

# چرا فاضلاب باید تصفیه شود؟



«از سلسله آموزشهای بهره‌برداران تصفیه خانه فاضلاب»  
زیر نظر دکتر ایوب ترکیان

مقدمه:

کارایی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به طراحی خوب و بهره‌برداری بهینه بستگی دارد. بدون بهره‌برداری صحیح اهداف مهندسين طراح و مجريان تصفیه فاضلاب به منصف ظهور نمی‌رسد. به منظور افزایش آگاهی بهره‌برداران، مجله آب و فاضلاب با همکاری اساتید دانشگاه از این شماره سلسله آموزشهای بهره‌برداران را آغاز می‌کند. باشد که گامی در جهت بهبود بهره‌وری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب برداشته شود.

## جلوگیری از آلودگی

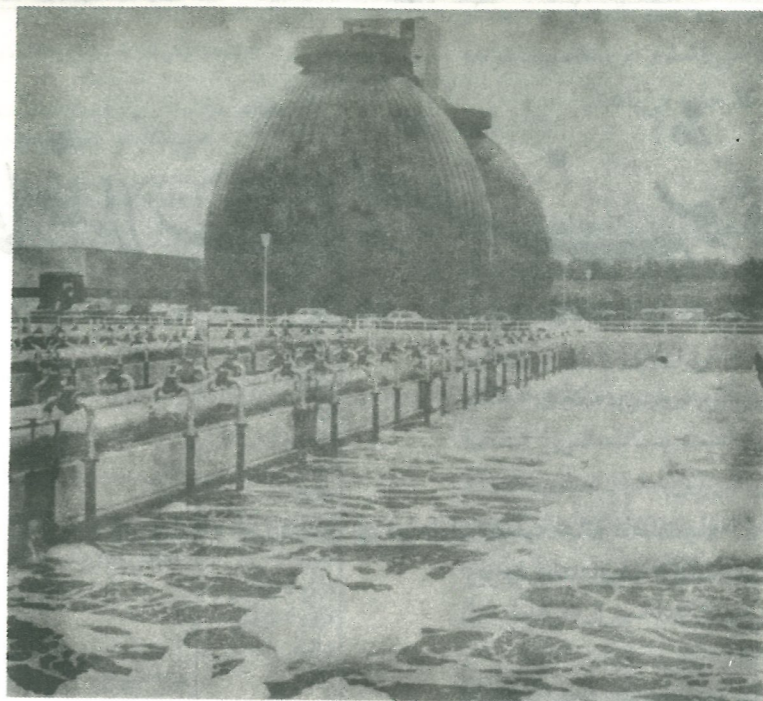
وظیفه اصلی بهره‌بردار حفاظت سلامت مصرف کنندگان آب در یایاب تصفیه خانه فاضلاب می‌باشد. بعنوان یک اپراتور شما بایستی منتهای تلاش خویش را در حذف هرگونه ماده‌ای که اثر سوئی بر این مصرف کنندگان دارد انجام دهید. بسیاری از مردم فکر می‌کنند که ورود هر مقدار زائدات به مجرای آب آلودگی ایجاد می‌کند. با وجود این با توجه به سیستم فعلی که در آن آب برای حمل فرآورده‌های زائد خانگی و صنعتی استفاده بعمل می‌آید، جلوگیری از ورود هر میزان آلودگی به اقیانوسها، رودها، و آبهای زیر زمینی غیر ممکن و شاید غیر معقولانه باشد. از تعاریفی که برای آلودگی شده است می‌توان از "هرگونه تداخل در مصرف مجدد آب یا بر آورد نکردن الزامات کیفیت آب" نام برد.

## آب خالص چیست

آب ترکیبی از دو قسمت هیدروژن و یک قسمت اکسیژن، یا  $H_2O$  می‌باشد. این حالت فقط برای آب "خالص" تصفیه شده

در سیستم آزمایشگاهی صادق است. آب مورد استفاده فقط اکسیژن و هیدروژن "خالص" نیست. حتی آب مقطر موجود در مغازه‌ها حاوی مواد مختلفی اضافه بر اکسیژن و هیدروژن می‌باشد. آب باران حتی قبل از برخورد با زمین حاوی مواد زیادی می‌باشد. این مواد بخاطر اینکه در آب "خالص" یافت نمی‌شوند ممکن است "ناخالصی" قلمداد شوند. وقتی که باران از اتمسفر عبور می‌کند نیتروژن و گازهای دیگر را در خود جذب می‌کند. پس از جریان یافتن آب باران بر روی زمین، مواد خاکی و سنگی نظیر کلسیم، منیزیم، سدیم، کلرید، سولفات، آهن، نیتروژن، فسفر، و بسیاری از مواد دیگر در آن حل می‌شوند. مواد آلی (ماده حاصل از گیاهان و حیوانات) نیز در اثر تماس با برگ، شاخه، چمن، یا حشرات و حیوانات کوچک جذب می‌شوند. بدین طریق آب تمیز جاری شده از کوهستان ممکن است بسیاری از "ناخالصیهای" طبیعی را قبل از رسیدن

※ اقتباس از کتاب Operation of Wastewater Treatment Plants از انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست امریکا



به جوامع انسانی یا متأثر شدن از ورود پساب این جوامع جذب کند. در عین حال بسیاری از این مواد در مقادیر کم برای حیات ضروری و برای انسانها مفید می‌باشند. غلظت ناخالصیها را بایستی تنظیم یا کنترل کرد تا میزان آن در مجاری آبی بحد زیان آور نرسد.

### انواع زائادات

اولین موادی که باعث آلودگی رودخانه‌ها می‌شود فاضلاب خانگی و بهداشتی حاوی مقادیر زیادی از زائادات آلی (۱) می‌باشد. صنایع نیز مقادیر زیادی ماده آلی وارد آنها می‌کنند. صنایع بسته بندی سبزیجات و میوه‌ها با کارخانه‌های فرآورده‌های لبنیاتی، مواد غذایی، چرم سازیها، مرغداریه‌ها، روغن سازیها، کاغذسازیها، و بسیاری از صنایع دیگر از این جمله می‌باشند. دسته دیگر آلاینده‌ها زائادات غیر آلی (۲) می‌باشد. فاضلاب خانگی حاوی مواد آلی و غیر آلی بوده و بسیاری از صنایع زائادات غیر آلی اضافه کرده و محتوای غیر آلی (معدنی) فاضلاب را افزایش می‌دهند. بعنوان مثال ورود فاضلاب حاوی نمک حاصل از فرآیند نرم کردن آب مقدار سدیم و کلرید را در مجاری آبی بالا می‌برد. بعضی از صنایع ممکن است زائادات حاوی موادی چون کرم یا مس که برای حیات آبزیان بسیار سمی هستند به رودخانه وارد کنند. صنایع دیگر (نظیر کارخانه‌های شن شویی) نیز مقادیر زیادی شن یا دانه‌های ریز که در رده مواد غیر آلی قرار می‌گیرند تخلیه می‌کنند.



است از بیمارستانها، آزمایشگاههای تحقیقاتی و نیروگاههای هسته‌ای وارد شوند.

### اثرات زائادات

بعضی از موادی که در تصفیه خانه فاضلاب حذف نمی‌شوند می‌توانند باعث بروز مشکلاتی در مجاری آبی شوند. در این بخش علت نیاز به تصفیه بعضی از این مواد مورد بحث قرار می‌گیرد.

### لجن و کفآب

اگر بعضی از زائاداتی را که در فاضلاب خانگی موجود است بطور مناسبی تصفیه نکنیم ممکن است در حاشیه مجاری آبی جمع شده یا در کف ته‌نشین گردد و یا به سطح آمده و لایه‌هایی از کف ایجاد کنند. لایه‌های لجن و کف نه فقط جلوه خوبی ندارند بلکه در صورتی که حاوی مواد آلی باشند ممکن است باعث تنزل غلظت اکسیژن و باعث ایجاد بوهای نامطبوع شوند واحدهای تصفیه مقدماتی (۳) تصفیه خانه فاضلاب جهت حذف لجن و کف قبل از ورود به مجاری آبی طراحی و بهره‌برداری می‌شوند.

دو نوع آلاینده اصلی دیگر وجود دارد که در رده بندی فوق قرار نمی‌گیرند: فاضلابهایی که باعث بالا بردن دمای آبهای پذیرنده می‌شوند و فاضلابهای حاوی مواد رادیواکتیو. آبهای با دمای بالاتر از حد مقرر ممکن است از برجهای خنک کننده مورد استفاده در صنعت و نیروگاههای تولید برق تخلیه شوند. زائادات رادیواکتیو معمولاً در منشأ کنترل می‌شوند ولی ممکن

### تنزل غلظت اکسیژن

اکثر موجودات زنده نظیر ماهیان و دیگر آبزیان برای تداوم حیات خویش به اکسیژن نیاز دارند. اگر چه اکثر رودخانه‌ها و دیگر آبهای سطحی حاوی کمتر از ۰/۰۰۱ درصد (۱۰ میلی‌گرم اکسیژن در هر لیتر آب یا ۱۰ mg/l) (۴) اکسیژن هستند، اکثر ماهیان در صورت مناسب بودن دیگر شرایط قادر به زندگی با حداقل ۵ mg/l اکسیژن می‌باشند. وقتی که زائادات

قابل اکسایش به رودخانه تخلیه می‌شود باکتریها از آنها تغذیه کرده و مواد پیچیده موجود زائادات را به ترکیبات شیمیایی ساده‌تر تجزیه می‌کنند. این باکتریها از اکسیژن موجود در آب نیز استفاده می‌کنند (مشابه تنفس انسانها) و به باکتریهای هوازی (۵) موسوم می‌باشند. با افزودن مقادیر بیشتری از زائادات باکتریها سرعت رشد کرده و با افزایش جمعیت آنها مقدار کل اکسیژن مصرفی آنها نیز زیاد می‌شود. اگر جمعیت باکتریها به حدی زیاد شود که کل اکسیژن موجود را با سرعت بیشتری از آنچه دوباره بوسیله تماس با هوا جایگزین می‌شود مصرف کنند در این حالت ماهیان و دیگر موجودات زنده موجود در آب که به اکسیژن نیاز دارند می‌میرند.

بنابراین یکی از اهداف عمده تصفیه فاضلاب پیشگیری از ورود مواد آلی "مقتضای اکسیژن" به مجاری آبی می‌باشد. تصفیه خانه فاضلاب در واقع بر اساس مکانیسم مشابه آنچه در رودخانه اتفاق می‌افتد مواد آلی را حذف می‌کند ولی کارایی آن بمراتب بیشتر است. واحدهای تصفیه ثانوی (۶) جهت استفاده از ارگانیسهای طبیعی نظیر باکتریها جهت تثبیت (۷) و حذف مواد آلی در داخل خود تصفیه خانه طراحی و بهره‌برداری می‌شوند. اثر دیگر کاهش غلظت اکسیژن



(علاوه از بین رفتن ماهیان و آبزیان دیگر) مشکل ایجاد بوی نامطبوع است. در مواقعی که کل اکسیژن محلول در آب تمام شود باکتریهای بی هوازی (۸) شروع به استفاده از اکسیژن موجود در ترکیبات شیمیایی نظیر سولفات (حاوی سولفور و اکسیژن) که در آب حل شده‌اند می‌کنند. وقتی که باکتریهای بی هوازی از ترکیبات سولفور اکسیژن مصرف می‌کنند، هیدروژن سولفور (H<sub>2</sub>S) که بوی "تخم مرغ گندیده" دارد تولید



می شود. این گاز نه فقط بسیار بد بو است بلکه باعث از بین رفتن بتن شده و رنگ خانه‌ها و دیگر سازه‌ها را نیز از بین می‌برد. هیدروژن سولفور مخلوط قابل انفجاری نیز ممکن است با هوا تشکیل دهد که قادر به فلج کردن سیستم تنفس می‌باشد.

### سلامتی انسان

تا اینجا در مورد اثرات فیزیکی شیمیایی تخلیه فضولات در آب صحبت کردیم ولی مهمتر از موارد فوق تاثیر آن بر سلامت انسان به علت پراکنده شدن باکتریهای و ویروسهای بیماری زا می‌باشد.

اگر چه فاضلاب تصفیه نشده حاوی میلیاردها باکتری در هر لیتر است، با این حال تمام آنها برای سلامت انسان مضر نبوده و بعضی از آنها در فرآیندهای تصفیه فاضلاب مفید نیز می‌باشند. با وجود این انسانهای مبتلا به امراض ناشی از باکتری یا ویروس مقداری از این ارگانیسم‌ها را دفع می‌کنند. بسیاری از اپیدمی‌های شدید امراض مسری در اثر آلودگی مستقیم آب آشامیدنی یا منابع غذایی بوسیله ناقلین امراض انسانی ایجاد شده‌اند.

بعضی از امراضی که از طریق آب آلوده شیوع پیدا می‌کنند عبارتند از: تیفوئید، ویا، اسهال، آبله، هپاتیت (زردی)، خوشبختانه باکتریهایی که در روده انسان رشد می‌کنند قادر به حیات و تکثیر در محیط تصفیه خانه یا مجاری آبی نمی‌باشند. اگر چه بسیاری از ارگانیسم‌های پاتوژنی (۹) در حین فرآیندهای عادی تصفیه بطور طبیعی از بین می‌روند تعدادی که باقی می‌مانند می‌توانند بالقوه برای افرادی که در پایاب آب

تماس پیدا کرده یا آنرا مصرف می‌کنند مضر باشند. در صورت وجود این گونه مصارف در پایاب، تصفیه خانه بایستی مجهز به فرآیند ضد عفونی (۱۰) باشد.

فرآیند ضد عفونی متداول افزودن کلر می‌باشد. در اکثر موارد کلر زنی تقریباً باعث از بین رفتن کلیه باکتریهای پاتوژنی می‌شود. با این وجود بهره‌بردار تصفیه‌خانه باید توجه داشته باشد که خرابی یا سوء عملکرد دستگاه‌ها می‌تواند باعث تولید پساب حاوی باکتریهای پاتوژنی شود.

### اثرات دیگر

بعضی از زائادات تاثیر سوء بر زلالیت و رنگ آبهای پذیرنده گذاشته و جلوه زشت و ناپسندی ایجاد می‌نماید.

بسیاری از زائادات صنعتی دارای اسیدیته یا قلئائیت بالایی بوده و هر یک از این حالات می‌تواند در حیات آبزیان، مصارف خانگی، و دیگر استفاده‌ها تداخل نماید. قبل از تخلیه زائادات (۱۱) pH آنها بایستی مشابه آب رودخانه شود.

زائادات ممکن است حاوی مواد سمی نظیر فلزات سنگین (سرب، جیوه، کادمیم، و کرم) یا سیانور باشند که بر نوع مصرف خانگی یا در حیات آبزیان تاثیر سوء می‌گذارد. پساب کلر زده شده بایستی قبل از تخلیه به مجاری آبی جهت جلوگیری از ورود مواد سمی کلر زدائی شود.

میزان مواد ایجاد کننده طعم و بو در مجاری آبی ممکن است بحدی برسد که به سادگی در آب آشامیدنی یا در گوشت ماهیها قابل تشخیص باشد.

فاضلابهای تصفیه شده حاوی مواد مغذی (۱۲) هستند که باعث رشد بیش از حد جلبکها و گیاهان در مجاری آبی

می‌شود. این گونه رشد ناموزون بر استفاده‌های خانگی، صنعتی، یا تفریحی اثر سوء می‌گذارد. تصفیه خانه‌های فاضلاب متعارف درصد زیادی از مواد مغذی نیتروژنی و فسفر را حذف نمی‌کنند.

### لغت نامه

(۱) زائادات آلی - مواد زائندی که عمدتاً منشأ حیوانی یا گیاهی دارد. زائادات آلی معمولاً بوسیله باکتریها و دیگر ارگانیسم‌های ریز مصرف می‌شوند.

(۲) زائادات غیر آلی - مواد زائد نظیر شن، نمک، آهن، کلسیم، و مواد دیگری که بمقدار جزئی تحت تاثیر فعالیتهای ارگانیسم‌ها قرار می‌گیرند.

(۳) تصفیه مقدماتی - فرآیندی در تصفیه فاضلاب که در حوضچه مستطیلی یا دایره‌ای انجام شده و موادی که به سادگی قابل ته نشین یا شناور شدن هستند در آن جدا سازی می‌شوند.

(۴) میلی‌گرم در لیتر، mg/l - معیاری از غلظت بر حسب وزن ماده در واحد حجم. برای منظورهای عملی، mg/l برابر با یک قسمت در یک میلیون قسمت (ppm) است.

(۵) باکتریهای هوازی - باکتریهایی که فقط در محیط حاوی اکسیژن (اکسیژن اتمسفری یا اکسیژن حل شده در آب) قادر به زندگی و تکثیر هستند. اکسیژن موجود در ترکیبات شیمیایی (نظیر اکسیژن موجود در ملکولهای آب، H<sub>2</sub>O) قابل استفاده برای باکتریهای هوازی نمی‌باشد.

(۶) تصفیه ثانوی - فرآیند مورد استفاده برای تبدیل مواد حل شده یا معلق به فرمی که پسادگی از فاضلاب در حال تصفیه جداسازی شود. معمولاً این فرآیند پس از تصفیه مقدماتی صورت می‌گیرد. این فرآیند معمولاً نوعی فرآیند تصفیه بیولوژیکی است و بعد از آن از ته نشینی ثانویه جهت ته نشین کردن جامدات استفاده بعمل می‌آید.

(۷) تثبیت - تبدیل به فرمی که در مقابل تغییر مقاومت می‌کند. مواد آلی بوسیله باکتریها تثبیت می‌شود که در آن مواد

به گاز و دیگر مواد نسبتاً خنثی تبدیل می‌شوند. از مواد آلی تثبیت شده معمولاً گاز نامطبوع متصاعد نمی‌شود.

(۸) باکتریهای بی‌هوازی - باکتریهای که در محیط بدون اکسیژن "آزاد" یا حل شده زندگی و تکثیر می‌کنند. باکتریهای بی‌هوازی اکسیژن مورد نیاز خود را با تجزیه ترکیبات شیمیایی حاوی اکسیژن نظیر سولفات (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>) و نیترات (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) بدست می‌آورند.

(۹) ارگانیسمهای پاتوژنی - باکتریها، ویروسها، یا کیست‌هایی که می‌توانند بیمارینزا باشند. انواع زیادی از باکتریها وجود دارند که بیمارینزا نبوده و پاتوژنی نیستند. باکتریهای مفید زیادی در فرآیندهای تصفیه فاضلاب مواد آلی را تجزیه می‌کنند.

(۱۰) ضد عفونی - فرآیند طراحی شده جهت از بین بردن اکثر میکروارگانیسم‌های موجود در فاضلاب که تقریباً همه باکتریهای بیماری زا را شامل می‌شود. راههای متعددی برای ضد عفونی کردن وجود دارد و کلر زنی در تصفیه خانه‌های آب و فاضلاب متداولتر است. تعریف این واژه را با تعریف واژه استرلیزه کردن که بعداً خواهد آمد مقایسه کنید.

(۱۱) pH - از لحاظ فنی این پارامتر لگاریتم یک تقسیم بر غلظت یون هیدروژن است که توضیح آن بعداً در قسمت "روشها و شیمی آزمایشگاهی" خواهد آمد. pH بیانی از شدت حالت اسیدی یا قلئائی یک مایع می‌باشد و دامنه آن از صفر تا ۱۴ است، صفر بیشترین حالت اسیدی، ۱۴ قلئائی‌ترین حالت، و ۷ حالت خنثی می‌باشد. اکثر آبهای طبیعی دارای pH بین ۶/۵ تا ۸/۵ می‌باشند.

(۱۲) مواد مغذی - موادی که برای تداوم حیات گیاهان و دیگر موجودات زنده مورد نیاز است. مواد مغذی اصلی کربن، هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن، و فسفر می‌باشند. حذف نیتروژن و فسفر از فاضلاب بوسیله فرآیندهای متعارف تصفیه فاضلاب مشکل است چون این عناصر در آب قابل حل بوده و نوعهای مختلف آنها در یک چرخه‌ای به همدیگر تبدیل می‌شوند. به تعریف واژه سیکل مواد مغذی نیز (که بعداً خواهد آمد) رجوع نمایند.

در شماره آینده راجع به جامدات موجود در فاضلاب صحبت خواهد شد.

### سوالات

- جوابها را در دفترچه خود یادداشت کرده و سپس با جوابهای صفحه مقایسه نمایید.
- ۱- بعضی از مواد حل شده در آب را نام ببرید؟
  - ۲- چگونه مواد حل شده وارد آب می‌شوند؟
  - ۳- چندین قلم از اقلام ذکر شده در زیر حاوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای از مواد آلی هستند. آنها را مشخص نمایید
- الف - فاضلاب خانگی  
ب - آب خنک کننده از نیروگاههای تولید برق  
ج - زائادات کارخانه‌های کاغذسازی

- د - زائادات آبکاریهای فلزی
- ه - زائادات چرم سازی
- ۴- چهار نوع آلودگی را نام ببرید؟
- ۵- علت تنزل غلظت اکسیژن بهنگام ورود زائادات آلی به آب چیست؟
- ۶- کدام یک از انواع باکتریها باعث تولید گاز هیدروژن سولفور می‌شود؟
- ۷- منشأ باکتریهای بیماری‌زا در فاضلاب چیست؟
- ۸- واژه‌ای که به معنی "بیماری‌زا" است چیست؟
- ۹- متداولترین شیوه ضد عفونی کردن فاضلاب را نام ببرید؟