بیوفیلترها در سیستم مدار بسته

گردآورنده:

دکتر محسن اصغری

فیلتراسیون زیستی (Biological filtration) :

عمل فیلتراسیون زیستی شامل واکنش های بیوشیمیایی متعددی است که بایستی در سیستم مدار بسته پرورش آبزیان صورت گیرد . این عملیات دربرگیرنده مراحل مربوط به معدنی شدن (Mineralization) نیتریفیکاسیون(Nitrification) و دسیمیلاسیون (Dissimilation) ترکیبات نیتروژن دار می باشد که این عملیات از طریق باکتری های معلق در آب و چسبیده به بستر فیلترها انجام می پذیرد . بیوفیلترها با کمک فرایندهای متابولیکی جوامع میکروبی،ترکیبات آلی محلول را از آب جداسازی و نیتروژن معدنی محلول سمی را به اشکال کمتر سمی تبدیل می کند .

۱- معدنی شدن

باکتری های هتروتروف و اتوتروف گروه های اصلی میکروارگانیسم ها در سیستم های مدار بسته می باشند . گونه های هتروتروف ترکیبات نیتروژن داری را که در اثر فعالیت های متابولیسمی جانوران تولید می شوند مصرف می کنند و آنها را تبدیل به ترکیبات نیتروژن دار ساده تری نظیر آمونیاک می نمایند . معدنی شدن اولین مرحله فیلتراسیون زیستی می باشد . فرایند معدنی شدن معمولاً با تغییر شکلی پروتئین ها ، اسیدهای نوکلئیک و تبدیل آنها به بازهای آلی نیتروژن دار آغاز می گردد .

۲- نیتریفیکاسیون

به فرایند اکسیدا سیون زیستی آمونیاک و تبدیل آن به نیترات ، نیتریفیکا سیون اطلاق می گردد . این فرایند را اغلب باکتری های اتوتروف انجام می دهند . این گونه باکتری ها برخلاف باکتری های هتروتروف ، توانایی مصرف کربن معدنی (نظیر C_2^o) را به عنوان منبع تأمین کننده کربن در سلول دارند . نیتریفیکاسیون زیستی را توسط دو گروه عمده از باکتری ها انجام می دهند نیتروزموناس ها و نیترو باکترها که از باکتری های اتوتروف محسوب می گردند ، انرژی مورد نیاز خود را از ترکیبات غیرآلی بدست می آورند . فرایند نیتریفیکاسیون در طی دو مرحله زیر با دخالت باکتری های مذکور انجام می پذیرد .

$$NH_4^+ + \frac{3}{2}O_2 \xrightarrow{Nitrosomonas} 2H^+ + NO_2^-$$

$$NO_2^- + \frac{1}{2}O_2 \xrightarrow{Nitrobacter} NO_3^-$$

میزان نیتریفیکا سیون تحت تاثیر PH ، اکسیژن محلول ، شوری ، وجود ترکیبات سمی در آب ، دما ، مساحت فیلترهای زیستی است . اینک به شرح مختصری در خصوص هر یک می پردازیم :

۱- ترکیبات سمی

بسیاری از ترکیبات شیمیایی تحت شرایط معینی ، مانع از تکثیر و رشد باکتری ها در فیلترها یا سبب اختلال در ادامه روند مسیرهای متابولیسمی میکروارگانیسم ها می گردند . بهرحال ، این عوامل موجب می شوند تا باکتری ها در واکنش های اکسید اسیون مربوط به نیتریفیکاسیون تاثیر کمتری داشته باشند .

۲- درجه حرارت

در اثر کاهش شدید درجه حرارت ، فعالیت باکتری ها متوقف می شود و یا با افزایش درجه حرارت میزان فعالیت های بیو شیمیایی افزایش می یابد . بیشترین کارایی نیتریفیکا سیون در دمای مابین ۳۰ تا ۳۵درجه سانتیگراد است .

PH -۳

PH منا سب جهت اکسید ا سیون آمونیاک حدود ۷/۸ و برای نیتریت حدود ۷/۱ ا ست . منا سب ترین PH برای انجام نیتریفیکا سیون بین ۷/۸ – ۷/۱ می با شد . در اثر تداروم نیتریفیکا سیون و تولید نیترات در سیستم های مدار بسته ، معمولاً PH کاهش می یابد . از این رو مقرون به صرفه ترین روش برای مقابله با تغییرات PH در چنین سیستم هایی ، طراحی های صحیح به منظور تعویض مناسب آب برای خارج ساختن نیترات از محیط آبی می باشد .

۴- اکسیژن محلول

اکسیژن محلول در آب را میکروارگانیسم های موجود در بستر فیلترها مصرف می کنند. باکتری های هوازی و بی هوازی هر دو در فیلترهای زیستی وجود دارند . هر گاه میزان اکسیژن محلول در آب افزایش یابد ، باکتری های هوازی گونه های غالب را تشکیل می دهند و هر زمان که اکسیژن محلول در آب کاهش یابد ، جمعیت گونه های غیرهوازی بیشتر می شود .

۵- شوری :

بسیاری از گونه های باکتری در آب های شور یا شیرین زیست می نمایند . بسیاری از گونه هایی که در آب شور زندگی می کنند قابلیت تطابق با آب شیرین را نیز دارند . گونه های مختلف باکتری ها در شوری های معینی ، قابلیت رشد و تکثیر را پیدا می کنند . چنانچه شوری در آب بتدریج افزایش یا کاهش یابد ، میزان نیتریفیکاسیون نیز تغییر می کند .

۶- مساحت سطح

میزان نیتریفیکاسیون روی سطح فیلترها در حدود ۱۰۰ برابر بیشتر از انجام این فرایند در داخل آب است . همچنین با توجه به اینکه برای هر حجم آب در سیستم بایستی مساحت معینی فیلتر زیستی در نظر گرفته شود ، از آنجائیکه این گونه فیلترها علاوه بر هزینه بالا ، فضای زیادی نیز اشغال می نمایند ، لذا طراحی صحیح فیلتر با در نظر گرفتن حداقل مساحت و حداکثر سطح تماس ، از اهمیت خاصی برخوردار است .

در بیوفیلترها ، باکتری ها به سطح بسترهای باکتریایی فیلتر می چسبند . آن ها یک لایه موکوس تولید می کنند که یک جامعه میکروبی متنوع از باکتری ها (نیتروزموناس و نیتروباکتر) را نگهداری می کند . این لایه خصوصیات اکولوژیکی مخصوص به خود دارد (پویایی این اکوسیستم ، نهایتاً بازدهی بیوفیلتر را در کاهش میزان مواد مغذی پساب تعیین می کند) .

بیوفیلم یک محمل ژل های است که توسط باکتری های پالاینده ترشح می شود و خود باکتری ها نیز در درون آن قرار دارند . به این لایه یک محمل می گویند چون این لایه بیشتر شبیه یک اسفنج است تا یک حجم توپر ، از این رو آب از هر دو سطح آن و از درون آن می تواند عبور کند . پالایش از طریق چند فرایند ذیل اتفاق می افتد :

جداسازی مواد جامد : مواد جامد ریز و کلوئیدی در هنگام عبور آب از این محل ژل های ، توسط پلیمرهای خارج سلولی ، که از میکروارگانیسم ها تر شح می شود ، لخته می شوند . آنزیم های خارج سلولی مواد جامد لخته شده و آن هایی که از طریق فیزیکی به تله افتاده اند را هضم می کنند و میکروارگانیسم ها آنرا به صورت یک ماده محلول جذب می کنند.

جذب ترکیبات محلول : دو طبقه از مواد محلول (ترکیبات آلی و آمونیاک) به داخل لایه نفوذ می کنند تا میکروارگانیسم ها آن ها را بگیرند و درون سلول اکسید و جذب کنند .

اک سیژن مورد نیاز این فرایند از طریق نفوذ از لایه به سلول می ر سد . مح صول زاید فعالیت میکروب ها عمدتاً CO_2 و مواد معدنی است که از طریق این لایه به جریان آبی که از روی سطح آن عبور می کند خارج می شوند . گازهای تولیدی ، به ویژه CO_2 نهایتاً به داخل اتمسفر تخلیه می شوند .

قدرت پالایش آب بیوفیلم به ضـخامت آن زیاد بسـتگی دارد . میزان فعالیت میکروب ها، بسـتگی به حفظ یک منبع کافی اکسیژن و یا ترکیبات آلی یا آمونیاک در بیوفیلم دارد . این بستگی به نفوذ از پساب به داخل محمل لایه بیوفیلم دارد .

همانند هر گونه جامعه بیولوژیکی ، بیوفیلتر زمانی را برای تشـکیل شـدن نیاز دارد . این زمانی اسـت که جامعه کشـت شـده اولیه نیاز دارد تا به اندازه مناسـب تکثیر کند و به تعادلی با ترکیب ماده مغذی پسـاب برسـد . این زمان معمولاً به نام زمان آماده شـدن نامیده می شـود و در طی این زمان بیوفیلتر با حداکثر توان خود کار نمی کند . اگر حیوانات پرور شی را قبل از این که بیوفیلتر به اندازه منا سب ر شد کند ، رها سازی کنند ممکن ا ست کیفیت آب کاهش یابد و مشکلاتی برای سلامتی ماهیان بوجود آید . بهتر است که ماهیدار کردن سیستم بعد از تشـکیل شـدن کامل جامعه میکروبی انجام شـود . برای این که مطمئن شـویم که جامعه میکروبی در بیوفیلتر جدید تشکیل شده ا ست بهترین کار آن ا ست که اثر آنرا در جریان پایین د ست بیوفیلتر برر سی کرد . با بزرگ شدن جامعه نیتروزموناس غلظت نیتریت افزایش می یابد که نتیجه تشکیل جامعه نیتروباکترا ست و این باکتری نیتریت را به عنوان یک منبع انرژی مصرف می کند و تبدیل به نیترات می کند .

روش هایی برای کنترل ماده مغذی که مقدارش بالاتر از حد مجاز باشد وجود دارد که عبارتست از تعویض منظم آب یا جذب توسط گیاهان آبزی یا جلبک ها .

بایستی به جمعیت میکروب های بیوفیلتر مهلت داده شود تا تشکیل شوند . این کار ممکن است چند هفته طول بکشد و بستگی به اندازه و وظیفه سیستم دارد ، اما چند طریق وجود دارد که می توان این مدت را کاهش داد . توصیه های ذیل چگونگی اداره واحدها در طول زمان رشد را نشان می دهند :

برای کشت اولیه می توان از یک سیستم آماده مقداری بسترهای باکتریایی مرطوب برداشت و به سیستم اضافه کرد یا این که از باکتری های آماده قابل فروش اســتفاده شــود . جامعه بیوفیلتر را با آمونیاک معدنی و ترکیبات نیتریت پرورده کنید و برای رشد میکروب ها شرایط مناسب ایجاد شود (مثلاً تامین اکسیژن کافی ، دمای ثابت ، ماده مغذی کافی) .

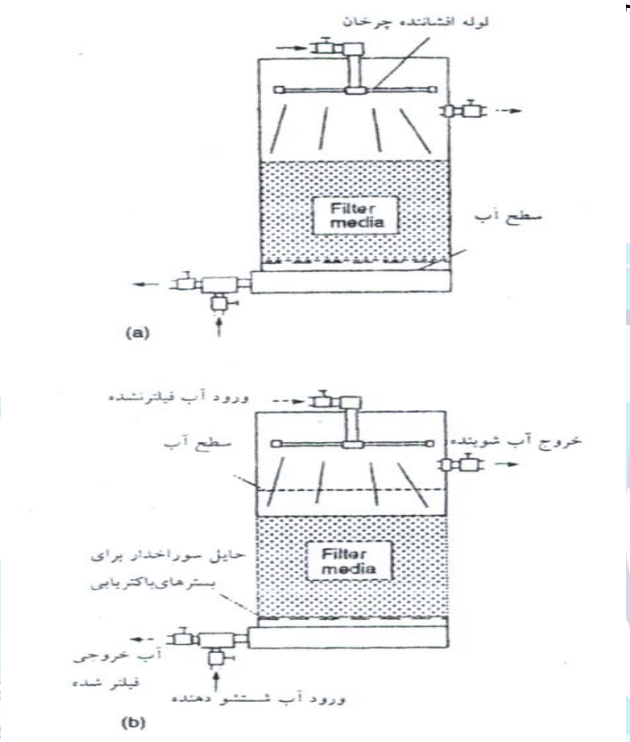
انواع فیلترهای زیستی :

۱– فیلترهای غوطه ور : در این فیلترها ، قلوه سنگها و قطعات پلاستیکی کوچک ، فاز ثابت و آب به عنوان فاز متحرک از آنها عبور می کند . ویژگی خاص فلیترهای غوطه ور آن اســت که به طور کلی محل اصــلی انجام فرایند نیتریفیکاسیون و منطقه رشد و تکثیر باکتری های نیتریفیکانت در زیر آب قرار دارد . مسیر ورود و خروج جریان آب در فیلتر، ممکن ا ست از بالا به پایین یا بالعکس با شد. بدلیل قرار دا شته محل ر شد و تکثیر باکتری ها در زیر آب ، اکسیژن مورد نیاز این میکروارگانیسم ها بایستی از طریق جریان آب و یا هوادهی تأمین گردد . فیلترهای غوطه ور در دو فاز (آب و ب ستر باکتریابی) اگر هوادهی ن شوند ، ممکن ا ست دچار کمبود اک سیژن شوند . فیلترهای غوطه ور در مقایسه با فیلترهای قطره ای ، به علت حجم آب درونشان ، محیط پایدارتری برای تشکیل جمعیت های میکروب هاست .

۲– فیلترهای قطره ای : فیلترهای قطره ای شــباهت زیادی به فیلترهای غوطه ور دارند . تنها تفاوت این سی ستم با مورد قبل آن ا ست که در فیلترهای قطره ای محل ر شد و تکثیر باکتری های نیتریفیکانت کاملاً در زیر آب قرار ندارند و تنها این منطقه مرطوب می باشــد . از این رو به منظور اکســیژن رســانی به باکتری ها می

توان به نحوی از جریان هوا نیز اســـتفاده کرد . فیلترهای قطره ای در مقایســـه با فیلترهای غوطه ور ، از لحاظ

کاهش قابلیت موثر ناشی از کمبود اکسیژ



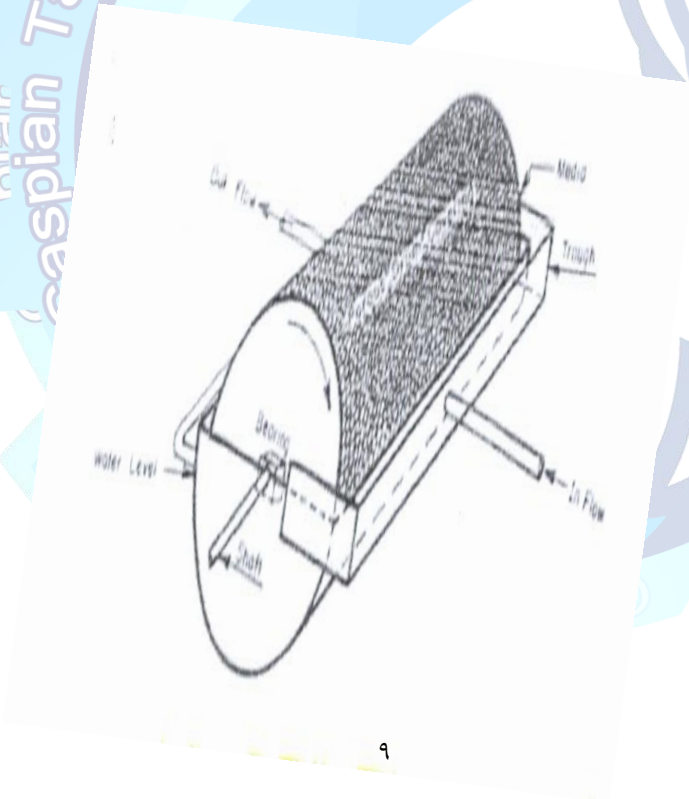
الف – فیلتر چکه ای ب- غوطه ور

۳- بیودرام : این فیلتر از ا ستوانه ای تشکیل شده ا ست که نیمی از آن در داخل آب قرار می گیرد . باکتری ها بر روی سطح این استوانه رشد می کنند . پساب در کانال زیر استوانه در جریان است و به دلیل حرکت دورانی آن ، بر روی شیارهای موجود قرار می گیرد و باکتری ها آنها را تصفیه می کنند . سرعت چرخش استوانه در زیر

آب باید طوری تنظیم شود که باکتری ها به مدت طولانی در زیر آب نمانند تا از کمبود اکسیژن از بین بروند و اگر سرعت دوران استوانه بیش از حد باشد ، موجب جدا شدن باکتری ها از روی سطح می شود .

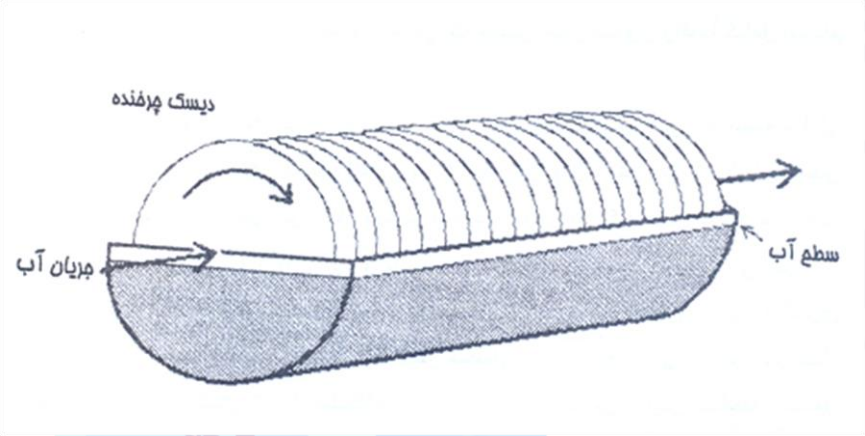
معمولاً به دلیل جریان دائم آب به داخل و خارج از بیودرام ها ، این گونه فیلترها بندرت مسدود می شوند . بر اساس بررسی های به عمل آمده ، اغلب در بیودرام ها بجای اکسیژن میزان کم آمونیاک و نیتریت ، عامل محدود کننده در انجام نیتریفیکاسیون می باشد . تغییر مکان بیوفیلم بین پساب و هوا ، باعث هوادهی کافی بیوفیلم و تصفیه خوب آب می شود .

از این رو ، در هنگامی که غلظت این ترکیبات پایین باشد ، بایستی سرعت چرخش بیودرام تنظیم شود . این فیلترها برای تصفیه پساب بازده بالایی دارند .



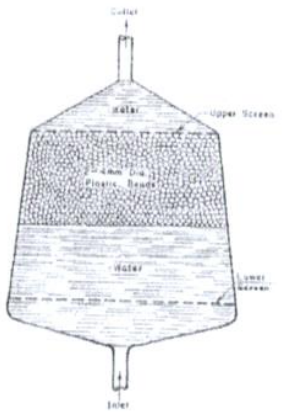
۴- بیودیسک ها :

بیودیسک ها از صفحات مدور متعددی که در فواصل معینی از یکدیگر قرار دارند ، تشکیل شده اند . به منظور افزایش مساحت سطح مخصوص و کارایی فیلترها ، فاصله بین صفحات بایستی به حداقل میزان خود برسد . زیرا در این دامنه قابلیت ایجاد یک لایه کلونی باکتریایی در هر دو سوی دیسک ها بوجود آمده است ، در ضمن آب نیز در میان دیسک ها گردش می کند . سرعت گردش بیودیسک ها نیز بایستی تقریباً با بیودرام یکسان باشد .



۵- فیلترها بستر متحرک : (فیلترهای بستر مایع) :

در این روش مقدار زیادی شن و ماسه بطور معلق در داخل استوانه ای قرار می گیرد . پساب با جریان کافی از زیر استوانه وارد و از بالا خارج می شود. برای معلق نگهداشتن شن ها در داخل استوانه ، فشار زیاد پساب ضروری است . باکتری ها به دلیل ریز بودن، روی دانه های شن که سطح وسیعی را اشغال کرده ، رشد می کنند و به تصفیه آب می پردازند . در این فیلتر باکتری ها اکسیژن مورد نیاز خود را از طریق آب تأمین می نمایند و از اینرو بایستی جریان آب فشار لازم را داشته و از اکسیژن نیز غنی باشد . در تکثیر و پرورش آبزیان از این فیلترها زیاد استفاده نمی شود .



۶- فیلتر دانه تسبیهی (فیلترهای با بسترهای باکتریابی سبک) :

فیلترهای دانه ت سبیهی بخ صو صی از نمای خارجی به فیلترهای ب ستر متحرک شباهت زیادی دارند . مهمترین تفاوت این فیلترها با فیلترهای بستر متحرک این است که در این فیلترها ، محل رشد باکتری ها بر روی قطعات کوچک و سبک پلاستیکی قرار گرفته است . در این فیلترها از مهره هایی از جنس پلاستیک یا پلی استیرن استفاده می شود که این مهره ها به خاطر وزن کم آن ها شناور می مانند . آن ها را در یک مجرا می ریزند و انتهای مجرا را با توری می بندند تا مهره ها خارج ن شوند . این مهره ها ت شکیل یک ماده وا سط را برای ت صفیه بیولوژیکی می دهند و همچنین به خاطر ف ضای خالی ن سبتاً کوچک شان ، مواد جامد را به خوبی جدا سازی می کنند . وقتی که فیلتر ب سته شود یک مخلوط کن پروانه ای وارد عمل می شود . لذا هر چند وقت یکبار مهره ها را تمیز می کنند تا بیوفیلم اضافی و مواد جامد جمع شده را حذف کنند. این مواد در کف مجرا ته نشین می شوند و می توان از آنجا به خارج هدایت کرد .

شرکت مشاوره ای–شیلاتی کاسپین تجهیز

نانو فیلتراسیون

نانو فیلتراسیون یکی از کاربردهای مهم فناوری نانو است که امکان جداسازی ذرات را از آب در مقیاس نانو و تولید آب تصفیه شده در حجم انبوه را فراهم می سازد . با استفاده از نانوفیلترها ، مواد معدنی لازم در آب باقی می ماند و مواد سمی و مضر از آن حذف می شوند .

یک غشاء نانو فیلتراسیون غشایی تحت فشار است که دارای خواص ویژه ای ما بین خواص فرایند اولترا فیلتراسیون (UF) و اسمز معکوس (RO) می باشد که برای حذف نمک های چند ظرفیتی عناصری مانند کلسیم ، آهن ، منگنز ، اورانیوم و برخی آفت کش ها بکار می رود . این فرایند برای تصفیه نمودن آب های سطحی و زیر زمینی آلوده مناسب است . می توان با این روش میکرو ارگانیزم های مختلف را از بین برد و تیرگی و سختی آب را کاهش داد و روش موثرتری نسبت به روش های فعلی برای نمکزدایی و دفع شوری آب است . فیلترهای معمولی توانایی فیلتر کردن ذرات ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ نانو متر را دارند . این در حالی است که جداره روزنه های غشاهای نانو معمولاً بین ۱ تا ۱۰ نانومتر است . غشاهای مورد استفاده در فرایند نانو فیلتراسیون معمولاً مولکول های بزرگ را دفع می کنند و در مقایسه با فرایند اسمز معکوس ، قادرند با صرف انرژی کمتر آب چاهها یا آب های سطحی را بخوبی تصفیه کنند . این فرایند قادر است انواع باکتری ها ، ویروس ها ، آفت کش ها ، آلاینده های با غشاء آلی و املاح کلسیم و منیزیم را از آب جدا کند . نظر به اینکه در فرایند نانو فیلتراسیون از هیچ ماده شیمیایی برای سختی گیری آب استفاده نمی شود . بنابراین اثرات منفی زیست محیطی آن به مراتب کمتر از روش های شیمیایی معمول است .

حذف فلزات سنکین و موادآلی

نانو ذرات Tio2 برای اکســـید کردن آلاینده های آلی مورد اســـتفاده قرار می گیرند این ذرات می توانند عامل اکساینده باشند و تولید آب یا دی اکسید کربن می کنند . مطالعات اخیر نشان می دهد که از Tio2 در مقیاس نانو می توان برای رفع آلاینده ها، ویروس ها و مواد شیمیایی آلی خطرناک استفاده کرد .

حذف آرسنیک :

اختراع جدید موسوم به Arsen Xnp کارایی و راندمان بالایی در حذف آرسنیک نشان داده است . این اختراع یک رزین مبادله یونی اســت که در راســتای تکمیل رزین های انتخابگر جهت تصـفیه آب های زیرزمینی از یون های نیترات ، پرکلرات و کروم شش ظرفیتی ساخته شده است . از مهمترین امتیازات Arsen xp انتخاب گری بالای آن برای یون آرسنیک است که پلیمرای پایه آن برای دوام و بقا نیاز به شستشو ندارند. به عبارت دیگر این محصول عمر طولانی و کاربرد بسیار ساده ای دارد . این فناوری علاوه بر حذف آرسنیک از آب آشامیدنی ، جهت حذف آر سنیک از پساب های صنایع نیمه هادی و آب های ا ستفاده شده در برج های خنک کننده نیز کاربرد دارد .

حذف نیترات :

اســتفاده از $4g/lit$ نانو ذرات آهن با قطر ۱۰۰-۱۰nm (متوسـط ۲۵mm) و سـطح ویژه $31m^2/gr$ در حذف نیترات از محیط های آبی ، راندمان حذف بسیار بالایی داشته بطوری که غلظت های اولیه ۳۰۰-۵۰۰ میلی گرم بر لیتر در طی ۳ ساعت به ۵-۴ میلی گرم بر لیتر رسیده است . در این فرایند PH به عنوان پارامتری اساسی ، احیاء نیترات را کنترل کرده بطوریکه در PH < ۴/۵ طی ۳ ساعت تغییری در غلظت نیترات مشاهده نشده است . کنترل PH با تزریق اسید در طی واکنش در محدوده ۴-۲ باعث افزایش سرعت و راندمان واکنش می شود .

منابع :

۱- فرزانفر ، علی ، روش های نوین در پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان ، تهران : موسسه تحقیقات شیلات ایران ، ۱۳۸۰ .

۲- سودربرگ ، ریچارد ، پرورش ماهی در آبهای جاری ، تهران : معاونت تکثیر و پرورش ، ۱۳۸۱ .

۳- خو شنود ، ر ضا ، کاربردهای نانو تکنولوژی در محیط زیست و آثار منفی آن ، دهمین همایش ملی بهداشت محیط ، همدان : ۱۳۸۶ .

۴- آیتی ، بیتا ، بررسی فناوری های نوین ذرات نانو در مهندسی محیط زیست ، همایش آینده پژوهی ، فناوری و چشم انداز توسعه ، تهران : ۱۳۸۵ .

5- www.wisegeek.com

6- www.aquariumpros.com

7-www.users.vcnet.com

8- www.fishdoc.co.uk

9- www.versaquatics.com