد. املاح محلول مثل سولفاتها ـ کلرورها ـ نیتراتها ـ فسفاتها در غلظت کم اثرات سوئی نداشته ولی در غلظت زیاد اختلالاتی در زندگی ماهیها بوجود میآورند William ثابت‌نمود که ماهیهای آب شیرین درغلظت کلروربیش‌از ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر خواهند مرد باینجهت ماهیهای آب شیرین فقط چند ساعت میتوانند درآب دریا بزندگی خود ادامه دهند. علت مرگ آنها را دراثر پدیده‌های اسمزی میدانند. افزایش کربنات ـ بیکربنات و سولفات کلسیم آب رودخانه‌ها در زندگی موجودات آبی مؤثر نیستند ولی‌آب رودخانه‌ها را ازنظر مصارف صنعتی بلااستفاده مینماید وحتی‌ممکنست غلظت پاره‌ای ازاین‌املاح‌خاصیت رسوب کنندگی و خورندگی بآب رودخانه‌هابدهد.

ب ـ آلوده‌کننده‌های فیزیکی

تخلیه بعضی فاضل آبهای صنایع آب کاری مقادیری رنگ بداخل رودخانه‌ها سرازیر میسازد ولی وجود مقدارکم آن اثرات زیان‌بخشی ندارد. بعضی رنگها ممکنست دراثر فعل‌انفعالات بعدی مثل پیدایش سولفور آهن در آبهای محتوی SH^2 ویا تشکیل هیدرات آهن در آبهای بیکربناتی بوجود آیند. درعین‌حال در اغلب صنایع توصیه کرده‌اند که رنگ فاضل آب قبل از تخلیه حذف گردد.

کدرورت‌آب که بعلت تخلیه مقداری مواد معلق کلوئیدی در آب رودخانه بوجود میآید ازخاصیت مصرف آب رودخانه بعنوان آشامیدن میکاهد. بالارفتن درجه حرارت آب رودخانه‌ها دراثر تخلیه فاضل آب خنک‌کننده‌ها ویا فاضل آب مراکز تهیه برق اثراتی ازقبیل کاهش اکسیژن‌گیری داشته و اگر افزایش حرارت ناگهانی‌باشد، ماهیهارا نیز خواهد کشت و اصولاً ماهی نمی‌تواند درحرارتهای بیش‌از ۳۰ درجه سانتیگراد زندگی نماید. بالارفتن درجه حرارت اثراتی در فعالیت باکتریهای هوازی نیز دارند.

اثر مهم دیگر بالارفتن درجه حرارت آب رودخانه‌ها تسریع در اثر مواد سمی بماهیها و در نتیجه مردن آنها است بعلاوه حرارت بالا رشد قارچها و الگها را سرعت میبخشد.

تخلیه مواد معلق که خود نوعی آلودگیست و ممکنست بصورت معدنی ویا آلی باشد در تصفیه خودبخود بعلت ممانعت از تابش نور اثر داشته و از عملیات فوتوسنتز نیز جلوگیری میکنند و درنتیجه باعث کوچ کردن ویا مردن ماهیها میشوند. میزان فوتوسنتز در آبهای محتوی مواد معلق حتی‌تاحدود ۷۵درصد کاهش خواهد یافت.

مواد معلق نه‌تنها در زندگی‌ماهیها بلکه در زندگی موجودات آبی که وسیله تغذیه ماهیها هستند و همچنین روی تخم ماهیها اثرات زیان آوری دارد.

از مهمترین صنایعی که باعث تخلیه مقادیر عظیمی مواد معلق میگردد میتوان به‌صنعت شستوی ذغال اشاره نمود.

کف و مواد کف‌زا مثل پودرهای پاك کننده و صابون بعلت ممانعت از اکسیژن گیری میتوانند زندگی ماهیها را دچار اشکال کنند.

مصرف اینگونه مواد در سالهای اخیر بسرعت افزایش یافته بعنوان مثال تولید پاك کنندها در امریکا که درسال ۱۹۴۹ بمیزان ۱۰۰۰۰۰۰ تن بوده در ۱۹۶۰ به ۴۵۰۰۰۰۰ تن رسیده است. مصرف مواد کف‌زا طوری رودخانه‌ها را تهدید بآلودگی کرده که درحال حاضر دراغلب رودخانه‌های انگلستان مقدار این مواد بحدود ۱۴ میلی گرم درلیتر رسیده است و عجیب اینستکه حذف مواد پاك کننده از آب با مصرف مواد شیمیائی عادی میسر نیست.

ج ـ آلودگیهای فیزیولوژیکی

بعضی فاضل آبهای صنعتی محتوی ترکیبات شیمیائی خاصی هستند که وقتی در رودخانه‌ها تخلیه شوند طعم و بوهای نامطبوعی بآب خواهند بخشید از آن میان میتوان به‌املاح آهن ـ منگنز ـ گاز کلر ـ هیدرژن سولفوره ـ فنل و هیدروکربورهای سیر نشده اشاره نمود. بعضی‌ازاین مواد در روشهای ساده تصفیه قابل حذف شدن هستند ولی پاره‌ای ازآنها را بسادگی نمی‌توان ازآب جدا ساخت و حذف آنها بسیار خرج بردار وگران خواهد بود.

پیدایش طعمهای نامطبوع گاهی زندگی ماهیها را تهدید مینماید. طبق مطالعات Bandt تخلیه فاضل آب صنایع لاستیك سازی بعلت داشتن هیدروکربورهای سیرنشده محیط فعالیت ماهیها را نامناسب میسازد بخصوص روی تخم ماهیها اثرات زیان‌آوری دارد و حتی جذب پاره‌ای ازاین مواد اثر بدی روی‌طعم گوشت ماهیها گذاشته و مصرف آن را بعنوان استفاده غذائی غیرممکن میکند. علی‌الاصولی مقدار مواد طعم‌دار بحدی نیست که زندگی ماهیها را دچار اشکال نماید.

بوکه جزو عوامل فیزیولوژیکی آلودگی مورد مطالعه قرارمیگیرد میتواند در اثر تخلیه فاضل آب بعضی کارخانجات داخل رودخانه‌ها گردد. مواد بوزا همراه با مواد آلی ویا انگلها بزندگی خود ادامه میدهند. این مواد راگاهی‌میتوان با مصرف مواد شیمیائی‌عادی‌حذف نمود. ترکیبات معدنی‌چون سولفاتها ـ فسفاتها ویا ترکیبات آلی میتوانند درپیدایش بو مؤثر باشند بعنوان مثال گاهی اوقات ازمتلاشی‌شدن سولفات

دراثر فعالیت باکتریهای بی‌هوازی SH^{2} بوجود خواهد آمد که بوی بسیار زننده‌ای دارد.

بوهای موجود درآب رودخانه‌ها اغلب بدون ضرر بوده ولی اگر حاصل ازمتلاشی شدن مواد سمی باشند (مثل ترکیبات سیانوردار) ازنظر بهداشت عمومی خطراتی در بر خواهند داشت. برای پیدایش بو درآب رودخانه‌ها اکثراً غلظتهای‌جزئی‌مواد بوزا کافیست چنانچه سیانور در غلظتی‌معادل ۰٫۰۰۱ میلی گرم و SH^{2} در غلظتی معادل ۰٫۰۰۰۱ میلی گرم درلیتر بوهای مشخصی دارند.

د ـ آلودگیهای بیولوژیکی

در این بحث از آلوده کننده‌هائی مثل باکتریها ـ الگها ـ ویروسها ـ کرمها ـ انواع گیاهان و موجودات آبی که در فاضل آبهای شهری و صنعتی دیده میشود نام میبریم. آلودگیهای بیولوژیکی اغلب در ردیف آلودگیهای دست‌دوم هستند یعنی‌اثرات زیان‌آور آنها بعلت فعالیتهای محیطی بوجود میآید. تکثیر و رشد بیش از حد بعضی الگها که توأم با پیدایش بوهای زننده است جزو آلودگیهای بیولوژیکی بررسی میشوند. Olson ثابت کرد که نوعی از الگهای سبز که درآب رودخانه‌ها پرورش مییابند میتوانند برای زندگی موجودات آبی وحتی انسان مضر باشند. بعضی از اپیدمیهای انسانی ازطریق ویروسهائی که در اثر تخلیه فاضل آب برودخانه‌ها انتقال یافته انجام گرفته است.

باید یادآورشد که متأسفانه این موجودات بسیار ریز اکثراً درمقابل مواد ضدعفونی کننده مقاومت کرده و نابود نمیشوند ـ علاوه‌بر ویروسها پاره‌ای از باکتریهای بیماری‌زا که ازطریق فاضل‌آبهای شهری بداخل رودخانه‌ها ریخته میشوند ممکنست خطراتی را باعث گردند.

« ترکیب فاضل‌آب شهری »

فاضل آب شهری مایع رقیقی است که محتوی مواد آلی و معدنی بصورتهای کوچک و بزرگ، جامد، محلول ویا کلوئیدی ست. فاضل آبهای شهری درحقیقت شامل فاضل آب حمامها ـ دستشوئیها ـ آشپزخانه‌ها میباشد. فاضل آب همچنین دارای موجودات زنده ازقبیل باکتریها ـ ویروسها و پروتوزنه‌ها نیز هست. باید بتمام‌آبهای‌بالا آب حاصل ازشستشوی خیابانها و معابر عمومی را اضافه کنیم. دربعضی‌شهرها فاضل آبهای شهری و صنعتی را تواماً دفع مینمایند.

فاضل آب تقریباً ۹۹٫۹ درصد آب وفقط ۰٫۱ درصد مواد جامد دارد. Southgate گفته است که

فاضل آب شهری دارای ۴۰۰-۲۵۰ میلی گرم مواد آلی کربن دار و ۱۲۰-۸۰ میلی گرم مواد ازت‌دار است بطوریکه نسبت بین کربن و ازت ($\frac{C}{N}$) معادل ۳ میباشد. ازت درفاضل آب شهری بصورت ترکیبات آلی و ازت آمونیاکی است. درسالهای اخیر با افزایش مصرف دترخبتها مقدار آن در فاضل آبهای شهری حتی تا حدود ۳۰ میلی گرم در لیتر رسیده است.

ادرار موجود در فاضل آب دارای ۱٪ کلرورسدیم و ۲٫۵ درصد اوره است و مقدار کلرور سدیم فاضل آب مشتق از کرور سدیم ادرار میباشد. در فاضل آب شهری همچنین ترکیباتی مثل سولفات کلرور- نیترات و فسفات سدیم نیز وجود دارد. بعضی تحقیقات آزمایشگاهی نشانداده است که حتی ممکنست در فاضل آب شهری روی - کرم - مس - منگنز و سرب نیز وجود داشته باشد.

ترکیب فاضل آب شهری از شهری نسبت بشهردیگر تغییر مینماید. فاضل‌آب شهری دارای‌تعداد زیادی باکتری‌های گوناگون است که اغلب آنها بی‌ضرر هستند ولی دربین آنها گاهی باکتریهای بیماری‌زا وجود دارد که ازنظر بهداشت عمومی اهمیت زیادی دارند - ازآن میان باید به‌باکتری مولد بیماری تیفوئید ویا باکتری مولد اسهال اشاره نمود. اغلب باکتریهای فاضل آب با مصرف مواد استریل کننده زایل شده و خوشبختانه مدت عمر آنها در فاضل آب کوتاهست باکتریهای بیماری‌زا بیشتر درمواد معلق ته‌نشین شده در بستر رودخانه‌ها بزندگی خود ادامه میدهند بهمین‌دلیل توصیه کرده‌اند که از بازی کردن اطفال با آب رودخانه‌هائی که فاضل‌شهری دریافت مینمایند جداً ممانعت بعمل آید.

فاضل‌آبهای صنعتی

باپیشرفتهای سریع صنعتی بخصوص تأسیس‌صنایع درکنار رودخانه‌ها آلودگی آب رودخانه ازطریق تخلیه فاضل‌آبهای صنعتی تصفیه شده ویا تصفیه نشده روبافزایش است.

برای اطلاع از انواع آلوده کننده‌ها و مواد شیمیائی مختلفی که دراثر تخلیه فاضل آبهای صنعتی ممکنست داخل رودخانه‌ها گردد جداول زیر را درنظرمیگیریم. بطورکلی‌فاضل‌آبهای صنعتی را در سه گروه زیر ازنظر آلوده کردن مطالعه مینمایند:

۱ - فاضل‌آبهای صنعتی محتوی مقادیر زیادی مواد معلق مثل فاضل آب مراکز شستشوی ذغال - استخراج معادن - شستشوی ماسه.

۲ - فاضل‌آبهائی که رودخانه را نه‌تنها بعلت مواد معلق بلکه بعلت مواد محلول موجود در خود آلوده میکنند مثل فاضل‌آب دباغی و بافندگی و صنایع شیری.

۳ - فاضل آبهای صنعتی که آب رودخانه‌ها را فقط بعلت املاح محلول خود آلوده میکنند مثل

فاضل‌آب مراکز تهیه گاز مایع - آبکاری - صنایع شیمیائی علاوه‌بر موارد یاد شده فاضل‌آبهای صنعتی اغلب بعلت خاصیت اسیدی حالت خورندگی بآب رودخانه‌ها داده ویا ممکنست ازطریق انتقال مواد سمی بهداشت عمومی را دچار مخاطراتی نمایند.

مواد معلق حمل‌شده برودخانه‌ها ازطریق‌فاضل‌آبهای‌صنعتی‌اگر شامل مواد آلی باشند تحت‌فعالیت باکتریهای هوازی و بی‌هوازی باعث پیدایش بوهای نامطبوع و احیاناً مواد خطرناکی میشوند که نه‌تنها ازنظربهداشت عمومی بلکه ازنظر زندگی موجودات آبی نیز خطرناك هستند.

Table 51. **Lethal limits to fish for some important polluting substances**

In this table the concentration values are the lowest at which definite toxic action is indicated by the data in the reference cited. Wherever possible the exposure time is given. It must not be assumed that lower concentrations are harmless and for further information the works cited should be consulted as many include survival curves or tables. Where no reference is given the figures are based on unpublished work by the writer. Most of the data is for temperatures between 15° and 23° C. Concentrations are parts per million unless otherwise stated. Exposure times have been approximated in some cases. For the pH values tolerated by various fishes, see *Figure 30*.

Substance	*Fish tested*	*Lethal concentration*	*Exposure time* hours	*Ref.*
Acetic acid	goldfish	423	20	1
Aluminium potassium sulphate (alum)	,,	100	12–96	1
Aluminium nitrate	stickleback	0·1	144	15
Ammonia	goldfish	2–2·5 NH_3	24–96	1
,,	perch	3 N	20	55
,,	roach	3 N	5	55
,,	rainbow trout	3 N	2	55
Ammonium chloride	,, ,,	500	17	79
Ammonium sulphate	,, ,,	1000	14	79
Amyl alcohol	goldfish	1	161	1
Aniline	minnow	200	48	
,,	brown trout	100	48	
Arsenic compounds				
Sodium arsenite	minnow	17·8 As	36	79
Sodium arsenate	,,	234 As	15	79
Barium chloride	goldfish	5000	12–17	1
,, ,,	salmon	158	?	80
Barium nitrate	stickleback	500 Ba	180	15
Bromine	goldfish	20	15–96	1
Butyl alcohol	,,	250	7–20	4
Cadmium chloride	,,	0·017	9–18	4
Cadmium nitrate	stickleback	0·3 Cd	190	15
Calcium hydroxide	goldfish	100 (pH 11·1)	?	81
Calcium nitrate	,,	6061	43–48	4
,, ,,	stickleback	1000 Ca	192	15
Carbon dioxide	various spp.	100–200	?	2
Carbon monoxide	,, ,,	1·5	1–10	2
Chloramine	brown trout fry	0·06	?	82
Chlorine	rainbow trout	0·03	?	83
,,	,, ,,	0·08	?	46
,,	brook trout	0·5–1·5	?	84
,,	goldfish	1	96	1
Chromic acid	,,	200	60–84	1
Citric acid	,,	894	4–28	1
Cobalt chloride	,,	10	168	1
Cobalt nitrate	stickleback	15 Co	160	15
Copper nitrate	,,	0·02 Cu	192	14
,, ,,	rainbow trout	0·08 Cu	20	72
,, ,,	salmon	0·18	?	80
Copper sulphate	stickleback	0·03 Cu	160	
Cupric chloride	goldfish	0·019	3–7	4

Table 51—cont.

Substance	*Fish tested*	*Lethal concentration*	*Exposure time* hours	*Ref.*
Cresylic acid	goldfish	1	6–48	1
Cyanogen chloride	rainbow trout	0·1	?	85
Ethyl alcohol	goldfish	0·25 c.c./l.	6–11	4
Ferric chloride	stickleback	pH 4·8	144	15
*Herbicides**				
Aminotriazole	coho salmon	325	48	86
,,	bluegill	10,000	48	86
Baron	chinook salmon	2·3	48	86
,,	largemouth bass	4·6	24	86
Dowpon	coho salmon	340	48	86
Diquat	chinook salmon	28·5	48	86
,,	rainbow trout	60	96	86
Diuron	coho salmon	16	48	86
Endothal	chinook salmon	136	48	86
F.98 (Acrolein)	,, ,,	0·08	24	86
,,	rainbow trout	0·065	24	86
Hyamine 1622	coho salmon	53	48	86
Kuron	chinook salmon	1·23	48	86
,,	largemouth bass	3·5	24	86
Monuron	coho salmon	110	48	86
,,	various spp.	40	240	86
Omazene	chinook salmon	0·83	48	86
Phygon XL	largemouth bass	0·07	48	86
Simazine	chinook salmon	6·6	48	86
Sodium TCA	,, ,,	>870	48	86
Hydrochloric acid	stickleback	pH 4·8	240	15
,, ,,	goldfish	pH 4·0	4–6	1
(See also *Figure 30*)				
Hydrogen sulphide	,,	10	96	1
*Insecticides**				
Aldrin	,,	0·028	96	87
,,	rainbow trout	0·05	24	60
BHC	goldfish	2·3	96	87
BHC (6·5 per cent gamma isomer)	rainbow trout	3	96	88
Chlordane	goldfish	0·082	96	87
,,	rainbow trout	0·5	24	60
Chlorothion	fathead minnow	3·2	96	87
Co-ral	bluegill	0·18	96	87
DDT	goldfish	0·027	96	87
,,	rainbow trout	0·5	24	60
,,	,, ,,	0·32	36	63
,,	salmon	0·08	36	63
,,	,,	0·072	?	89
,,	brook trout	0·032	36	63
Dieldrin	goldfish	0·037	96	87
,,	bluegill	0·008	96	87
,,	rainbow trout	0·05	24	60
Dipterex	fathead minnow	180	96	87
Di-syston	bluegill	0·064	96	87
Endrin	goldfish	0·0019	96	87
,,	carp	0·14	48	65

* The references cited should be consulted for the chemical names of these compounds, the degree of purity of the preparations used for the tolerance tests, and the methods employed for making the test solutions.

Table 51—cont.

Substance	Fish tested	Lethal concentration	Exposure time hours	Ref.
Insecticides (cont.)				
Endrin	fathead minnow	0·001	96	87
EPN	,, ,,	0·2	96	87
Guthion	bluegill	0·005	96	87
,,	fathead minnow	0·093	96	87
Heptachlor	rainbow trout	0·25	24	60
,,	goldfish	0·23	96	87
,,	bluegill	0·019	96	87
Malathion	fathead minnow	12·5	96	87
Methoxychlor	rainbow trout	0·05	24	60
,,	goldfish	0·056	96	87
OMPA	fathead minnow	121	96	87
Parathion	,, ,,	1·4–2·7	96	87
Para-oxon	,, ,,	0·33	96	87
Sevin	,, ,,	13	96	87
,,	bluegill	5·6	96	87
Systox	fathead minnow	3·6	96	87
Toxaphene	rainbow trout	0·05	24	60
,,	goldfish	0·0056	96	87
,,	carp	0·1	?	90
TEPP	fathead minnow	1·7	96	87
Lactic acid	goldfish	654	6–43	1
Lead nitrate	minnow	0·33 Pb	?	7
,, ,,	stickleback	0·33 Pb	?	7
,, ,,	brown trout	0·33 Pb	?	7
,, ,,	stickleback	0·1 Pb	336	14
,, ,,	goldfish	10	1–2	14
,, ,,	rainbow trout	1 Pb	100	72
Lead sulphate	goldfish	25 Pb	96	6
Magnesium nitrate	stickleback	400 Mg	120	15
Mercuric chloride	,,	0·01 Hg	204	15
Methyl alcohol	goldfish	0·25 c.c./l.	11–15	4
Naphthalene	salmon	3·2	?	80
,,	perch	20	1	51
Nickel chloride	goldfish	10	200	1
Nickel nitrate	stickleback	1 Ni	156	15
Nitric acid	minnow	pH 5·0	?	7
Oxalic acid	goldfish	1000	1	1
Oxygen	rainbow trout	3 c.c./l.*		45
,,	eel	1 c.c./l.*		45
,,	coho salmon	2	720	41
Nascent oxygen	various species	0·033	?	91
Ozone	,, ,,	0·01	?	91
Phenolic substances				
ortho-cresol	minnow	60	2	92
para-cresol	,,	50	2	92
,, ,,	rainbow trout	5	2	21
phenol	minnow	20	4	92
,,	rainbow trout	6	3	21
,,	perch	9	1	51
,,	goldfish	10	72	1
Potassium chromate	rainbow trout	75	60	79

* These are said to be the minimum tensions at which the animal is able to extract its *normal* requirement of oxygen from the water.

Table 51—cont.

Substance	Fish tested	Lethal concentration	Exposure time hours	Ref.
Potassium chromate	largemouth bass	195 Cr	68	93
Potassium dichromate	rainbow trout	57	72	79
,, ,,	goldfish	500	72	1
Potassium cyanide	,,	0·4 CN	118	4
,, ,,	,,	0·1–0·3	96	1
,, ,,	rainbow trout	0·13 CN	2	21
,, ,,	,, ,,	0·07 CN	70	18
Potassium nitrate	stickleback	70 K	154	15
Potassium permanganate	goldfish	10	12–18	1
,, ,,	various species	3–5	?	68
Pyridine	perch	1000	1	51
,,	goldfish	1·87 c.c./l.	10–30	4
Quinoline	perch	30	1	51
Silver nitrate	stickleback	0·004 Ag	180	15
Sodium chlorate	goldfish	>1000	120	1
Sodium chloride	,,	10,000	240	1
Sodium cyanide	stickleback	1·04 CN	2	11
,, ,,	various species	1	?	20
Sodium fluoride	goldfish	1000	60–102	1
Sodium hydroxide	,,	pH 10·6	168	2
(See also *Figure 30*)				
Sodium nitrate	stickleback	6000 Na	180	15
Sodium sulphide	,,	4·5 S	2	11
,, ,,	brown trout	1 S	?	29
Sodium sulphite	goldfish	100	96	1
Strontium chloride	,,	10,400 Sr	17–31	4
Strontium nitrate	stickleback	1500 Sr	164	15
Sulphuric acid	goldfish	pH 3·9	5–6	1
Tannic acid	,,	100	180	1
,, ,,	salmon	4·8	?	80
Tartaric acid	goldfish	100	200	1
Zinc sulphate	stickleback	0·3 Zn	204	14
,, ,,	goldfish	100	120	1
,, ,,	rainbow trout	0·5	64	10

Table 52. Lethal limits to fish for Synthetic Detergents and Soaps

This Table is based upon the data in HENDERSON, PICKERING and COHEN[56] and *Water Pollution Research, 1955*[57]

Substance	Fish tested	Lethal concentration p.p.m.	Water type	Exposure time hours
Entire packaged detergents	fathead minnow	41–85	soft	96
,, ,, ,,	,, ,,	15–87	hard	96
Surface active agents				
alkyl benzene sulphonates	,, ,,	4·5–23	soft	96
,, ,, ,,	,, ,,	3·5–12	hard	96

Table 52—cont.

Substance	*Fish tested*	*Lethal concentration* p.p.m.	*Water type*	*Exposure time* hours
Surface active agents (cont.)				
polyoxyethylene ester	fathead minnow	37	soft	96
,, ,,	,, ,,	38	hard	96
sodium lauryl sulphate	,, ,,	5·1	soft	96
,, ,, ,,	,, ,,	5·9	hard	96
sodium tetrapropylene benzene sulphonate	rainbow trout	12	?	6
Builders				
sodium perborate	,, ,,	320	?	24
sodium pyrophosphate	,, ,,	1120 PO_4	?	24
sodium silicate	,, ,,	>256	?	24
sodium sulphate	,, ,,	>704	?	24
,, ,,	fathead minnow	9000	soft	96
,, ,,	,, ,,	13,500	hard	96
sodium tripolyphosphate	rainbow trout	1120 PO_4	?	24
,, ,,	fathead minnow	140	soft	96
,, ,,	,, ,,	1300	hard	96
Soaps				
household soaps	,, ,,	29–42	soft	96
,, ,,	,, ,,	920–1800	hard	96
pure sodium stearate	,, ,,	100	soft	96
,, ,, ,,	,, ,,	>1300	hard	96

Table 53. Check list of fishes used in experimental work with polluting substances

Common name	*Scientific name*
bleak	*Alburnus alburnus* (L.)
bluegill	*Lepomis macrochirus* Rafinesque
brown trout	*Salmo trutta* (L.)
carp	*Cyprinus carpio* (L.)
catfish (American)	*Ameiurus nebulosus* (Le Sueur)
chinook salmon	*Onchorhynchus tshawytscha* (Walbaum)
chub	*Squalius cephalus* (L.)
coho salmon	*Onchorhynchus kisutch* (Walbaum)
dace	*Leuciscus leuciscus* (L.)
eel	*Anguilla anguilla* (L.)
fathead minnow	*Pimephales promelas* Rafinesque
goldfish (common)	*Carassius auratus* (L.)
goldfish (crucian carp)	*Carassius carassius* (L.)
largemouth bass	*Micropterus salmoides* (Lacépède)
minnow	*Phoxinus phoxinus* (L.)
perch	*Perca fluviatilis* (L.)
rainbow trout	*Salmo gairdnerii* Richardson
roach	*Rutilus rutilus* (L.)
salmon (Atlantic)	*Salmo salar* (L.)
speckled trout, brook trout or American char	*Salvelinus fontinalis* (Mitchell)
stickleback (3-spined)	*Gasterosteus aculeatus* (L.)
stickleback (12-spined)	*Pygosteus pungitius* (L.)
tench	*Tinca tinca* (L.)