

تصفیه پساب های صنعتی

منابع آبی طبیعی جهان:

دریاها: بزرگترین منابع آب شیرین جهان هستند، اما به دلیل شوری برای مصارف مستقیم مناسب نیستند.

رودخانه‌ها: جریان دائمی آب شیرین از منابع کوهستانی به دریاها یا دریاچه‌ها. برای کشاورزی، صنعت و تامین آب آشامیدنی حیاتی هستند.

دریاچه‌ها: تجمعات آب شیرین در حوضه‌های محصور شده. نقش مهمی در تنظیم آب و هوا و حیات وحش دارند. آب‌های زیرزمینی: آب ذخیره شده در زیر سطح زمین در سنگ‌ها و خاک‌ها. منبع مهمی برای تامین آب آشامیدنی و کشاورزی است.

یخچال‌ها: توده‌های یخ و برف که به آرامی حرکت می‌کنند و آب را آزاد می‌کنند. در مناطق کوهستانی و قطبی اهمیت دارند.

این منابع برای حیات انسان و اکوسیستم‌های طبیعی ضروری هستند. مدیریت پایدار این منابع از اهمیت بالایی برخوردار است.

آب‌های چاه، چشمه و آب باران می‌توانند حاوی میکروارگانیسم‌های مضر مانند باکتری‌ها، ویروس‌ها و انگل‌ها باشند. گندزدایی و میکروبی‌کشی این آب‌ها برای از بین بردن این میکروارگانیسم‌ها و جلوگیری از بیماری‌های ناشی از مصرف آن‌ها ضروری است. این کار به ویژه برای آب‌هایی که از منابع سطحی یا زیرزمینی غیر محافظت‌شده تامین می‌شوند، مهم است.

آب چاه‌ها، چشمه‌ها و آب باران به دلیل احتمال آلودگی با عوامل بیماری‌زا (باکتری‌ها، ویروس‌ها، انگل‌ها) و مواد شیمیایی، نیازمند گندزدایی و میکروبوکشی هستند. آب باران به دلیل عبور از جو، می‌تواند آلاینده‌هایی مانند گرد و غبار، ذرات صنعتی و گازهای آلی را جذب کند و همچنین حاوی یون‌های اسیدی باشد که باعث خوردگی و فرسایش تاسیسات می‌شوند.

آب باران به خودی خود کمی اسیدی است (pH حدود ۵٫۶) به دلیل جذب دی‌اکسید کربن (CO_2 از هوا و تشکیل اسید کربنیک. این اسید، با مواد سازنده سازه‌ها (مانند بتن، سنگ، فلز) واکنش می‌دهد و باعث خوردگی و فرسایش آن‌ها می‌شود.

بتن: اسید کربنیک با کلسیم هیدروکسید موجود در بتن واکنش می‌دهد و باعث تخریب ساختار آن می‌شود.

فلزات: اسیدها باعث ایجاد خوردگی و زنگ‌زدگی در فلزات می‌شوند.

سنگ: آب باران حاوی یون‌های اسیدی می‌تواند باعث حل شدن و فرسایش سنگ‌ها شود.

علاوه بر اسیدیته، ذرات معلق و آلاینده‌های موجود در آب باران نیز به فرسایش کمک می‌کنند. ذرات معلق مانند گرد و غبار و مواد صنعتی، مانند سم‌زدایی، می‌توانند به عنوان عوامل سایش عمل کنند و سطح مواد را از بین ببرند.

آلودگی به معنای ورود مواد مضر به محیط زیست است که باعث تغییر در کیفیت آن و آسیب به موجودات زنده می‌شود.

آلاینده‌ها مواد یا عناصری هستند که به محیط زیست وارد شده و باعث آلودگی می‌شوند.

مهمترین آلاینده‌های آب:

آلاینده‌های آلی: مواد شیمیایی مشتق از نفت، گاز، کودها و سموم کشاورزی.

آلاینده‌های معدنی: فلزات سنگین (مانند جیوه، سرب، آرسنیک)، نیتрат‌ها، فسفات‌ها.

آلاینده‌های بیولوژیکی: باکتری‌ها، ویروس‌ها، انگل‌ها.

پلاستیک‌ها: ذرات پلاستیکی و مواد پلاستیکی بزرگ.

مواد رادیواکتیو: مواد حاوی رادیواکتیو که از نیروگاه‌ها، آزمایشگاه‌ها یا دفن زباله‌های هسته‌ای ناشی می‌شوند.

مواد شیمیایی صنعتی: ترکیبات شیمیایی ناشی از فرآیندهای صنعتی مانند رنگ سازی، تولید پتروشیمی، و معادن.

مهمترین یون‌های موجود در آب دریاها:

سدیم (Na^+): فراوان‌ترین یون (حدود ۱۰,۷٪).

کلرید (Cl^-): دومین یون فراوان (حدود ۱۰,۳٪).

سولفات (SO_4^{2-}): حدود ۲,۷٪.

بی‌کربنات (HCO_3^-): حدود ۱,۲٪.

کلسیم (Ca^{2+}): حدود ۰,۵٪.

پتاسیم (K^+): حدود ۰,۲٪.

آلودگی آب شهری ناشی از فاضلاب خانگی، یکی از مهمترین تهدیدات بهداشت و محیط زیست است. این آلودگی به دلایل زیر رخ می دهد:

مواد آلی: فاضلاب حاوی مواد آلی قابل تجزیه است که با تجزیه، اکسیژن آب را مصرف می کنند و منجر به کمبود اکسیژن (هالوکس) می شوند. این کمبود اکسیژن باعث مرگ ماهی ها و سایر موجودات آبی می شود.

مواد مغذی: فاضلاب حاوی نیتروژن و فسفات است که باعث رشد بیش از حد جلبک ها (بلاقیت) می شود. این رشد بیش از حد جلبک ها باعث کاهش نور خورشید برای گیاهان آبی و اختلال در اکوسیستم می شود.

عوامل بیماری زا: فاضلاب حاوی باکتری ها، ویروس ها، انگل ها و سایر عوامل بیماری زا است که می توانند باعث بیماری های مختلف مانند اسهال، تب و عفونت های تنفسی شوند.

مواد شیمیایی: فاضلاب ممکن است حاوی مواد شیمیایی مانند صابون، شوینده ها، داروها و مواد ضد عفونی کننده باشد که می توانند به اکوسیستم آب آسیب برسانند.

عواقب:

آلودگی منابع آب آشامیدنی.

کاهش تنوع زیستی آبزیان.

توسعه بیماری های عفونی در انسان.

آسیب به اکوسیستم های ساحلی.

باکتری ها نقش کلیدی در شدت آلودگی فاضلاب خانگی ایفا می کنند، هم در تولید آلودگی و هم در فرآیندهای تصفیه آن.

نقش در تولید آلودگی:

تجزیه مواد آلی: باکتری‌ها مواد آلی موجود در فاضلاب (مانند پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها) را تجزیه می‌کنند. این فرآیند تجزیه، مصرف اکسیژن را افزایش داده و منجر به کاهش سطح اکسیژن محلول در آب (هالوکس) می‌شود. هالوکس محیطی برای بسیاری از موجودات آبی مضر است و می‌تواند باعث مرگ ماهی‌ها و سایر جانوران شود.

تولید گازهای سمی: در شرایط کم‌اکسیژن، برخی باکتری‌ها گازهای سمی مانند هیدروژن سولفید (H_2S) و گوگرد هیدروژن (H_2S) تولید می‌کنند که بوی نامطبوع و خطرناک دارند.

تولید مواد آلی فرار: باکتری‌ها می‌توانند مواد آلی فرار ($VOCs$) تولید کنند که آلودگی هوا را افزایش می‌دهند. نقش در فرآیندهای تصفیه:

تخمیر بی‌هوازی: در فرآیندهای تصفیه بی‌هوازی، باکتری‌های هوازی و غیرهوازی برای تجزیه مواد آلی از طریق تخمیر استفاده می‌شوند. این فرآیند به کاهش حجم مواد آلی و آلودگی کمک می‌کند.

تخمیر هوازی: در فرآیندهای تصفیه هوازی، باکتری‌های هوازی برای تجزیه مواد آلی در حضور اکسیژن استفاده می‌شوند. این فرآیند کارآمدتر از تخمیر بی‌هوازی است و منجر به تولید کمتری از گازهای سمی می‌شود.

تثبیت مواد آلی: برخی از باکتری‌ها می‌توانند مواد آلی را تثبیت کنند و از تجزیه مجدد آن‌ها جلوگیری کنند. این فرآیند به کاهش میزان مواد آلی در آب تصفیه شده کمک می‌کند.

آشغال‌گیری (Screening) اولین مرحله در فرایند تصفیه آب شهری است و هدف آن حذف ذرات بزرگ و ناخالصی‌های جامد از آب ورودی به تصفیه‌خانه است. این کار برای محافظت از تجهیزات تصفیه (مانند فیلترها و رسوب‌کننده‌ها) در برابر آسیب و اطمینان از عملکرد صحیح آن‌ها انجام می‌شود.

روش کار:

آب ورودی از طریق توری‌های با اندازه‌های مختلف عبور می‌کند. این توری‌ها می‌توانند از جنس فولاد، پلاستیک یا سایر مواد مقاوم در برابر خوردگی باشند.

ذرات جامد بزرگتر از اندازه منافذ توری (مانند شاخ و برگ درختان، تکه‌های چوب، زباله‌ها و ...) توسط توری‌ها گرفته شده و جمع‌آوری می‌شوند.

آب تصفیه شده از توری‌ها عبور کرده و به مراحل بعدی تصفیه منتقل می‌شود.

انواع توری‌ها:

توری‌های افقی: ساده و ارزان هستند، اما ممکن است در حذف ذرات ریز مؤثر نباشند.

توری‌های عمودی: کارآمدتر از توری‌های افقی هستند و می‌توانند ذرات ریزتر را نیز حذف کنند.

توری‌های گردان: برای حجم بالای آب مناسب هستند و به طور مداوم در حال کار هستند.

تصفیه بیولوژیکی یک مرحله ضروری در تصفیه آب شهری است که برای حذف مواد آلی محلول و جامد معلق از آب استفاده می‌شود. این فرایند از فعالیت میکروارگانیسم‌ها (مانند باکتری‌ها، آرکی‌ها و قارچ‌ها) برای تجزیه این آلاینده‌ها بهره می‌برد.

روش کار:

فرایندهای هوازی: در این فرایند، باکتری‌های هوازی با استفاده از اکسیژن موجود در آب، مواد آلی را به دی‌اکسید کربن، آب و مواد معدنی ساده تبدیل می‌کنند. این فرآیند معمولاً در کندانسورها (Aerated lagoons) یا راکتورهای هوازی (Aerobic reactors) انجام می‌شود.

فرایندهای بی‌هوازی: در این فرایند، باکتری‌های بی‌هوازی در غیاب اکسیژن، مواد آلی را تجزیه می‌کنند. این فرآیند معمولاً در کندانسورهای بی‌هوازی (Anaerobic lagoons) انجام می‌شود.

فرایندهای نیمه‌بی‌هوازی: ترکیبی از فرایندهای هوازی و بی‌هوازی که در شرایط خاصی انجام می‌شود. مراحل کلی تصفیه بیولوژیکی:

رسوب‌سازی: ذرات معلق و جامد معلق در آب به ته کندانسور رسوب می‌کنند.

فعال رسوبی: باکتری‌ها و سایر میکروارگانیسم‌ها روی سطوح توری‌ها یا مواد آلی (مانند سنگریزه) تجمع می‌یابند و یک لایه فعال رسوبی تشکیل می‌دهند. این لایه فعال رسوبی مواد آلی را تجزیه می‌کند.

تصفیه نهایی: آب تصفیه شده از کندانسور خارج شده و تحت مراحل تصفیه نهایی (مانند فیلتراسیون و گندزدایی) قرار می‌گیرد.

مواد منعقد کننده (Coagulants) موادی هستند که به آب اضافه می‌شوند تا ذرات معلق کوچک و ناپایدار را به هم بچسبانند و ذرات بزرگتری (به نام فلوک) تشکیل دهند. این فلوک‌ها به راحتی می‌توانند از آب جدا شوند و از طریق رسوب‌سازی یا فیلتراسیون حذف شوند.

انواع مواد منعقد کننده:

آلومینیوم سولفات (Alum): رایج ترین ماده منعقد کننده است. به دلیل قیمت مناسب و اثربخشی بالا، به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرد.

سدیم سولفات آلومینیوم (Sodium Aluminum Sulfate): شبیه آلومینیوم سولفات است، اما به دلیل وجود سدیم، به طور کمی گران تر است.

پلی الکترولیت ها: پلیمرهای بزرگ که دارای بار الکتریکی هستند. این مواد می توانند ذرات معلق را به هم جذب کرده و آن ها را به هم بچسبانند.

پسیوم کلریدی (Ferric Chloride): در آب های حاوی فسفات ها مؤثر است.

نحوه عملکرد:

نظریه بار: مواد منعقد کننده دارای بار الکتریکی مثبت هستند. این بار الکتریکی با ذرات معلق ناپایدار در آب که معمولاً بار الکتریکی منفی دارند، برهم کنش می کند.

خنثی سازی بار: مواد منعقد کننده بار الکتریکی منفی ذرات معلق را خنثی می کنند.

تشکیل فلوک: ذرات معلق خنثی شده به هم نزدیک شده و به واسطه نیروهای الکترواستاتیک، فلوک های بزرگ تشکیل می دهند.

رسوب سازی/فیلتراسیون: فلوک ها به دلیل وزن خود به ته کندانسور رسوب می کنند یا از طریق فیلترها جدا می شوند.