اصول راهبری تصفیه‌خانه‌های آب

« سلسه مقالات آموزشی »

(مقاصد برنامه‌های مدیریت مخازن آب)

قسمت سوم

ترجمه: مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب

بهبود و حفظ کیفیت آب

برنامه‌های مدیریت کیفیت آب نقش مهمی در کنترل کیفیت آب در ذخایر و دریاچه‌های تأمین آب شهری بر عهده دارند. با ارزیابی اشکالاتی که ممکن است در ذخایر آب به وجود آید و امکان‌های مختلف برای کنترل و مدیریت کیفیت آب، می‌توان برنامه‌ای تدوین نمود که بیشتر این اشکالات حذف و یا دست‌کم در حدود قابل قبولی محدود شوند. در سال‌های اخیر، پیشرفت زیادی در مدیریت کیفیت آب در مخازن و دریاچه‌های مورد استفاده انجام شده است. در بیشتر موارد فراوانی و مقدار شکوفایی جلبکی و اثرات آن‌ها بر کیفیت آب قابل کنترل بوده است. کاهش اکسیژن محلول را می‌توان در لایه‌های متالیمنیون و هیپولیمنیون کنترل نمود، و از این رهگذر اشکالات مربوط به آهن، منگنز و سولفید هیدروژن را برطرف نمود.

برنامه‌های مدیریت کیفیت آب نیز اگر درست تدوین و طراحی شده باشند می‌توانند در کنترل بارگذاری ماسه، میزان کدورت، بارگذاری مواد مغذی و بارگذاری آلی و در بسیاری از ذخایر تأمین آب مؤثر واقع شوند. در ادامه این بحث روش‌های واقعی تهیه و تدوین برنامه‌های مدیریت کیفیت آب مورد بحث قرار خواهد گرفت. برای آن‌که این برنامه، عملی و امکان‌پذیر باشد، باید برای هر منبع آب، به صورت خاص تهیه شده و به لحاظ اقتصادی و فنی قابل توجیه باشد.

کاهش هزینه‌های تصفیهٔ آب

هزینه‌های بهره‌برداری، نگهداری و احداث تأسیسات تصفیهٔ آب در سال‌های اخیر افزایش چشمگیری یافته‌اند. مدیریت مناسب کیفیت آب در مخازن آب، ابزار مؤثری در کنترل این هزینه‌ها هستند. روش‌های صرفه‌جویی در هزینه‌ها عبارتنداز: افزایش طول مدت کار صافی‌ها، کاهش هزینه مواد شیمیایی و روش‌های رقیب در تصفیه. مثلاً، اگر اشکالات مزه و بو و بارگذاری آلی در یک منبع کنترل شوند، ممکن است نیاز به تصفیه کربن فعال در تصفیه‌خانه کاهش یافته و یا به کلی مرتفع شود. با کنترل شکوفایی جلبکی و بارگذاری ماسه، ممکن است بتوان صافی کردن مستقیم را به جای تصفیه کامل مورد بررسی قرار داد. اگر مقادیر آهن و منگنز در منبع آب در حدود مجاز کنترل شود ممکن است ضرورتی به کنترل و جداسازی آن‌ها در تصفیه‌خانه نباشد. صرفه‌جویی در هزینه‌ها را می‌توان به طور مجزا برای هر مسئله ارزیابی نمود، اما میزان صرفه‌جویی از چند

دلار تا ده‌ها دلار به ازای هر میلیون گالن آب تصفیه شده متغیر می‌باشد. اگر بتوان تأسیسات مهمی مثل حوضچه‌های ته‌نشینی و صافی‌های کربن فعال را حذف نمود، صدها هزار دلار صرفه‌جویی خواهد شد.

بهبود و نگهداری ماهیان و ارزش تفریحی آب

در دریاچه‌ها و ذخایر مولد، که با کاهش اکسیژن محلول در لایه‌های متالیمنیون و هیپولیمنیون در ماه‌های تابستان و پاییز روبرو می‌شوند، ماهی‌ها مجبور به حرکت به سوی آب‌های گرمتر لایه اپی‌لیمنیون می‌شوند. این امر نه فقط منجر به کاهش اندازهٔ زیستگاه موجود برای ماهی‌ها می‌شود بلکه ممکن است تعداد انواع ماهی‌های موجود در یک دریاچه یا مخزن آب را نیز محدود سازد. در بسیاری از مناطق ایالات متحده آمریکا، دمای تابستانی در لایه اپی‌لیمنیون حداکثر به ۷۵ تا ۸۰ درجه فارنهایت (۲۴°C تا ۲۷) می‌رسد. انواع ماهی‌های آب سرد مثل ماهی آزاد و قزل‌آلا نمی‌توانند در چنین دمایی به زندگی ادامه دهند. اگر بتوان از کاهش اکسیژن محلول در آب‌های عمیق‌تر و سردتر جلوگیری نمود، می‌توان هم ماهی‌های آب‌های گرم و هم ماهی‌های آب سرد را در سرتاسر سال حفظ نمود.

روش‌های صحیح مدیریت منابع آب می‌تواند از نابودی ماهی‌ها جلوگیری کرده و یا آن را به حداقل برساند. کاهش میزان و شدت شکوفایی جلبکی، خطر کشتار ماهی‌ها در نتیجه کاهش سریع اکسیژن یا انسداد آبشش‌های آن‌ها با جلبک را کاهش می‌دهد. کشتار ماهی‌ها در دریاچه‌های منجمد بر اثر کاهش اکسیژن محلول در آب‌های زیرسطح یخ را نیز می‌توان با روش‌های مناسب مدیریتی کاهش داد و یا به کلی برطرف نمود.

مدیریت صحیح دریاچه به طور طبیعی سبب جلب توجه بیشتر به آب برای مقاصد تفریحی می‌گردد. ارزش تفریحی آب با کاهش مشکلات جلبکی آب نیز بیشتر می‌شود. پوشش‌های بزرگ جلبکی از نظر شناگران، گردشگران ساحلی و ورزشکاران اسکی روی آب نیز ناخوشایند است. بوهای ناخوشایند حاصل از شکوفایی جلبکی، زیبایی منطقه منبع آب را برای گردش و سفرهای تفریحی دچار خدشه می‌کند. ارزش املاک اطراف دریاچه یا منبع آب نیز با برطرف شدن مشکل جلبک در آن‌ها بالا می‌رود.

روش‌های مدیریت منابع آب

جداسازی و برداشت درخت و بوته از مناطقی که قرار است زیر آب بروند.

در مناطقی که قرار است منابع و مخازن جدید آب برای تأمین منابع آب شهری از رهگذر ساخت سد یا امثال آن ایجاد شود، توصیه می‌شود که درختان و بوته‌های موجود در منطقه قطع و پاک شود. هدف پاکسازی درختان، کاهش بارگذاری آلی و مواد مغذی است که با آب‌گیری مخزن در آن وارد می‌شود.

اگر مقدار زیادی از درختان، بوته‌ها و سایر گیاهان در منطقه مخزن باقی بماند، ارگانیسم‌ها این مواد را پس از آب‌گیری منطقه تجزیه می‌کنند. این تجزیه، مواد مغذی و مواد آلی را در آب مخزن وارد می‌کند. ارگانیسم‌های تجزیه کننده مواد گیاهی اکسیژن محلول را به مصرف می‌رسانند و از این رهگذر سرعت کاهش اکسیژن را در هنگام لایه‌بندی حرارتی در دریاچه افزایش می‌دهند. مواد مغذی که در حین تجزیه مواد آزاد می‌شوند ممکن است سبب شکوفایی بیشتر و بزرگتر جلبکی شود. مواد آلی آزاد شده در حین تجزیه باعث افزایش رنگ، نیاز به کلر و ایجاد تری‌هالومتان پس از کلرزنی خواهد شد.

بهترین شیوه برداشت گیاهان از منطقه آب‌گیری استفاده از وسایل مکانیکی است. اگر این مواد فقط قطع شود و در منطقه باقی بماند، به طوری که بعداً در زیر آب توسط فرایندهای طبیعی تجزیه شوند در واقع کار چندان مهمی انجام نشده است. در صورت امکان درختان را می‌توان برای مصرف سوخت یا الوار قطع نمود و ته ساقه و ریشه درختان را نیز با وسایل مکانیکی از محل خارج نمود. گاه، چوب را در محل می‌سوزانند و خاکستر آن را از محل خارج می‌کنند. در موارد دیگر، درختان و ریشه آن‌ها را با وسایل مکانیکی از محل خارج می‌کنند. بوته‌ها را می‌توان با یک تراکتور یا چند تراکتور که به موازات هم حرکت می‌کنند و زنجیری پایین آن‌ها بسته شده ریشه کن و از محل خارج نمود.

پس از خارج کردن گیاهان، باید تا پیش از آب‌گیری کامل مخزن، از رشد مجدد گیاهان با استفاده از وسایل مکانیکی

جلوگیری شود. پس از تکمیل دوره آب‌گیری، سطح آب به ندرت تا حدی پایین می‌آید که رشد مجدد گیاهان ممکن شود.

کنترل جلبک با روش‌های شیمیایی

هدف روش‌های شیمیایی

هدف اصلی استفاده از روش‌های کنترل شیمیایی موجودات آبزی پلانکتونی (شناور آزاد) و موجودات چسبیده (پری فیتون) در آب‌های شهری، جلوگیری از مشکلات مزه و بوی ناشی از شکوفایی جلبکی است. معهذا، بسیاری از برنامه‌های کنترل جلبک گران قیمت‌اند و حدود اثر آن‌ها محدود است. در پاره‌ای از موارد، محدود ساختن مواد مغذی موجود (و در نتیجه مانع شکوفایی جلبکی) نسبت به برطرف ساختن مشکلات این شکوفایی با استفاده از مواد شیمیایی عملی‌تر و اقتصادی‌تر خواهد بود.

یکی دیگر از هدف‌های اصلی کنترل شیمیایی شکوفایی جلبکی کاهش فعالیت و رشد کلی زیستی است. کنترل رشد زیستی، سرعت کاهش اکسیژن در بخش‌های عمیق‌تر دریاچه را می‌کاهد. برنامه‌های کنترل شیمیایی باید به شیوه‌ای انجام شود که مانع از تشدید شکوفایی جلبکی شود تا پس از نابودی جلبک‌ها سرعت کاهش اکسیژن کاهش یابد. اگر پیش از استفاده از مواد شیمیایی، جلبک‌ها امکان رشد شدید بیابند، ممکن است سرعت کاهش اکسیژن در بخش‌های عمیق‌تر بالا رود. اگر جمعیت‌های جلبکی در هنگام آغاز کنترل با مواد شیمیایی زیاد باشد، ممکن است در مدت کوتاهی مقدار زیادی از آن‌ها نابود شوند. این امر سبب تجزیه سریع جلبک‌های مرده می‌شود که خود سبب کاهش اکسیژن محلول و افزایش مزه و بوی ناخوشایند خواهد شد. بر اثر نابودی جلبک‌ها، ماهی‌ها نیز نابود می‌شوند چون جلبک‌های مرده آبشش‌های آن‌ها را مسدود می‌کنند و یا مقدار اکسیژن محلول را به مقدار زیاد کاهش می‌دهند.

دلیل سوم استفاده از مواد شیمیایی برای کنترل جلبک حفظ شرایط قابل قبول زیبایی منظره دریاچه است. معمولاً تکه‌های جلبکی، بو و کدورت آب را می‌توان با استفاده مناسب از مواد شیمیایی برای کنترل جلبک‌ها برطرف نمود.

مواد شیمیایی موجود

تعداد مواد شیمیایی موجود برای استفاده صرفه‌جویانه و اقتصادی در کنترل جلبک‌های منابع آب شهری اندک است. مواد شیمیایی باید با احتیاط زیادی انتخاب شود. بیشتر موادی که بالاترین اثر را در کنترل جلبک‌ها دارند برای استفاده در منابع آب شهری مجاز نیستند چون برای سلامت انسان‌ها، ماهی‌ها و محصولات کشاورزی مضرند. پیش از آغاز برنامه کنترل جلبک باید با سازمان‌های بهداشتی منطقه‌ای یا ایالتی مشورت کنید. در بعضی از ایالت‌ها یا مناطق محلی، مشاوره یا اجازه از سازمان شیلات و شکار و سازمان کشاورزی ضروری است.

پنتاهیدارت سولفات مس ($CuSO_4.5H_2O$) یا کات‌کبود، به تنهایی یا همراه با بعضی مواد شیمیایی دیگر تنها جلبک‌کشی است که در حال حاضر در منابع آب شهری از آن استفاده می‌شود. (کلر را هم که باکتری‌کش یا عامل اکسیناینده است می‌توان برای جلبک‌کشی به کار برد). سولفات مس در غلظت‌های نسبتاً پایین برای بسیاری از انواع جلبک‌ها سمّی است و اگر به درستی استفاده شود و روش‌های ایمنی استفاده از آن رعایت گردد نه برای کارگرانی که با آن سر و کار دارند و نه برای مصرف کنندگان آب‌های شهری زیان بهداشتی به همراه ندارد. با این وجود، در مقادیر کمتر از حد لازم برای نابودی بعضی از جلبک‌ها در آب، ممکن است برای ماهی قزل‌آلا خطرناک باشد. از نظر اقتصادی نیز کات‌کبود در مقایسه با دیگر مواد شیمیایی نسبتاً ارزان است.

پژوهش‌های اداره آب جنوب کالیفرنیا و دیگر ادارات با همکاری سازمان حفظ محیط زیست آمریکا یک مشکل اصلی را در استفاده از ترکیبات مس در منابع آب تشخیص داده است و آن عبارت از این است که آبی که حتی غلظت کمی از مس داشته باشد سبب خوردگی زیادی در شبکه‌های توزیع، به ویژه در لوله‌های گالوانیزه می‌شود. به نظر می‌رسد که این مشکل در شبکه‌های جدیدتر که لایه کلسیم یا ترکیبات دیگر (که محافظ لایه داخلی لوله‌اند) در آن‌ها تشکیل نشده حادتر باشد. در شبکه‌هایی که در آن‌ها آب معدنی شده جریان دارد مس اشکالات بیشتری ایجاد می‌کند. باید مقدار مس باقیمانده‌ای را که وارد شبکه توزیع می‌شود پس از افزودن سولفات مس به

دقت کنترل و بررسی نمود تا غلظت‌های مس برای استفاده‌های بعدی ثبت شود.

مقدار مواد شیمیایی

قلیاییت، مواد معلق و دمای آب سه شاخص عمده کیفیت آب‌اند که بر کارایی سولفات مس در نابودی جلبک‌ها مؤثرند. قلیاییت آب عامل اصلی در کاهش اثر بخشی سولفات مس می‌باشد. در آب‌های قلیایی، یون‌های مس با یون بیکربنات و کربنات واکنش می‌کنند و ترکیبات پیچیده نامحلول (که به هم پیوسته‌اند) را تشکیل می‌دهند که این ترکیبات در محلول رسوب می‌کنند و مقدار مس فعال بر روی جلبک‌ها را کاهش می‌دهند. پس از آن که مس از حالت یونیزه خارج شد، دیگر به صورت جلبک‌کش اثر نخواهد کرد. بارچ[1] تأکید دارد که مقدار مصرف سولفات مس باید با توجه به قلیاییت آب تعیین شود و اظهار می‌کند که توجه به این رابطه سبب شده است تا تصفیه آب در دریاچه‌های غرب آمریکای مرکزی موفقیت‌آمیز باشد. اگر قلیاییت متیل اورانژ[2] آب کمتر از ۵۰mg/L باشد، سولفات مس در مقدار ۰/۹ پوند سولفات مس در ایکر فوت (حجم آب) (۰/۰۰۰۳۳ کیلوگرم مس در مترمکعب یا ۰/۳۳ میلی‌گرم در لیتر) مؤثر خواهد بود. اگر قلیاییت متیل اورانژ بیش از ۵۰mg/L باشد، مقدار سولفات مس باید ۵/۴ پوند سولفات مس در ایکر (مساحت سطح آب) (۶/۰۶ کیلوگرم در هکتار یا ۰/۰۰۰۶۰۶ کیلوگرم در متر مربع) باشد. در آب‌هایی که قلیاییت آن‌ها بالاست، مقدار مصرف سولفات مس به عمق بستگی نخواهد داشت چون ترسیب مس، آن را در اعماق زیاد بی‌اثر خواهد کرد (بلورهای مس در حین سقوط به اعماق آب محلول نمی‌شوند).

تجارب پژوهش‌گران و سازمان‌های مختلف این یافته بارچ را تأیید می‌کنند که در بیشتر موارد، سولفات مس در حالتی که قلیاییت بین ۰ تا ۵۰ میلی‌گرم در لیتر باشد کاملاً اثر بخش است. همچنین این تجربیات نشان می‌دهند که در قلیاییت بین ۵۰ تا ۱۵۰mg/L، مقدار سولفات مس متناسب با افزایش قلیاییت، بالا می‌رود. در حالتی که قلیاییت بیش از ۱۵۰mg/L گردد، استفاده از سولفات مس به تنهایی توصیه نمی‌شود چون اثر بخشی آن در نابودی جلبک‌ها بسیار ناچیز خواهد بود.

pH آب نیز به دو دلیل اهمیت دارد. یکی این که اثر بخشی سولفات مس در نابودی جلبک‌ها به مقدار pH بستگی دارد. علاوه بر آن مقدار pH بر میزان ترسیب مس اثر می‌گذارد و وجود مس در کنترل جلبک ضروری است.

مواد معلق در منبع آب یا دریاچه تحت تصفیه با سولفات مس می‌توانند اثر بخشی مس در نابودی جلبک‌ها را محدود کنند. مواد معلق در آب، توده‌ها یا مناطقی را در آب ایجاد می‌کنند که مس به جای اثر بر توده جلبک‌ها در این مناطق جذب خواهد شد.

دمای آب نیز در چگونگی اثر سولفات مس بر نابودی جلبک‌ها نقش عمده‌ای بر عهده دارد. وقتی دمای آب تا ۵۰°F (۱۰°C) پایین می‌آید، تأثیر تصفیه آب با سولفات مس به اندازه دماهای بالاتر نیست. در دمای ۵۰°F (۱۰°C) معمولاً مقادیر بیشتری سولفات مس باید مصرف شود. در بسیاری از منابع، در آب‌های سرد با دمای کمتر از ۵۰°F (۱۰°C) شکوفایی جلبکی مهمی صورت نمی‌پذیرد. در اکثر حالات، مشکل شکوفایی پس از بالا رفتن دمای سطح آب در ماه‌های بهار و تابستان پیش می‌آید.

مقدار سولفات مس لازم برای کنترل مؤثر جلبک‌ها متأثر از نوع جلبک روییده در آب نیز هست. همه جلبک‌ها از نظر پاسخ و واکنش در برابر سولفات مس یکسان نیستند. بعضی از جلبک‌های ریز و سبز پلانکتونی، بعضی از تاژک‌داران سبز و جلبک‌های رشته‌ای سبز – آبی تا حدی در برابر اثر سمّی سولفات مس مقاوم‌اند. بیشتر دیاتومه‌ها نسبت به فرایند تصفیه حساس‌اند، اگرچه معمولاً بعد از نابودی سایر جلبک‌ها توسط سولفات مس در توده‌های بزرگ رشد می‌یابند. بسیاری از جلبک‌های تولیدکننده مزه و بوی ناخوشایند و جلبک‌هایی که سبب انسداد صافی می‌شوند با مقادیر کم سولفات مس به طور

۱- Bartsch بارچ، ا. ف.، روش‌های عملی کنترل جلبک و علف‌های آبی، گزارش‌های بهداشت عمومی، ۶۹: ۷۵۷-۷۴۹، ۱۹۵۴.

۲- قلیاییت متیل اورانژ، یک معیار قلیاییت کل در نمونه آب. قلیاییت با مقدار اسید سولفوریک استاندارد لازم برای پایین آوردن pH آب به ۴/۵ اندازه‌گیری می‌شود، که این با تغییر رنگ متیل اورانژ از نارنجی به صورتی مشخص می‌شود. قلیاییت متیل اورانژ را بر حسب میلی‌گرم در لیتر هم ارز کربنات کلسیم بیان می‌کنند.

مؤثر نابود می‌شوند.

به طور خلاصه، عوامل زیر بر مقدار غلظت سولفات مس لازم برای کنترل مؤثر یک نوع خاص جلبک مؤثرند:

نوع جلبک، مقدار جلبک‌ها، قلیاییت آب، pH آب، دمای آب و مقدار مواد معلق و مواد آلی در آب.

حداکثر مقدار مصرف سولفات مس در منابع آب شهری در حال حاضر تحت مقررات محدودکننده غلظت مس در آب آشامیدنی[1] است. سازمان حفاظت محیط زیست (EPA) مقدار مجاز مس در نقطه مصرف را 1/3mg/L تعیین نموده است. از دیگر ملاحظات در این خصوص حد تحمل ماهی‌ها و آبزیان دیگر است. در حال حاضر محصولات سولفات مس برای استفاده در کنترل جلبک‌ها توسط سازمان حفاظت محیط زیست ثبت شده‌اند. برای رعایت شرایط فدرالی، باید از محصولات سولفات مس استفاده نمود که برای مصرف مورد نظر شناسایی و بر چسب خورده باشد.

تحقیقات و آزمون‌های صحرایی توسط افراد و سازمان‌های مختلف نشان داده‌اند که استفاده مؤثر از سولفات مس برای جلبک‌کشی در آب‌های بسیار قلیایی در صورتی ممکن خواهد بود که سولفات مس با اسیدهای الیفاتیک هیدروکسی[2] مخلوط شود. ثابت شده است که این اسیدها در تأخیر واکنش شیمیایی مس با یون‌های بیکربنات و کربنات آب مؤثرند و از این رهگذر از ترسیب فوری مس در آب‌های قلیایی جلوگیری می‌کنند. اسیدسیتریک از متداول‌ترین این نوع اسیدهاست که آن را معمولاً با سولفات مس و با نسبت تقریبی ۲ قسمت سولفات مس به یک قسمت اسیدسیتریک و بدون توجه به مقدار قلیاییت مخلوط می‌کنند. اداره آب شهری کاسیتاس ده سال است که مخلوط سولفات مس و اسید سیتریک را در دریاچه کاسیتاس مصرف کرده و نتایج خوبی به دست آورده است. قلیاییت آب دریاچه کاسیتاس تقریباً 150mg/L است. در حال حاضر چند نوع ترکیب مس کیلیت شده[3] در بازار موجود است که در بسیاری از مصارف مقرون به صرفه‌اند.

روش‌های استفاده از مواد شیمیایی

روش‌های مصرف ترکیبات سولفات مس متناسب با اندازه منبع آب، تعداد دفعات تصفیه و مقدار مصرف آن از روش‌های خیلی ساده تا خیلی پیچیده متغیر است. بسته به این که روش مصرف چه باشد، می‌توان سولفات مس را به صورت خشک بلوری در اندازه دانه برف تا اندازه الماس بزرگ یا تا اندازه یک اینچ (25mm) یا در قطرهای بزرگتر خریداری نمود. بعضی از متداولترین روش‌های مصرف ترکیبات سولفات مس در بندهای زیر به طور خلاصه ارائه می‌شوند :

۱- ساده‌ترین روش، که در بیشتر دریاچه‌ها و منابع کوچک کاربرد دارد، آن است که مواد مسی را در کیسه‌هایی از جنس گونی به کمک قایق در آب بکشیم و سطح منبع آب را به صورت زیگزاک در نوردیم تا همه سطح آب با مواد مس‌دار مخلوط شود. همزنی مواد در درون آب به کمک باد، انتشار موجی و نیروی گرانشی انجام می‌شود. سرعت قایق، تعداد کیسه‌ها و اندازه بلور مسی را به گونه‌ای می‌توان تنظیم نمود که سرعت و مقدار مصرف به اندازه دلخواه از کار در آید.

۲- بلورهای سولفات مس خشک را می‌توان در قیفی ریخت که به گونه‌ای روی قایق نصب شده تا از آنجا به یک پخش‌کن (شبیه پخش‌کن‌هایی که برای پاشیدن تخم چمن به کار می‌رود) فرستاده و بر سطح آب دریاچه پخش شود. اگر بخواهیم تمام سطح منبع آب را پوشش دهیم، باید مواد را به گونه‌ای زیگزاگی در سطح آب پخش کنیم. در کف قیف می‌توان سوراخ‌هایی به وجود آورد تا مقدار توزیع بلور سولفات مس را کنترل کنیم. سرعت قایق، عرض و سطح زیر پخش‌کن و سرعت تغذیه سولفات مس از سوراخ‌ها را می‌توان محاسبه نمود و به نحوی تنظیم کرد تا مقدار دلخواه بلور مصرف شود.

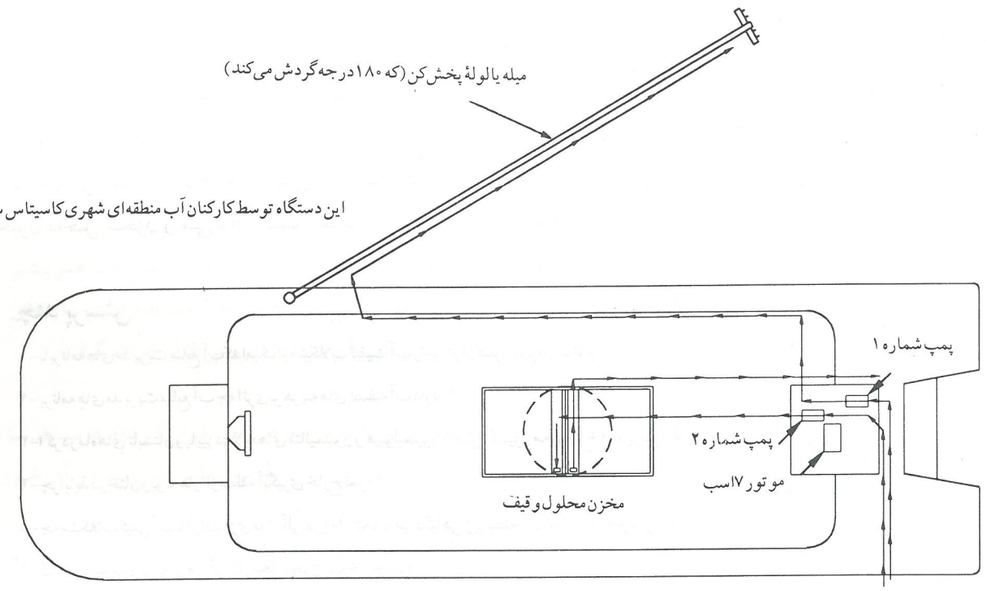
۳- شاید کاراترین و امن‌ترین روش مصرف سولفات مس هم‌زدن آن به صورت محلول و پاشیدن آن در سطح منبع آب یا

۱- آب آشامیدنی. آبی که فاقد آلودگی ناخوشایند، مواد معدنی یا عوامل عفونی باشد و برای آشامیدن سالم قلمداد شود.

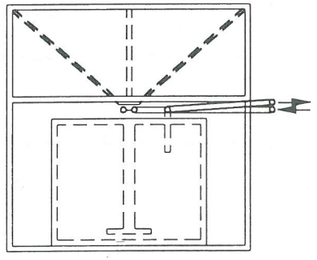
۲- اسیدهای الیفاتیک هیدروکسی، اسیدهای آلی هستند که در آن‌ها اتم‌های کربن به جای آن که آرایش حلقوی داشته باشند دارای آرایش زنجیره‌ای بدون شاخه یا چند شاخه هستند.

۳- کیلیت شده (Chelated). ترکیب پیچیده شیمیایی (ترکیب یا اتصال) کاتیونهای فلزی (مثل مس) با ترکیبات خاص شیمیایی مثل EDTA (اتیلن دی‌آمین تترا استیک اسید). کیلیت شدگی برای جلوگیری از ترسیب فلزات (مس) به کار می‌رود.

پمپاژ آن از طریق یک لوله به درون منبع باشد که این لوله (معمولاً از جنس پلاستیک) دارای چند سوراخ برای خروج محلول است. طول لوله بین ۱۵ تا ۲۰ فوت (۴/۵ تا ۶ متر) است و فاصله سوراخ‌ها دو فوت (۰/۶ متر) خواهد بود. این لوله را می‌توان در پشت قایق و زیر سطح آب عمود بر جهت حرکت نصب نمود. اولین مزیت این روش مستغرق آن است که باد در آن تأثیری ندارد. نقص شیوه مستغرق این است که نمی‌توان انسداد سوراخ‌ها را تشخیص داد و سیستم توزیع ممکن است در برخورد با درختان و بوته‌ها و به ویژه در آب‌های کم عمق آسیب ببیند یا در میان آن‌ها گیر کند. شکل ۱ روش پخش سولفات مس از قایق را نشان می‌دهد. مخلوط کردن مواد شیمیایی جلبک کش به صورت محلول با اسیدسیتریک روش خوبی است که مانع ترسیب مس در آب‌های قلیایی می‌شود. سولفات مس به صورت بلورهای در اندازه برف در این روش بهترین نتیجه را به دست می‌دهد. سولفات مس معمولاً در کیسه‌های ۸۰پوندی (۳۶کیلوگرم) تولید می‌شود که حمل و نگه‌داری آن آسان است. مصرف اسیدسیتریک نیز به صورت دانه‌ای و بسته‌بندی کیسه‌ای آسان است.



موتور ۷ اسب بخار و یسکانسین باکلاچ
پمپ شماره ۱: $1\frac{1}{4}$" اینچ مدل ۶۴۰۰ جابسکو
پمپ شماره ۲: $1\frac{1}{4}$ اینچ مدل ۷۷۷ جابسکو
افشانک: ۴ عدد لوله $1\frac{1}{8}$" اینچ
قایق: ۴-۲۱' بوستون ویلر (۱۹۷۲)
موتور: ۸۵ اسب خارج از بدنه قایق



شکل ۱- تجهیزات پخش سولفات مس

برای محلول کردن مواد، کیسه‌های محتوی آن‌ها را روی قایق گذاشته و به درون قیفی می‌ریزند که در آن سوراخ‌هایی با اندازه‌های مختلف ایجاد شده است. تنوع اندازه سوراخ‌ها این امکان را فراهم می‌کند تا سرعت و مقدار رهاسازی مواد به درون قیف را تنظیم کنیم. اگر بخواهیم دو ماده را با هم مخلوط کنیم، می‌توانیم از یک قیف استفاده کنیم که آن را به دو قسمت تقسیم کرده‌ایم و در هر قسمت سوراخ‌هایی با اندازه‌های متفاوت ایجاد شده تا سرعت و مقدار هر ماده را بتوان به طور مستقل تنظیم نمود. اگر قیف از جنس استیل باشد، می‌توان سطح آن را با ماده اپوکسی پوشاند تا از خوردگی در آن بکاهد.

مواد از قیف به یک مخزن مقاوم در برابر خوردگی هدایت می‌شوند تا در آن جا با آبی که از دریاچه به داخل مخزن پمپ می‌شود، محلول تشکیل دهند. پس از تشکیل محلول، مواد را با پمپاژ از طریق افشانک یا لوله‌های مستغرق در دریاچه یا منبع آب وارد می‌کنند. با تنظیم صحیح جریان در پمپ‌ها، سطح محلول داخل مخزن را می‌توان تنظیم نمود. سرعت دلخواه مصرف مواد شیمیایی با در نظر گرفتن سرعت قایق، سرعت تغذیه مواد از قیف و پمپاژ آن در دریاچه و مساحت سطح زیر دستگاه پاشنده یا سیستم مستغرق تعیین می‌شود.

در محاسبه مقدار سولفات مس لازم برای ایجاد مقدار ماده مصرف شده باید به خاطر داشت که پنتاهیدرات سولفات مس تقریباً ۲۵درصد مس دارد. برای به دست آوردن یک میلی‌گرم در لیتر مس در یک میلیون گالن آب دریاچه باید ۳۳/۴ پوند سولفات مس به آب افزوده شود.

$$\frac{\text{پوند سولفات مس ۳۳/۴}}{\text{میلیون گالن آب}} = ٪۱۰۰ \times \frac{\text{پوند مس / میلیون گالن ۸/۳۴}}{٪۲۵ \text{ مس موجود}}$$

توجه کنید که ۸/۳۴ پوند هر ماده در یک میلیون گالن آب برابر با یک میلی‌گرم در لیتر خواهد بود. با آگاهی از مقدار آبی که باید تصفیه شود و با اطلاع از مقدار مطلوب مصرف مواد شیمیایی، محاسبه مقدار سولفات لازم در هر مصرف کار آسانی خواهد بود.

چند پرسش

۱- با برنامه‌های مدیریت منابع آب کدامیک از مشکلات کیفیت آب را می‌توان کنترل یا برطرف نمود؟

۲- برنامه‌های مدیریت منابع آب چه اثری بر هزینه‌های تصفیه آب دارند؟

۳- اگر در ماه‌های تابستان و پاییز در لایه‌های متالیمنیون و هیپولیمنیون کاهش اکسیژن محلول رخ دهد بر سر ماهی‌های آزاد و قزل آلا چه می‌آید؟

۴- چرا باید درختان و بوته‌ها را از منطقه آبگیری خارج نمود؟

۵- چه مشکلات کیفی آب با آزادسازی مواد آلی در زمان تجزیه مواد گیاهی زیر سطح آب مخزن به وجود می‌آید؟

۶- گیاهان را به چه وسیله‌ای می‌توان از محل مخزن آب خارج نمود؟

۷- چرا برای کنترل یا جلوگیری از رشد موجودات آبزی چسبیده یا شناور در منابع آب شهری از مواد شیمیایی استفاده می‌شود؟

۸- به جز سولفات مس ($CuSO_4.5H_2O$) از چه مواد شیمیایی دیگری برای جلبک‌کشی می‌توان استفاده کرد؟

۹- چرا مقدار مصرف سولفات مس بر مبنای مساحت آب یا حجم منبع آب تعیین می‌شود؟

۱۰- مواد ذره‌ای معلق در منبع آب چه اثری بر کارایی جلبک‌کشی مس دارد؟

۱۱- عامل اصلی محدودکننده حداکثر مقدار مصرف سولفات مس در سرچشمه‌های منابع آب شهری چیست؟