

# ماهی و آلودگی آبها

نوشته:

مرتضی حسینیان

مهندس سازمان آب منطقه‌ای تهران

## چکیده:

از قدیم الایام آب بعنوان مهمترین عامل حیات شناخته شده و زندگی انسانی - حیوانات و گیاهان بدون آب ممکن نیست. بیشتر فعالیتهای متابولیکی سلولها فقط در حضور آب امکان پذیر است. ۸۰ درصد تشکیل دهنده سلولها آبست و هر نوع کاهش در این مقدار آب مصیبت بار خواهد بود. هر نوع از فعالیتهای انسان مستلزم مصرف نوعی آبست. برای بعضی مصارف آب را باید از جریانهای آب گرفت و بعد از کاربرد مورد نظر آن را مجدداً بمنبع اصلی خود بازگردانید. ممکنست این آب بازگردانیده شده واقعاً همان آب اولیه نباشد و محتوی مقادیر ناخالصی بوده و یا مثلاً از آب اولیه گرمتر شده باشد. اگر جریان آب دبی زیادی داشته باشد از آب آن میتوان بکرات استفاده نمود. با توجه باینکه آب بصورت کالای تقریباً رایگان در اختیار انسان قرار دارد بشر در نگهداری آن و آلوده نشاختن آن سعی کافی مبذول نمی نماید و تنها وقتی که برای تهیه آب در مصارف گوناگون با مشکلاتی مواجه گردید با اهمیت آن بیشتر خواهد اندیشید. از طرفی از مدتها پیش آب بعنوان عامل مهمی در انتقال بیماریها شناخته شده است.

از دیر باز میدانستند که آبهای طبیعی قادرند مواد آلوده کننده آلی را که دریافت مینمایند اکسیده کنند. این اکسیداسیون و میزان مواد آلی که هر جریان آبی میتواند دریافت نماید محدود است و در درجه اول بمیزان اکسیژن محلول موجود در آبها مربوط است. همراه با توسعه شهرنشینی از نظر حفظ بهداشت عمومی توجه انسان به مسأله دفع مواد زائد حاصل از فعالیتهای زندگیش معطوف شده است. عادی ترین و نزدیکترین محل تخلیه ای که در این مورد بنظر انسان رسیده جریانهای آب هستند. بطور کلی جریانهای آب را از نظر مصارف گوناگون در چهار گروه زیر مورد مطالعه قرار میدهند:

- ۱- جریانهائی که جهت انتقال و تخلیه فاضلاب بدون توجه به پرورش موجودات آبی بکار میروند
- ۲- جریانهائی که بار آلودگی آنها محدود بوده و برای پرورش ماهی بکار برده میشوند
- ۳- جریانهائی که بمنظور مسائل تفریحی مورد استفاده قرار میگیرند
- ۴- جریانهائی که بعنوان منابع آب آشامیدنی هستند.

آب در حقیقت یک سیستم اکولوژیست که نوع و بزرگی آن به کیفیت آب مربوط است. زیرا مثلاً آبی که منشاء آن نقاط کوهستانیست چون میزان مواد آلی محلول آن ناچیزست، لذا چنین آبی قادر به نگهداری و حمل تعداد زیادی موجود است زنده نخواهد بود. بدون حضور مواد غذایی آلی و یا موجودات آبی یا زندگی پست امکان زندگی موجودات عالی تری چون ماهی امکان پذیر نیست. با این ترتیب مقدار محدود شده‌ای از فاضلاب در جریانهای آب بعلت بالا بردن غلظت مواد آلی غذایی میتواند اثر اصلاحی در زندگی موجودات آبی خصوصاً ماهی داشته باشد. متذکر میشود در صورتیکه غلظت مواد آلی بهر طریقی و یا غلظت ناخالصیهای آنها خیلی بالا رود. نه تنها این مواد دیگر برای موجودات آبی جنبه غذایی ندارند بلکه با اثرات نامطلوبی که روی آنها خواهند گذاشت باعث از بین رفتن آنها میگرددند.

یکی از مهمترین منابع غذایی انسان دریاها و یابستر گفته شود آنها هستند. سالیانه بین ۱۰ تا ۱۶۰ میلیون تن ماهی که ۲ درصد پروتئین قابل استفاده دارند از این منبع بدست میآید. طبق برآورد دانشمندان تا سال ۲۰۰۰ انسان خواهد توانست ۳ درصد از پروتئین مورد نیاز خود را از آنها از طریق صید تأمین نماید. برخلاف عقیده عمومی منابع غذایی دریاها و آنها نامحدود نیستند و میزان تولید غذا از منابع آبی شاید بیشتر از ۲۰ برابر سال ۱۹۶۸ نتواند افزایش یابد.

انسان همانطور که گذشت بعلت رایگان بودن آب بدون توجه باینکه این منبع حیاتی یکی از منابع مهم تأمین غذای اوست بطرق گوناگون در آلوده ساختن و مثلاً از بین بردن موجودات آبی کوشش مینماید. در بعضی مواقع میزان آلودگی آنها باندازه‌ای زیاد شده که در بیشتر موارد اکسیژن موجود در آنها که مهمترین عامل مبارزه با آلودگیهاست و همچنین ارزنده‌ترین عامل زندگی موجودات آبیست بصفر تقلیل یافته است.

Tarzwel گفته است «تحت شرایط عادی یک جریان آب یک ماهی باید بتواند خود را در جهت عکس جریان نگهدارد - غذای خود را بدست آورد - خود را در مقابل دشمنان حفظ نماید و تولید مثل نیز بکند. تمام این فعالیتها به مقداری اکسیژن احتیاج دارد. سن و اندازه ماهی در میزان اکسیژن مورد نیاز اثر مستقیم دارد بطوریکه ماهیهای جوانتر با اکسیژن بیشتری نیازمندند.

این شخص میگوید بطور کلی ماهی به ۴ چیز بترتیب منبع آب - تخم گذاری - غذای کافی - محل مناسب برای زندگی احتیاج دارد.

در نوشته زیر سعی شده است آلودگی آنها بطور جدا از هم و در کمال اختصار و اثری که هر یک از این آلوده کننده‌ها در زندگی ماهیها خواهند داشت مورد مطالعه قرار گیرد.

### ماهی و آلودگیها

در نوشته‌های زیادی که Ellis درباره طبقه بندی آلوده کننده‌های رودخانه منتشر ساخته از ۱۱ نوع ماده که در آبهای آلوده موجودند و تعداد زیادی از آنها برای زندگی ماهیها و سایر آبزیان خطرناک هستند نام برده است. تعداد و مقدار این مواد با پیشرفت صنایع از طریق تخلیه پس آبهای صنعتی در آنها

رو با افزایش است. باید توجه داشت مسائل بیولوژیکی آب، و یا فاضلاب مربوط با آلودگی آب قبل از ۱۹۱۰ اصولاً مورد توجه نبوده و در یادداشت‌هایی که از آن زمان باقی مانده است اشارات مختصری باین قبیل موضوعات شده است. تحقیقات اصولی در این باره را باید به بعد از ۱۹۲۰ مربوط دانست.

در ۱۹۱۷ Powers اولین کسی بود که درباره زندگی ماهی قرمز و اثرات آلودگی بر روی آن مطالعاتی انجام داد. کارهای این شخص توسط Carpenter دنبال شد بخصوص بعلت کشته شدن تعداد زیادی ماهی بعلت ریزش فاضلاب معدنی سرب و روی دار در یکی از رودخانه‌های آمریکا موضوع آلودگی آب و زندگی ماهی مورد توجه قرار گرفت. بعدها Carpenter ثابت کرد که علت مردن ماهیها در این رودخانه نه تنها بخاطر تخلیه مواد معلق بلکه حضور مواد سمی محلول (بخصوص ترکیبات سرب) نیز بوده است. برای اثبات این مطلب این شخص تعدادی ماهی را در قفسی در داخل جریان آبی نگهداری نمود. وقتی از داخل قفس آب بدون دریافت مواد سمی مثل املاح سرب و روی عبور میکرد ماهیها بزندگی خود ادامه میدادند ولی با عبور آب سرمدار بمیزان ۳ر. تا ۴ر. میلی گرم در لیتر ماهیها میمردند.

طبق نظریه Carpenter املاح فلزات سنگین (سرب - روی - آلومینیم - مس - نیکل - نقره - جیوه - کادمیوم) در محلولهای رقیق باعث راسب شدن ماده مخاطی ترشح شده در گوش و آلات تنفسی ماهیست و فضاهای داخلی این اعضا بوسیله این رسوبات پر میشوند و بالاخره ماهی را دچار خفقان و خفگی میکند. در این حالت تحرك رشته‌های موجود در آلات تنفسی به کمترین حد ممکن رسیده و تماس لازم و ضروری دستگاه تنفس با آب برای اکسیژن گیری و نفس غیرممکن میگردد و گازهای حاصل از تنفس در بدن ماهی جمع میشوند و خفگی بعلت تجمع این گازها در بدن ماهیست.

تئوری Carpenter بوسیله Ellis و Westfall صحه گذاری شد ولی اخیراً یکی از دانشمندان بنام LLoyd که روی سمی بودن املاح روی در زندگی ماهی قزل آلا مطالعاتی انجام داده دریافته است که وقتی مثلاً ماهی قزلی آلا در محیط آلوده به روی زندگی میکند رسوب عنوان شده بوسیله Carpenter در گوش و آلات تنفسی ماهی بوجود نمی آید. باین جهت او عقیده پیدا کرده که مردن ماهی قزل آلا در محیط آلوده به سولفات روی بعلت تورم و شکستن آلات تنفسی داخلی است. بهرحال آنچه مسلمست اینست که املاح فلزات سنگین به قدرت مبادل گازهای حاصل از فعالیت بدنی ماهیها از طریق آلات تنفسی لطمه وارد کرده و یا این قسمت را بکلی نابود مینماید. اثرات مواد سمی در زندگی ماهی را میتوان با قرار دادن آن در محیطهای محتوی محلولهای رقیق فلزات سنگین مورد مطالعه قرار داد و با استفاده از دستگاههای بخصوص میزان تحرك و جذب اکسیژن از محیط را در مورد آنها کنترل نمود.

وسعت گرفتگی آلات تنفسی ماهی بوسیله رسوبات متذکره در بالا بمیزان فضاهای خالی موجود در بدن ماهی و بوضع متابولیکی آن مربوط است. بعنوان مثال وقتی ماهی قرمز در محلول رقیق نیترات سرب قرار داده شود رسوبات سفید و پشم نما در آلات تنفسی ظاهر شده و میزان آنها بعدی زیاد است که تمام محلول را بصورت شیری در میآورد.

## فلزات سنگین

املاح فلزات سنگین بخصوص بعلت پایدار بودنشان در مقابل اکسیداسیون و یا رسوب دادن و حذف نشدن آنها از طریق روشهای معمولی علمی آلودگیهای شدیدی را باعث میشوند. در آبهای نرم خاصیت کشندگی آنها در غلظتهای کمتری مشهود است. مثلاً املاح مس در آب نرم در غلظت ۰.۳ میلی گرم در لیتر بر روی ماهی آنبوس کشنده است. املاح جیوه و نقره نیز بشدت بر روی ماهیها اثرات سمی از خود باقی میگذارند و در مقایسه با املاح مس سمیت بیشتری دارند. روی و سرب در مقایسه با سایر فلزات سنگین سمیت کمتری خواهند داشت.

برطبق مطالعات Afelech در استوالیا ترکیبات روی بخصوص برای ماهی قزل آلا و Ova و Aleuins در غلظتی بین ۰.۱٪ تا ۰.۲٪ میلی گرم در لیتر کشنده هستند. این ارقام خیلی کمتر از غلظتهائی است که سایر دانشمندان بدست آورده اند. مطالعات Affleck بوسیله سایر محققین تأیید گردیده و ثابت شده است که خاصیت سمی املاح سرب و روی در حضور ترکیبات املاح محلول کلسیم کاهش مییابد.

ماهی آنبوس در عرض ۴ ساعت در محیط آلوده بسرب خواهد مرد. در محلولهای نیترات سرب بغلظت یک میلی گرم در لیتر که در حدود ۰.۵ میلی گرم در لیتر املاح کلسیم بصورت کلرور - نیترات - بیکربنات موجود باشد ماهی ۱۰ روز میتواند بزندگی خود ادامه دهد.

LLoyd همچنین تأیید نمود که خاصیت مسموم کننده گی روی با حضور املاح کلسیم نیز کاهش مییابد. املاح روی در محیطهای کلسیم دار بمیزان ۰.۵ میلی گرم در لیتر سمی هستند ولی در آبهای نرم حد سمی روی تا ۰.۵ میلی گرم در لیتر تقلیل مییابد. با توجه بمطالب ذکر شده باید پذیرفت که سختی آب نقش مهمی در کیفیت آلودگی ناشی از حضور املاح فلزات سنگینی بازی میکند.

برای اینکه در مورد اثر فلزات سنگینی در زندگی ماهیها ایده ای داشته باشیم بجدول زیر که مقدار ماکزیمم جیوه را برای بعضی ماهیها داده است توجه میکنیم.

نوع ماهی	حد کشندگی جیوه به میلی گرم در لیتر
Walleyepike	۰.۱ تا ۰.۳
Sucker	۰.۸۸
Whitebass	۰.۵۳ - ۰.۸۰
Carp	۰.۰۸ - ۰.۲۸
Coho - Salmon	۰.۲۴ - ۰.۹۶

باید اشاره نمود که بعضی از موجودات آبی مثل دیاتومه ها که خوراک اصلی ماهیها هستند میتوانند مقادیری جیوه و سایر فلزات سنگینی را جذب نمایند. ماهیها با خوردن این موجودات جیوه را وارد بدن خود مینمایند. املاح فلزات سنگینی که از طریق آلات تنفسی ماهیها جذب شده باشد در داخل بدن آنها با گذشت زمان تغلیظ خواهد شد. مثلاً اگر ماهی بمدت یک ساعت در محیطی با غلظت جیوه ۱ میلی گرم در لیتر متوقف گردد مقدار جیوه در بدن آن بعد از ۱ روز به ۴ میلی گرم در لیتر خواهد رسید.

## اسیدهای معدنی و آلی

Ellis در مطالعات خود بر روی ماهی قزل‌آلا از ۱۱ نوع اسید معدنی موجود در فاضلابهای صنعتی نام برده است. اثر این اسیدها روی ماهی قرمز توسط Katz و Doudoroff تعقیب شد و بالاخره این نتیجه بدست آمد که اثر اسیدهای معدنی قوی ( $\text{NO}_3\text{H} - \text{SO}_4\text{H}^2 - \text{HCl}$ ) روی ماهی قرمز باعث بیضرر بودن آنیونهای آنها کلاً بخلطت یون هیدروژن مربوط است. بطوریکه ماهی قرمز در PH حدود ۴ و ۵ و ماهی آنبوس در PH حدود ۶ و ۷ میتواند بزندگی خود ادامه دهند. ایندو نفر مناسبترین PH برای زندگی ماهی‌های آب شیرین را حدود ۶ پیشنهاد نمودند.

PH های بالا احتمالاً کواگولاسیون ماده مترشعه از گوش ماهی را تسریع و باعث مرگ ماهی میشوند و یا ممکنست باعث انقباض و یا خوردگی شدید در نسوج آلات تنفسی ماهی گردیده و مرگ آنها را تسریع نمایند. پاره‌ای اسیدها مثل اسید اکریک خاصیت سمومیت آن به PH مربوط نیست بلکه این اسید میتواند کلسیم را که عامل حیاتیتست را سب نماید.

اسید کرمیک و اسید تانیک نیز ترکیبات ناهلجولی با بعضی پروتئین‌های نسوج آلات تنفسی تولید میکنند. علت سمومیت اسید استیک نفوذ آن در سلولهای ماهی و تراکم آن در آلات تنفسی و ممانعت از عمل اکسیژن‌گیری و بالاخره مردن ماهیست املاحی که در اثر هیدرولیز باعث بالا رفتن غلظت یون هیدروژن میشوند میتوانند در کشتن ماهی مؤثر واقع گردند. مثلاً Katz در اثر آزمایشهای خود دریافته که کلروفریک روی ماهی آنبوس تقریباً همان اثر اسید کلرئیدریک را دارد.

موادیکه در بالا بعنوان آلوده کننده ماهی ذکر شد بیشتر از طریق آسیب رساندن به قدرت و توانائی اکسیژن‌گیری ماهی از محیط زندگی باعث کشته شدن آنها میشوند. در زیر بموادیکه بطرق دیگر باعث تلف شدن ماهیها میشوند و بعنوان مواد آلوده کننده آب پذیرفته شده‌اند اشاره مینمائیم.

## سیانور و ترکیبات آن

ترکیبات اسید سیانیدریک که در اثر هیدرولیز HCN تولید مینمایند میتوانند از طریق آلات تنفسی و غشاء مخاطی دهان ماهی بداخل بدن آن راه یافته و بوسیله جریان خون در تمام بدن پخش گردد و با اثر مخصوص که روی سیتوکرم و یا سایر آنزیمهای مؤثر در عمل تنفس از خود باقی میگذارد قدرت ماهی را در جذب اکسیژن محیط سلب کرده و حیوان را میکشد.

آزمایش اثر مواد و ترکیبات سیانوردار روی قورباغه که مقاومت بیشتری در خفگی دارد نیز تأیید کرده است که سیانور علاوه بر اشکالات فوق روی سیستم اعصاب قورباغه اثر دارد.

از سیانور سدیم برای از بین بردن بعضی انواع ماهیهای استخر استفاده مینمایند. کفایت باب این استخرها حدود یک میلی گرم در لیتر سیانور سدیم اضافه کنند، ماهیها در عرض ۳ تا ۴ دقیقه بسطح آب خواهند آمد. این ماهیها را اگر داخل آب شیرین نمایند بعد از ۳۰ دقیقه بزندگی خود ادامه خواهند داد.

آزمایشات زیادی روی اثر سیانور سدیم در زندگی ماهیها مخصوصاً قزل آلا توسط Alexander و Southgate بعمل آمده و مشاهده کرده اند که پس از مرگ ماهیها مایع سرح رنگی از گوش آنها خارج میشود و این نتیجه تعویض شرایط شریانه های آورنده خون از طریق ممانعت کننده های اکسیداسیونی در بدنه نسوج میباشد. موضوع فوق بوسیله Passinda و Pentelow نیز تأیید شده است. این افراد همچنین دریافته اند که اثر سیانورها واسید سیانیدریک مربوط بقسمتی از آنهاست که دیسوسیه نشده اند زیرا سیانورهای دیسوسیه نشده اثرات بیشتری در کشتن ماهیها دارند و علت آن قدرت نفوذ بیشتر آنها در سلولهای بدن ماهیست.

Downing ثابت نمود کاهش اکسیژن محیط خاصیت سمی سیانور را افزایش میدهد. اثر سیانور و ترکیبات در آن PH های اسیدی تسریع و در PH های قلیائی کند میشود، بطوریکه Worker آزمایش کرده اثر محیطی با ۶۶ ر. میلی گرم در لیتر سیانور اگر PH از ۸٫۴ به ۷٫۵۸ تقلیل یابد دو برابر میگردد.

مطالعات دیگری در زمینه اثر سیانور فلزات سنگینی مثل سرب - روی - کادمیوم توسط Doudoroff انجام گرفته و تأیید گردیده است که این ترکیبات جزو خطرناکترین مسموم کننده ها برای زندگی ماهی و آبزیان هستند. سیانور نیکل در مقایسه با ترکیبات فوق سمیت کمتری دارد.

### ترکیبات گوگردی

$SH^2$  و ترکیبات گوگردی محلول اثراتی کم و بیش مثل سیانور و ترکیبات آن دارند. در انسان  $SH^2$  اثر سوزشی و تحریک کننده ای روی نسوج زبان از خود باقی میگذارد. در مورد این ترکیبات تجربه ثابت کرده است که قسمت دیسوسیه نشده خیلی بیشتر از اصلاح دیسوسیه شده اثرات کشنده بر روی آبزیان دارند.

Pentlow ثابت نمود که اثر سولفور سدیم در زندگی ماهی به PH محیط مربوط است. بطوریکه در محیط محتوی ۳۲ میلی گرم در لیتر سولفور سدیم در صورت تغییر PH از ۹ به ۶ اثر مسمومیت چند برابر میگردد. باید توجه داشته افزایش اسیدیته غلظت  $SH^2$  دیسوسیه نشده را بالا میبرد. حد بحرانی غلظت سولفور سدیم در PH حدود ۷ و آبهای نرم بمتزان ۲...۰ ر. نرمال است و این مقدار سولفور سدیم میتواند میزان جذب اکسیژن را تا ۳۳ درصد مقدار عادی پائین آورد و ماهیها را در زمانی معادل ۹ دقیقه بکشد. هرچه غلظت سولفور سدیم زیادتر گردد ماهی در زمان کمتری خواهد مرد. مثلاً در غلظت حدود ۱...۰ ر. زمان زندگی ماهی بیش از ۶ دقیقه طول نخواهد کشید.

### گازها

اکسید کربن که ممکنست از طریق تخلیه پس آب مراکز تهیه گاز مایع داخل جریان آب شده باشد ماده مهم دیگریست که در سیستم تنفسی ماهی اثر میگذارد. در انسان اثر این گاز با ترکیب شدن

آن با هموگلوبین خون بخوبی روشن است. قدرت ترکیب آن با هموگلوبین ۲۰ مرتبه بیشتر از اکسیژن است و براحتی میتواند از ظرفیت جذب اکسیژن خون بکاهد.

آنیلین که از سراز تهیه گاز بداخل جریانها آب میگردد اثراتی کم و بیش مثل اکسید کربن داشته و یا هموگلوبین جسمی بنام متهموگلوبین میدهد با پیدایش این جسم در خون انسان ابتدا بشدت تحریک شده و سپس تمایل زیادی بخوابیدن پیدا مینماید. در ماهیها آنیلین مانند انسان ماهی را بعد از تحریک زیاد گیج کرده و بخواب عمیق که منجر بمرگ آن خواهد شد فرو میرود.

عمل فیزیولوژیکی گاز کربونیک بر ماهی با وجود مطالعه زیاد هنوز آنطور که باید و شاید بصورت نظریه محکمی بیان نشده است اگر غلظت این گاز در هوا به ۲ تا ۳ درصد برسد در انسان خفگی حاصل میشود. میزان طبیعی آن در اتمسفر ۰.۰۳ درصد است و در غلظت ۱ درصد بطور ناگهانی اعمال تنفسی را قطع میکند.

Katz تأیید کرده است که اثر گاز کربونیک در ماهی کم و بیش مثل اثر سیانور و ترکیبات گوگردیست در غلظت ۰.۰۵ میلی گرم در لیتر در صورت وجود اکسیژن کافی در محیط اثر چندانی بر آبزیان ندارد ولی در غلظت ۱.۰ تا ۲.۰ میلی گرم در لیتر بطور قطع ماهی را خواهد کشت. طبق تجربیات Hynes از این گاز تا ۰.۵ میلی گرم در لیتر بعلت متلاشی شدن مواد آلی در آب تولید میشود. گاز کربونیک اثر مستقیمی در زندگی ماهی ندارد بلکه در صورت بالا رفتن غلظت آن از جذب اکسیژن محیطی کاسته شده و غلظت زیاد آن علاوه بر خود ماهی میتواند بر روی تخم ماهی نیز اثر داشته باشد.

Krogh و Leitch مقداری تخم ماهی را بمدت ۹ روز در انکوباتور نگهداری نمود و بعد آنها را داخل آبی با ۲.۰ میلی گرم در لیتر گاز کربونیک قرار داد مشاهده نمود که فقط ۲ درصد از تخمها میتوانند بزندگی ادامه داده و ب ماهی تبدیل شوند.

### مواد آلی

یکی از مهمترین انواع آلوده کننده هائی که بطور مستقیم در عملیات تنفسی ماهی دخالت ندارد ولی باعث کاهش اکسیژن محیط میگردد مواد آلیست. فاضلابها و پس آبها که محتوی مقادیر زیادی مواد آلی هستند میتوانند در تخلیه بچریانهای آب میزان اکسیژن محلول را حتی تا صفر تقلیل دهند. مواد معدنی مثل سولفورها و املاح آهن دوظرفیتی که تمایل زیادی با کسیده شدن دارند نیز در تقلیل اکسیژن محلول مؤثرند.

بالا رفتن درجه حرارت آب در رودخانهها بعلت تخلیه پس آبهای سرد کنندهها در کاهش اکسیژن اثر زیادی خواهد داشت. ماهی که موجودی خون سرد است میزان فعالیت متابولیکی آن با تغییر درجه حرارت تغییرات زیادی میکند. بالا رفتن هر ۱ درجه سانتیگراد میزان اکسیژن گیری ماهی قزل آلا را ۲۷ مرتبه با حالت عادی بیشتر مینماید و این بدان معنی است که ماهی برای گرفتن اکسیژن ۲۷ مرتبه بیشتر از معمول باید فعالیت نماید.

طبیعت زندگی را برای ماهی آسان ساخته بشرطی که ماهی بتواند خود را با شرایط محیطی مطابقت دهد و میزان اکسیژن محیط نیز کافی باشد. در ۴ درجه سانتیگراد میزان اکسیژن محلول آب بعد اشباع یعنی ۱۴۷ میلی گرم در لیتر است و در ۱۰ درجه سانتیگراد این رقم به ۱۰۹ و در ۲۴ درجه سانتیگراد به ۸۳ تقلیل مییابد. اگر بالاترین درجه حرارت توأم با ازدیاد مواد آلی باشد سرعت کاهش اکسیژن محلول بیشتر و محیط از هر نظر برای زندگی ماهی خطرناکتر خواهد شد. ماهیها معمولا در محیطی که اکسیژن محلول آن کمست تحرك بیشتری از خود نشان میدهند و تعداد حرکات تنفسی آنها سریعتر و تندتر میگردد.

تعداد حرکات تنفسی ماهی آبوس در محیطی که اکسیژن آن کمست . . ۳ دفعه در دقیقه است و این شاید باین علت باشد که ماهی برای دریافت اکسیژن بیشتر با تحرك زیادتر خود موجبات تهویه آب را فراهم میسازد. در ۳ درجه سانتیگراد ماهی قزل آلا در عرض ۳ دقیقه در محیطی که ۱۰۸ میلی گرم در لیتر اکسیژن داشته باشد شروع به تحرك زیاد نموده و حتی قورت قورت آب میاشامد. میزان اکسیژن لازم برای زندگی ماهیها از مطالعاتیستکه مدتها مورد بحث دانشمندان بوده و بالاخره تحقیقات Thompson ثابت کرد ماهی قزل آلا و بیشتر انواع ماهیها در محیطی با کمتر از ۳ میلی گرم در لیتر اکسیژن خواهند مرد. برای بعضی انواع ماهیها این رقم را ۴ میلی گرم در لیتر نوشته اند.

Ellis برای این منظور مبادرت باندازه گیری . . ۵۸ نمونه آب برای اکسیژن محلول در . . . ۱ نقطه از رودخانه های آمریکا نمود و دریافته که در تابستان در گرمترین ماهها مقدار اکسیژن محلول آب رودخانه ها از ۰ میلی گرم در لیتر کمتر نمیشود.

Fry پس از مطالعات زیاد مقدار اکسیژن لازم برای زندگی ماهیها را بشرح زیر تعیین نموده است:

قزل آلا بین ۲۴ تا ۳۷ میلی گرم در لیتر

ماهی خاردار (Perch) بین ۱۱ تا ۱۳ میلی گرم در لیتر

ماهی قنات (Roach) بین ۶۷ تا ۶۹ ر.

ماهی Carps بین ۶ تا ۲۰ ر.

ماهی Dace بین ۵۷ تا ۱۱ ر.

ماهی Bleak بین ۶۸ تا ۱۴۴ ر.

در مطالعات فوق درجه حرارت محیط ۱۶ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است.

ارقام یاد شده نتیجه مطالعات آزمایشگاه هیست و نباید انتظار داشت که در طبیعت نیز قابل قبول قبول باشد بدین جهت دانشمندانی چون Breese و Warren میزان اکسیژن لازم برای زندگی ماهیها را ۳ میلی گرم در لیتر تعیین نموده اند.

درمواقع تحرك بیشتر ماهیها با اکسیژن زیادتری نیاز دارند. مثلاماهی قزل آلا که در حالت عادی ۲۰ میلی گرم در لیتر اکسیژن محلول برای زندگی آن کافیسست در ترك و فعالیت زیاد به حدود ۱۰ میلی گرم در لیتر اکسیژن احتیاج داد.



یکی از ماهیهای مقاوم در برابر کمبود اکسیژن مار ماهیست که در محیطی که کمتر از یک میلی گرم در لیتر اکسیژن داشته باشد میتواند زندگی نماید ماهی Loach در محیطی که اکسیژن محلول خیلی جزئی باشد و یا عاری از اکسیژن محلول باشد نیز از طریق غورت دادن حباب هوا از سطح آب میتواند بزندگی عادی خود ادامه دهد.

تذکر این نکته ضروریست که هرچه میزان اکسیژن محلول کاهش یابد اثر سایر مواد سمی برای زندگی ماهی و آبزیان بیشتر خواهد شد. تخم ماهی نیز در محیطی که اکسیژن محلول کافی نباشد نمیتواند زندگی نماید.

### ترکیبات ازت دار - دترجنتها - حشره کشها

آمونیاک و برخی ترکیبات ازت دار از آندسته از مواد هستند که اثر مسمومیت شدیدی مخصوصاً ترکیبات دیسوسیه نشده آنها بر روی زندگی ماهیها دارند. آمونیاک که از طریق آلات تنفسی داخل بدن ماهی گردیده در تمام بدن پخش و به علت نفوذ زیاد در برانشها و کیسه های هوایی ماهی را دچار مرگ و خفگان میکند.

اشکالات ناشی از غلظت زیاد آمونیاک کم و بیش شبیه آنچه ایستکه بر روی انسان اتفاق میافتد. ماهی Stick—Lebecks در محیط آمونیاک دار با دهان باز میمیرد ولی ماهی خاردار بعد از آسیب رسیدن بالات تنفسی آن خواهد مرد.

اثرات سمی آمونیاک در محیطی که اکسیژن محلول کافی نباشد. گاز کربونیک بمقدار زیاد موجود باشد باعث تغییر PH محیط و اثر این تغییر در یونیزاسیون آمونیاک تشدید میگردد.

دترجنتها از عوامل آلوده کننده سالهای اخیر جریانهای آب هستند. بعضی از انواع این مواد بقدری در برابر فعالیتهای بیولوژیکی مقاومند که حتی از طریق تخلیه فاضلابهای تصفیه شده داخل رودخانه ها میشوند و امکان متلاشی شدن آنها بوسیله روشهای معمولی تصفیه فاضلاب مقدور نیست. در آب رودخانه های انگلستان در حال حاضر حدود ۱۲ میلی گرم در لیتر دترجنت موجود است. فاضلاب شهرهای آمریکا اکثراً محتوی ۰۴ میلی گرم در لیتر دترجنت هستند.

در ترکیب دترجنتها همیشه عواملی چون الکیل بنزن سولفونات - پلی فسفات سدیم - سولفات سدیم - سدیم تتراپروپیلن سولفونات موجود است. در مورد اثر زیان آور دترجنتها بر روی زندگی آبزیان مخصوصاً ماهیها دانشمندانی چون Henderson - Cohen مطالعاتی انجام داده اند و حد مضر آن را برای ماهیها بین ۰۴ تا ۸۰ میلی گرم در لیتر نوشته اند. این حد در صورت وجود آبهای نرم بدست آمده در حالیکه در آبهای سخت دترجنتها سمیت بیشتری خواهند داشت. الکیل بنزن سولفونات که در ترکیب دترجنت بمیزان ۱۰ تا ۳۰ درصد بکار رفته در غلظتی معادل ۰۴ میلی گرم در لیتر در عرض ۶-۹ ساعت ماهیها را میکشد. در حالیکه سایر تشکیل دهنده های دترجنتها در غلظت بیشتری ماهی را خواهند کشت. مواد پرکننده دترجنت چون سولفات سدیم و پلی فسفاتها تا حدودی برای زندگی ماهیها بیضرر هستند.

علت مرگ و میر ماهی در حضور دترجفتها بخوبی بررسی نشده است فقط قطعی است که دترجنت میزان اکسیژن گیری ماهی را از محیط کاهش میدهد. بعلاوه دترجنت با کف زیاد خود مانع عمل فتوسنتز که نوعی اکسیژن گیر است میگردد و با تغییر کیفیت پروتئین ها باعث راسب شدن آنها میگردد. Degen و همکارانش نشان دادند که حتی غلظت ۰ میلی گرم در لیتر دترجنت آبیونی و یونیزه نشونده، میتواند در عرض ۰ تا ۱۰۰ ساعت اکثر انواع ماهیها را از بین ببرد. حشره کشها که بیشتر بصورت ترکیبات کلردار و فسفردار هستند اثرات سمی مهمی بر آبزیان و ماهیها دارند. DDT که حشره کش کلردار است و بیشتر از سایر انواع حشره کش مورد استفاده قرار میگیرد علاوه بر ماهی بر روی انسان نیز مؤثر میباشد. این جسم از طریق اثر روی سیستم اعصاب ماهی باعث مرگ آنها میشود. بعلاوه میتواند با کلسیم بدن موجودات وارد فعل انفعال شده و یا از بین بردن کلسیم موجود در اسکلت بدن اختلالاتی در زندگی آنها تولید نماید.

ماهی در تماس با DDT ابتدا بشدت تحریک شده و بمرور از تحرك آن کاسته و بخواب عمیقی که انتهای آن مرگ است فرو میرود. Mayhew با مطالعه اثر DDT بر روی ۷ نوع ماهی حد کشنده آن برای ماهیها را بین ۰.۰۵ تا ۰.۰۵ میلی گرم در لیتر تعیین نمود.

Hatch حد کشنده DDT را برای ماهیها ۰.۰۸ میلی گرم در لیتر نوشته Lang Ford حتی وجود ۰.۰۱ میلی گرم در لیتر DDT را در آب برای زندگی ماهی مضر میدانند. Burden مشاهده نموده که بعلت وجود ۰.۰۹ میلی گرم در لیتر DDT در آب نیل تعداد زیادی ماهی تلف شده اند. ترکیبات آلی فسفردار خطرات کمتری در مقایسه با ترکیبات کلردار دارند و شاید این امر بعلت ناپایداری آنها باشد. این اجسام نیز از طریق اثر روی سلسله اعصاب باعث مرگ و میر ماهیها میشوند. مالاتن که نوعی حشره کش فسفردار است بسرعت باعث مرگ ماهی میشود. حشره کشها میتوانند پلاکتونها را که غذای اصلی آبزیان هستند نابود ساخته و بدین ترتیب موجبات مرگ خود آبزیان را نیز فراهم آورند. حشره کشها وقتی وارد بدن موجودات شدند در بعضی ارگانیهای آنها جذب شده و بصورت تجمع باقی میمانند. علاوه بر حشره کشهای جدید انواع قدیمی آنها که از دیر باز مورد استعمال داشته اند تا حدودی در صورت ورود بجریانهای آب برای زندگی ماهیها خطرناک هستند. بعنوان مثال سولفات مس که میزان سمیت آن به نوع ماهی - سختی آب - میزان مواد آلی آب مربوط است طبق مطالعات Warric اگر قلیائی آب ۶ میلی گرم در لیتر باشد ۲۰ میلی گرم در لیتر آن برای ماهی قزل آلا کشنده است و اگر قلیائی آب به ۲۰ میلی گرم در لیتر رسید ماهی قزل آلا را در عرض ۱۲۰ ساعت میکشد در حالیکه در قلیائیت ۶ میلی گرم در لیتر ماهی قزل آلا در عرض ۲۰ ساعت خواهد مرد.

حشره کشها در بدن انسان میتوانند با اثر روی سیستم اعصاب پاراسمپاتیک از طریق خنثی نمودن ترشح استیل کولین خون و یانسوج که در متلاشی کردن چربیهای خون و نسوج نقش مهمی دارند اختلالاتی

بوجود آورند. این موضوع ممکنست کم و بیش در مورد آبزیان نیز صادق باشد. باوجود مطالعات زیادی که بعمل آمده هنوز آنطور که باید و شاید جواب اعتراض حضور حشره کشها در آب و اثر آنها در زندگی آبزیان داده نشده است.

برای توجه به اهمیت اثر حشره کشها در زندگی آبزیان کافیسست اشاره کنیم که طبق گزارشی که از طرف اداره بهداشت آمریکا انتشار یافته تنها در سال ۱۹۶۱ تعداد ۰۰۰ میلیون ماهی در اثر مسمومیت از طریق حشره کشهایی که بعنوان مبارزه با آفات کشاورزی مصرف شده اند از بین رفته است. در حالیکه در همان سال تعداد ماهیهای تلف شده بعلت تخلیه فاضلابها و پس آنها از ۳ میلیون تجاوز نکرده است. در کانادا در سال ۱۹۶۰ بعلت سمپاشی جنگلها و ورود مواد حشره کش در آبهای سطحی ساحلی آن کشور تعداد . . . . ۸۰ ماهی تلف شده اند.

موادیکه علیه مبارزه با قارچ و علفهای هرزه در زمین های کشاورزی بکار میروند در صورت ورود بآب ماهیها را خواهند کشت.

#### مواد معلق - سایر مواد شیمیائی

هیدروکسید سدیم و سایر موادیکه بشدت قلیائی هستند از طریق کواگولاسیون مواد مترشحه از گوش ماهی مانع انجام عملیات تنفسی و بالاخره خفگی ماهی میشوند. املاح آلومینیم اثراتی مثل ترکیبات قلیائی دارند. آرسنیک که از طریق مصرف حشره کشها داخل جریانهای آب میشود برای آبزیان سم خطرناکیست و میتواند در معده و روده آنها تجمع نموده و بسختی دفع گردد، ولی بر روی ماهیها اثر چندانی نخواهد داشت. باریم که باعث نوعی انقباض در نسوج ارادی و شریانها میگردد بعلت افزایش فشار خون و خون روی زیاد از ماهی آن را خواهد کشت.

کلر آزاد در غلظتی بیش از ۰.۹. میلی گرم در لیتر برای بعضی انواع ماهیها مضر هستند. اکسالاتها و اسید اگزالیک که مانع فعالیت متابولسمی کلسیم میگردد و فرمالدئید که در غلظت زیاد پروتئینها را راسب مینماید، فنل و کروزل که از مراکز تهیه گاز مایع برودخانهها میریزد از موادی هستند که اغلب بشدت زندگی ماهی و آبزیان را تهدید مینمایند. این تهدید در مورد حیوانات نوع عالی تر با اثر روی سیستم اعصاب ظاهر میگردد. مثلاً در قورباغه فنل و کروزل با اثر روی نخاع باعث فلج حیوان میشود. در پرستانداران تشنج در عضلات ماهیچه ای اتفاق افتاده و بعد حرکات تنفسی کند و بالاخره مرگ دست خواهد داد. در انسان ایندو عامل آلوده کننده تولید سرگیجه - استفراغ و نامرتب شدن حرکات تنفسی میگردد.

گل ولای و مواد معلق با تجمع خود در آلات تنفسی باعث از بین رفتن ماهی میشوند. گل اخیری که از ترکیب املاح آهنی در آب خروجی از سرازینیت دار حاصل شده در مرگ و مسیر ماهی قزل آلا نقش مهمی دارد.

اخیراً مطالعات زیادی در زمینه اثر مواد معلق در زندگی ماهیها انجام گرفته و ثابت شده است که

خاک چینی در غلظتی حدود ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر بعد از ۳۶ روز میتواند ۱۰ درصد از ماهیها را بکشد. این مواد معلق ریز بعلت تنفس ماهی دائماً در حالت تعلیق در آب باقی میمانند. اگر مواد معلق ناشی از شستشوی ذغال باشد علاوه بر اثر در زندگی ماهیها با تشکیل قشر سیاه در سطح آبها مانع عمل فتوسنتز خواهد شد.

### آلودگی های حرارتی

در سالهای اخیر نوع جدیدی از آلودگی توجیه دانشمندان را بخود جلب کرده و آن تخلیه آبهای گرم مراکز تولید نیروست. این آبهای گرم اثراتی از قبیل تغییر ویسکوزیته آب، تأثیر در عمل اکسیژن گیری از اتمسفر و در نتیجه نا کافی بودن اکسیژن محلول آب برای اکسیداسیون مواد آلی خواهد داشت. حرارت های بالا با تسریع در رشد قارچها موجبات افزایش مواد آلی و مصرف هرچه بیشتر اکسیژن محلول میشود.

موجودات خون گرم براحتی خود را با شرایط محیط وفق میدهند ولی ماهیها که جزو حیوانات خون سرد هستند عمل تطابق محیط درباره آنها مقدور نیست و هر تغییر درجه حرارتی موجب سرعت در گردش خون و خروج مقداری خون از آلات تنفسی و بالاخره مرگ آن خواهد گردید. حرارت های بالاتر اثراتی از قبیل از کار انداختن آنزیمهای مؤثر در فعالیتهای متابولیکی - انعقاد پروتئین ها دارد و هرچه چربی ماهی بیشتر باشد مقاومتش در مقابل حرارت زیادتر است.

ماهی قزل آلا اگر درجه حرارت آب ۳۷ درجه فارنهایت باشد ۱۶۰ روز طول میکشد تا از تخم درآید. در صورتیکه در حرارت ۴۰ درجه فارنهایت این مدت به ۳۲ روز تقلیل مییابد و اگر حرارت به ۵۹ درجه فارنهایت برسد کلیه تخم ماهیها نابود خواهند گردید. تغییرات حرارت محیط زندگی ماهی باعث کوچ کردن آن و تخم ریزیش در مناطق دیگر شده و در نتیجه ساکنین یک منطقه که میتوانند از ماهی بعنوان قسمتی از تغذیه خود استفاده نمایند مجبور خواهند شد این عامل تغذیه را بنوع دیگری جبران کنند. البته اگر تغییرات درجه حرارت آب باهستگی انجام گیرد ماهی تا حدودی خواهد توانست خود را با حرارت های جدید وفق دهد ولی تغییرات ناگهانی حرارت برای ماهیها غیر قابل عمل است. مثلاً ۹۰ درصد از تخم ماهیها اگر حرارت ناگهان از ۶۰-۷۰ درجه فارنهایت به ۸۵ درجه فارنهایت تغییر نماید نابود میشوند بالا رفتن درجه حرارت آب رودخانه ها همچنین باعث تشدید اثر سمیت بعضی محلولها و ترکیبات شیمیائی میشود. چنانچه سولفات روی در غلظتی حدود ۱۰ میلی گرم در لیتر اگر درجه حرارت از ۱۳ به ۲۱ درجه سانتیگراد افزایش یابد دو برابر خواهد شد.

در جدول پیشینه حرارتی که بعضی انواع ماهی در آن درجه قادر بادامه حیات هستند داده شده است.

Thermal death points of fishes

Fish	Acclimation temp. °C	Thermal death point. °C
bluegill . . . . .	15	30.7
brown trout . . . . .	14—18	25
" " . . . . .	26	26
" " (fry) . . . . .	5—6	22.5
" " " . . . . .	20	23
catfish . . . . .	15	31.8
chinook salmon (fry) . . . . .	15	25
coho salmon (fry) . . . . .	15	24.3
carp . . . . .	20	31—34
fathead minnow . . . . .	10	28.2
" " . . . . .	20	28.7
" " . . . . .	30	33.2
goldfish . . . . .	10	30.8
largemouth bass . . . . .	20	32.5
" " . . . . .	30	36.4
perch . . . . .	?	23—25
rainbow trout . . . . .	?	28
" " (Kamloops var) . . . . .	11	24
roach . . . . .	17	28
salmon ( <i>Salmo salar</i> )		
grilse . . . . .	?	29.5—30.5
parr . . . . .	?	32.5—33.8
speckled trout . . . . .	15	25

منابع اکتساب

1—River + Pollution Vol 2  
By L. Klein 1965

2—Liquid—Waste of Industry  
By Nemcraw 1971

3—Water—Treatment  
By James 1966

4—Water & Its Impurities  
By R. Camp 1963