

بررسی روش های تصفیه فاضلاب

علی شهیدی* ، علی ترکاشوند**

* دانشجوی مقطع کارشناسی دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی؛ ash.1369@gmail.com
** دانشجوی مقطع کارشناسی دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی؛ olampiad1@gmail.com

چکیده

در این مقاله، روش های مختلف و مکانیزم های کاربردی تصفیه یکی از مهمترین دور ریز های شهری و صنعتی یعنی فاضلاب^۱ مورد بررسی قرار گرفته است. تصفیه فاضلاب، به منظور تثبیت مواد آلی^۲ تولیدی، استفاده مجدد از آب و مواد جامد ناشی از تصفیه فاضلاب و همچنین قابل تخلیه کردن پساب در محیط و محافظت از محیط زیست انجام می پذیرد. تصفیه فاضلاب شامل سه مرحله تصفیه اولیه یا فیزیکی تصفیه ثانویه یا شیمیایی^۳ و تصفیه پیشرفته است که به طور کامل در این مقاله مورد بحث قرار گرفته اند. در نتیجه با دانستن پیش نیاز ها و ساز و کار هر مکانیزم، مشخصات فنی آن و مزایای هر روش، می توان بهینه ترین روش را برای کاربری مورد نظر انتخاب کرد.

مقدمه

امروزه حفظ منابع آب، یعنی حیاتی ترین ماده ای که بشر به آن نیاز دارد بطور فزاینده ای مورد توجه مجامع مختلف بین المللی قرار گرفته است. رشد روزافزون جمعیت و در نتیجه بهره برداری بیش از حد از منابع محدود آب از یک طرف و آلوده شدن آنها بسبب فعالیت های گوناگون زیستی، کشاورزی و صنعتی بشر از طرف دیگر همگی دست به دست همدیگر داده و زنگ خطر بحران آب را در سالهای آینده به صدا در آورده است. این مهم از دو جنبه کلی قابل توجه است: ۱- افزایش کیفیت آبی که باید به مصارف گوناگون برسد که تحت تاثیر سه عامل عمده بوده است (الف) افزایش آلاینده ها در منبع طبیعی آب. (ب) آزمایشهای کیفی آب و فاضلاب با دقت بالا. (ج) افزایش سطح استاندارد آب آشامیدنی. ۲- افزایش کیفیت فاضلاب تصفیه شده گوناگون شهری، روستایی، کشاورزی و صنعتی.

فاضلاب چیست؟ همه جوامع، هم به صورت جامد و هم به صورت مایع، فضولات تولید می کنند. بخش مایع این فضولات، یا فاضلاب، اساساً همان آب مصرفی جامعه است که در نتیجه کاربردهای مختلف آلوده شده است. از نظر منابع تولید، فاضلاب را می توان ترکیبی از مایع یا فضولاتی دانست که توسط آب از مناطق مسکونی، اداری و تاسیسات تجاری و صنعتی حمل شده و بر حسب مورد، با آبهای زیرزمینی، آبهای سطحی و سیلابها آمیخته است. در یک سیستم تصفیه فاضلاب ابتدایی ترین کار یافتن روش تصفیه مطلوب با توجه به نیاز های ماست. گاهی نیاز به نوعی جداسازی فیزیکی و شیمیایی داریم که بتواند با هزینه کمتر حجم زیادی از فاضلاب را پالایش کند و گاهی نیز برای موارد با حساسیت بالا باید بسیاری از گند زدایی ها با روش های بیولوژیک اجرا شود.

طبقه بندی روشهای تصفیه

- ۱) تصفیه اولیه: کلیه کارهای ابتدایی مانند آشغالگیری، ته نشینی و... که عموماً فرایندهای فیزیکی هستند.
- ۲) تصفیه ثانویه: فرآیندهایی که برای جدا کردن مواد ریز و محلولی به کار می روند که جداسازی آنها مشکل تر است.
- ۳) تصفیه پیشرفته: برای رساندن کیفیت آب به استانداردهای بالا مثلاً تبدیل مواد آلی ازت دار به گاز ازت.

¹ Sewage
² Organic
³ Solvability

مکانیسم های تصفیه

- ۱- مکانیسم های فیزیکی: مانند آشغالگیری، شناور سازی، دانه گیری، ته نشینی، هوادهی و ...
- ۲- مکانیسم های شیمیایی: که با افزودن ماده شیمیایی به منظور حذف آلودگی همراه است مانند انعقاد و لخته سازی، کلر زنی و ...
- ۳- مکانیسم های بیولوژیکی: در این فرایندها از موجودات زنده برای تصفیه سود برده می شود. مانند سیستم های لجن فعال، برکه ثابت و ...

۱- روش های فیزیکی

به روش هایی که طی آنها از نیروها و ویژگی های فیزیکی مواد برای حذف آنها استفاده می شود، روش های فیزیکی می گویند. آشغالگیری، دانه گیری، ترسیب شیمیایی، فیلتراسیون و ته نشینی نمونه هایی از روشهای فیزیکی تصفیه فاضلاب هستند.

آشغال گیری

آشغال گیر جلوی ورود شن و ماسه و ذرات درشت به واحدهای تصفیه خانه را می گیرد. استفاده از تجهیزات آشغالگیری به منظور ممانعت از ورود هر گونه آشغال و جامدات درشت به واحدهای تصفیه خانه، روش بسیار مفید و موثری در حافظت فیزیکی از پمپها و سایر تجهیزات مکانیکی از قبیل هواده ها، همزن ها و لوله ها در برابر آسیب دیدگی و گرفتگی احتمالی می باشد.

آشغالگیرها معمولاً از توری ها یا شبکه های میله ای ساخته می شوند و با نصب در مسیر جریان فاضلاب از ورود هر گونه قطعات بزرگ اجسام و آشغال به حوضچه های تصفیه ممانعت می نمایند. آشغالگیرها از نظر فاصله میله های شبکه غربال به دو نوع ریز و درشت تقسیم می شوند. نحوه تمیز نمودن شبکه های آشغالگیر به دو روش مکانیکی و دستی امکان پذیر می باشد. در انواع مکانیکی، شبکه آشغالگیر با مکانیسم اتومکاتیک توسط بازوهای چنگک تمیز کننده یا روش های متنوع دیگر از قبیل پاشش آب، پاکسازی می گردد. آشغالگیرها بنابر سفارش و با توجه به ابعاد کانال جریان و یا بر مبنای دبی آب عبوری طراحی و ساخته می شود.

۲- روش های شیمیایی

به روش هایی که در آنها برای حذف آلاینده ها از مواد و واکنش های شیمیایی استفاده می شود، گفته می شود. هوادهی، انعقاد و لخته سازی، تبادل یون، تنظیم پی اچ جزء روش های شیمیایی محسوب می گردند.

۳- روش های بیولوژیکی

در این روش از فرآیندهای بیولوژیکی برای حذف آلاینده ها استفاده می شود. روش های بیولوژیکی را می توان به دودسته کلی تقسیم بندی می نمایند:

الف) روش های هوازی

برخی از فرآیندهای بیولوژیکی در حضور اکسیژن محلول صورت می پذیرد که به آنها فرآیندهای هوازی و به روش هایی که از فرآیندهای هوازی در آنها استفاده می شود، روش های بیولوژیکی هوازی گفته می شود. روش لجن فعال، لجن فعال به هوادهی گسترده، اتصال بیولوژیکی گردان^۴، فعال ساز دسته ای متوالی^۵، فعال ساز بیولوژیکی غشائی^۶ نمونه هایی از روش های بیولوژیکی هوازی می باشند.

ب) روش های بی هوازی

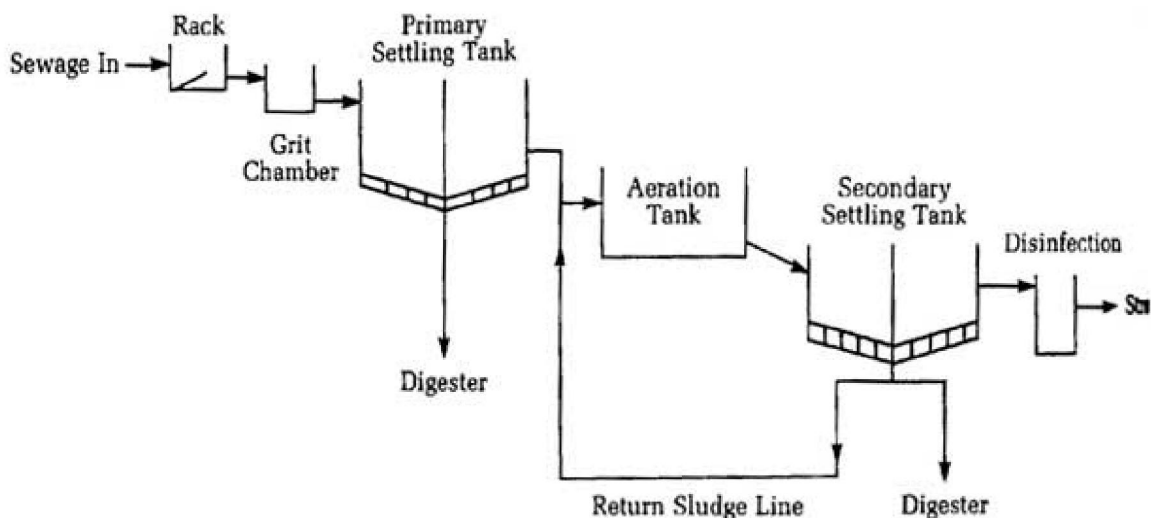
به فرآیندهایی که در غیاب اکسیژن محلول توسط میکروارگانیسم ها اتفاق می افتد، فرآیندهای بی هوازی می گویند. در روشهای بیولوژیکی تصفیه فاضلاب از این فرآیندها استفاده می شود. لازم به ذکر است که در سپتیک تانک ها به سبب عدم وجود اکسیژن محلول کافی فرآیندهای بی هوازی بیولوژیکی غالب هستند.

^۴ Rotating Biological Contactor

^۵ Sequencing Batch Reactor

^۶ Membrane Biological Reactors

انواع روش های بیولوژیکی تصفیه فاضلاب های صنعتی

۳-۱- روش لجن فعال^۷

شکل ۱ - فرایندهای روش لجن فعال

دیفیوزرهای هوادهی:

در روش های هوادهی عمقی ، به منظور انتقال و تزریق مناسب هوای فشرده به آب یا فاضلاب استفاده از دیفیوزرهای توزیع هوا به دلیل تولید حباب های بسیار ریز توصیه می شود. دیفیوزرها بسته به نوع کاربرد و اندازه روزنه ها در انواع حباب ریز و حباب درشت موجود می باشند. هر قدر حباب های هوا کوچکتر باشند، راندمان انتقال اکسیژن به آب بیشتر خواهد بود. دیفیوزرهای نوع حباب ریز شامل یک دیسک با قاب نگهدارنده از جنس پلی پروپیلن و یک غشاء لاستیکی قابل انعطاف از جنس اتیلن پروپیلن دین مونومر^۸ جهت عبور حباب های ریز هوا می باشد. اتصال ورودی دیفیوزر در قسمت تحتانی قاب تعبیه شده که توسط بوشن هم سایز و یا کمربند اتصال از جنس پلی اتیلن قابل نصب روی انواع لوله می باشد. در بسیاری از موارد بدلیل نیاز به اختلاط و تلاطم به حوضچه های متعادل سازی فاضلاب و همچنین جلوگیری از افت فشار هوا و احتمال گرفتگی کمتر روزنه ها استفاده از دیفیوزرهای حباب درشت ترجیح داده می شوند. این دیفیوزرها قابلیت اختلاط بهتر و تعلیق رسوبات و لجن های غلیظ را دارا می باشند. دیفیوزرهای حباب درشت اغلب از جنس پلی پروپیلن و پی وی سی به شکل بشقابی ساده ، سوپایی و مخروطی شکل قابل عرضه می باشد. ظرفیت متوسط هوادهی در دیفیوزرها در حدود ۵ الی ۱۵ متر مکعب در ساعت و حباب های تولید شده در اندازه های ۱ الی ۵ میلی متر می باشد.

۳-۲- فعال ساز دسته ای متوالی

هنگامیکه دبی فاضلاب ورودی به سیستم تصفیه خیلی کم باشد، در نظر گرفتن واحدهای هوادهی و ته نشینی بصورت مجزا باعث افزایش هزینه تصفیه به ازای هر مترمکعب فاضلاب می گردد. در چنین مواردی با انجام یک تغییر در روش لجن فعال این روش برای بکارگیری در سیستم تصفیه مناسب سازی می شود. طی این تغییر مخازن هوادهی و ته نشینی را با یکدیگر ترکیب نموده و فرآیندهای هوادهی و ته نشینی را بصورت متناوب و در زمانهای متوالی به انجام می رساند.

^۷ Activated Sludge^۸ ethylene propylene diene monomer

واحد فعال ساز دسته ای متوالی از یک راکتور پر و خالی شونده تشکیل شده که در آن اختلاط کامل صورت می گیرد و علاوه بر آن هوادهی و ته نشینی که بعد از مرحله واکنش می باشد، در یک تانک انجام می شود. در تمام سیستمهای فعال ساز دسته ای متوالی عمل تصفیه در قالب ۵ مرحله ای که در ادامه می آید، بصورت متوالی انجام می شود.

۱- پر شدن

۲- واکنش (هوادهی)

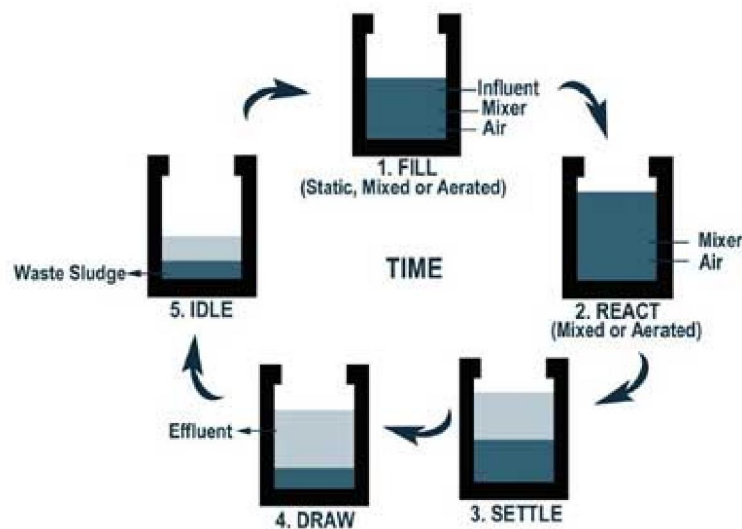
۳- ته نشینی

۴- تخلیه

۵- آزاد

در طی مرحله پر شدن، فاضلاب به سیستم وارد می شود. در طی فرایند پر شدن سطح مایع موجود در راکتور از ۷۵ درصد در انتهای مرحله آزاد به ۱۰۰ درصد می رسد. در خلال پر شدن، محتویات راکتور در حال مخلوط شدن و یا مخلوط و هوادهی شدن توامان هستند تا به واکنشهای بیولوژیکی در حال انجام در داخل راکتور سرعت ببخشند. در طی فرایند واکنش، واکنشهای آلی تحت شرایط کنترل شده محیطی بر روی مواد آلی موجود در فاضلاب انجام می شود. در طی فرایند ته نشینی، مواد جامد تحت شرایط سکون شروع به ته نشینی می کنند و نتیجه آن پساب تصفیه شده ایست که آماده تخلیه از سیستم فعال ساز دسته ای متوالی است.

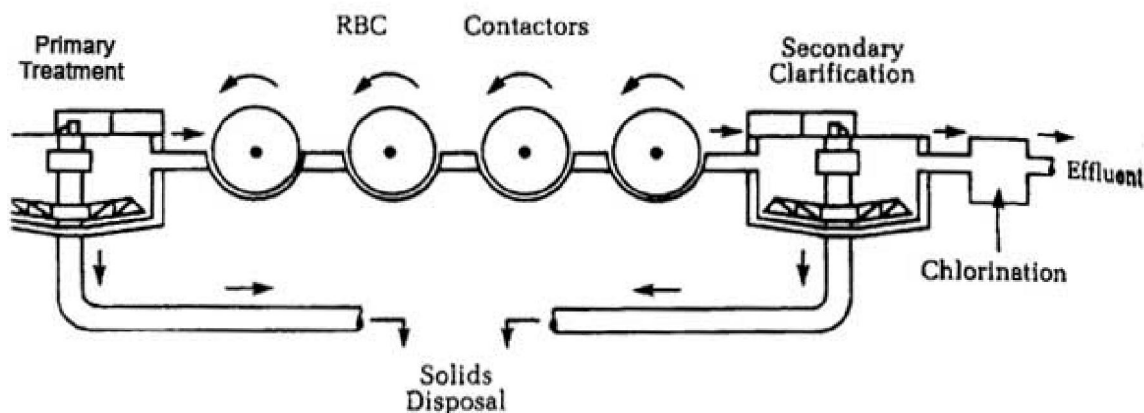
پساب تصفیه شده در طی مرحله تخلیه از سیستم خارج می شود. برای تخلیه پساب تصفیه شده از مکانیزمهای متعددی از جمله دریچه های سرریز می توان استفاده نمود. مرحله آزاد در یک سیستم فعال ساز دسته ای متوالی که از چند تانک استفاده می کند، زمان لازم را برای پر شدن یک تانک قبل از اینکه مرحله بعدی (واکنش) شروع شود، فراهم می سازد. به دلیل اینکه این مرحله چندان ضروری نیست، گاهی از سیستم فعال ساز دسته ای متوالی حذف می شود. در مورد فاضلابهای با جریان دائمی، حداقل به ۲ تانک نیاز است تا زمانی که یک تانک در حال پر شدن است، تانک دیگر در حال انجام مرحله تصفیه باشد.



شکل ۲- فرایندهای فعال ساز دسته ای متوالی

۳-۳- اتصال بیولوژیکی گردان

در تمامی روشهای مبتنی بر لجن فعال رشد میکروارگانیسم ها بصورت معلق بوده و مقداری انرژی صرف هوادهی می شود. در شرایطی که هزینه تأمین انرژی بسیار بالا باشد، می توان با استفاده از روش اتصال بیولوژیکی گردان انرژی مصرفی را کاهش داد. چرا که در این روش میکروارگانیسم ها بر روی سطح صفحاتی گردان و نیمه مستغرق در فاضلاب چسبیده و روی آنها رشد می کنند.



شکل ۳- شماتیک اتصال بیولوژیکی گردان

۳-۴- فعال ساز بیولوژیکی غشائی

امروزه یکی از روشهای پیشرفته تصفیه فاضلاب روش غشایی است که در این روش جداسازی میکروب ها توسط غشا انجام می شود. با نصب این غشا ها در درون رآکتور بیولوژیکی دیگر نیازی به بخش های ته نشینی و فیلتراسیون نیست و همین غشاها وظیفه جداسازی فاضلاب تصفیه شده از لجن را انجام می دهند. استفاده از غشا باعث می شود در فضای کم، تصفیه فاضلاب با راندمان بالا انجام شود به طوری که کیفیت فاضلاب تصفیه شده از استانداردهای فاضلاب برای تخلیه به آب های سطحی نیز بهتر است.

در تصفیه فاضلاب ، ممبرین بیو-رآکتور فن آوری جدیدی محسوب می شود که ترکیبی از تصفیه به روش لجن فعال سنتی و فن آوری نوین جداسازی توسط ممبرین می باشد . به علت خاصیت جداسازی قوی ممبرین ، لجن فعال و مواد آلی با مولکول های بزرگ می توانند در مخزن فعال ساز بیولوژیکی غشائی جمع آوری شوند و آب تمیز هم می تواند با عبور کردن از میان ممبرین تصفیه گردد . فرآیندهای مربوط به سیستم فعال ساز بیولوژیکی غشائی ، بیو-رآکتور و فیلتراسیون آب می توانند به صورت هم زمان انجام شوند . مخزن برای لجن رسوب شده لازم نمی باشد . در این روش ، غلظت لجن بسیار بیش تر از روش سنتی است . زمان اقامت فاضلاب در مخزن و زمان اقامت لجن در مخزن می تواند به صورت جداگانه کنترل شود . در روش فعال ساز بیولوژیکی غشائی نه تنها فاضلاب معمولی بلکه بسیاری از فاضلاب های آلوده شده با مقادیر بسیار زیاد مواد آلی نیز می توانند تصفیه گردند . با استفاده از فن آوری فعال ساز بیولوژیکی غشائی می توان به آسانی بسیاری از فاضلاب ها را تصفیه نمود .

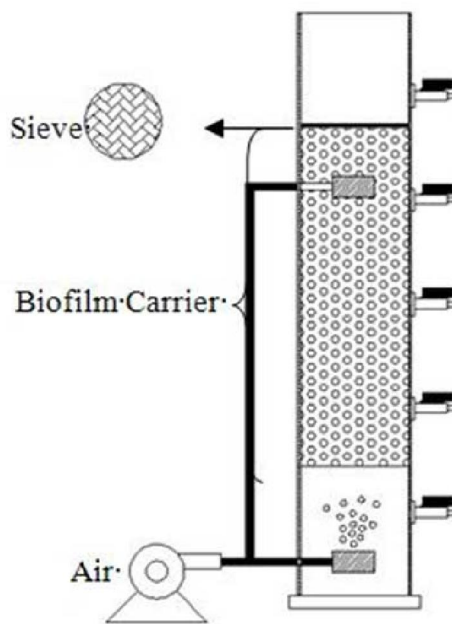
به علت خاصیت جداسازی ممبرین ، عملکرد بیو-رآکتور توسط فعال ساز بیولوژیکی غشائی ارتقاء زیادی پیدا کرده است . این روش در مقایسه با روش سنتی تصفیه فاضلاب ، دارای مزیت هایی می باشد ، مانند مؤثرتر واقع شدن عملکرد بیو-رآکتور ، مقاومت خوب در برابر فشار و ضربه ی ناشی از فاضلاب خروجی ، کیفیت بالای آب خروجی ، اندازه ی کوچک تأسیسات مربوط به تصفیه فاضلاب ، طول عمر زیاد لجن ، و نیز این که سیستم فعال ساز بیولوژیکی غشائی می تواند توسط کنترلر قابل برنامه نویسی منطقی^۹ به طور خودکار کنترل شود . به عبارت دیگر ، به علت خاصیت جداسازی مربوط به ممبرین ، آب خروجی دارای کیفیت خوبی بوده ، آن چنان که می تواند بدون بروز هرگونه مشکلی ، مورد استفاده مجدد قرار گیرد .

۳-۵- روش فعال سازهای بیوفیلم متحرک^{۱۰}

در سیستم فعال سازهای بیوفیلم متحرک از آکنه هایی استفاده می شود که در مخزن هوادهی شناور می باشند. بیوفیلم یا لایه میکروبی، بر روی آکنه های غوطه ور رشد کرده و به این ترتیب توده بیولوژیکی شناور در محیط فاضلاب که نقش تجزیه کننده مواد آلی را به عهده دارند را افزایش می دهند.

^۹ Programmable logic controller

^{۱۰} Moving Bed Biofilm Reactors



شکل ۴- نمونه یک فعال ساز با بیوفیلم متحرک

پکینگ مدیا^{۱۱}

در سالهای اخیر استفاده از پکینگ مدیا به دلیل دارا بودن سطح تماس زیاد با حجم کم و در نتیجه افزایش راندمان تصفیه فاضلاب به خصوص در روش های بیولوژیکی رشد چسبیده ، روز به روز در حال گسترش است. این پکینگ ها از بهترین مواد و عمدتا به صورت بلوک های سبک با ساختاری بسیار مقاوم در طرح های متنوع به شکل لانه زنبوری و شانه تخم مرغی با کانال عمودی ، متقاطع و مورب تولید می گردند. کاربرد و مواد مصرف پکینگ های مدیا عبارتند از: بستر تماس در برج های گاززدایی ، بعنوان موج گیر جریان در مخازن ته نشینی و چربی گیری، بعنوان بستر پر کننده رآکتورهای تصفیه فاضلاب ، بستر مبادله کننده حرارتی در برج های خنک کننده. استفاده از فرایند رشد چسبیده در سیستمهای هوازی و بی هوازی با تثبیت میکروارگانیزمها بر روی پکینگ و تشکیل بیوفیلم موجب افزایش جرم زیست توده به صورت چسبیده و معلق می شود و در عین بالا بردن تصفیه زیستی موجب کاهش حجم مورد نیاز تصفیه می شود.

در اصلاح سیستمهای هوازی می توان با نصب مدیای بیوفیکس (تحقیقات پیشرفته) ظرفیت تصفیه خانه را چندین برابر افزایش داد و یا تصفیه خانه هایی که دارای مشکل می باشند ارتقاء داده و بهینه سازی نمود. در بیوراکتورهای بی هوازی با نصب مدیای بیوفیکس (تحقیقات پیشرفته) در قسمتی از حجم راکتور و یا تمامی آن، می توان علاوه بر بالا بردن ظرفیت، بیوراکتور را نسبت به شوکهای آلی، هیدرولیکی، شیمیایی و حرارتی مقاوم ساخته و از فرار لجن جلوگیری نمود. بر همگان واضح است که در صورت فرار لجن از راکتورهای بی هوازی به علت سرعت رشد پایین میکروارگانیسیمهای بی هوازی ماهها وقت لازم است بیوراکتور دوباره به وضعیت مطلوب اولیه بازگردد.

موارد کاربرد این پکینگ مدیا افزایش ظرفیت تصفیه خانه های موجود، بهینه سازی بیوراکتورهای در حال کار و مقاوم نمودن آنها به شوک های آلی- حرارتی و هیدرولیکی، حذف نیترات از آب شرب به روش بیولوژیکی، حذف آمونیاک از مزارع پرورش ماهی و افزایش ظرفیت آن، برج های تماس مایع و گاز، برجهای گاز زدایی و برج های خنک کننده و موارد بسیار دیگر می باشد

مزایای پکینگ های پلاستیکی

-مزایای پکینگ های پلاستیکی عبارتند از: سطح مخصوص زیاد در واحد حجم کم، مقاومت بالا در برابر اشعه UV و عوامل خوردگی، وزن کم ، استحکام بالا، سهولت حمل و نقل

^{۱۱} Packing Media

مزایای پکینگ مدیا

مزایای پکینگ مدیا عبارتند از : ۱- پیشرفته ترین مدیای تولید شده در جهان، ۲- به صورتی طراحی شده است که قطعات به یکدیگر و به هر حجمی مونتاژ می گردد، ۳- تمامی بستر به صورت یکسان در دسترس می باشد ، ۴- هیچ فضای مرده ای وجود ندارد، ۵- مشکل گرفتگی نداشته و احتیاج به بک واش ندارد ، ۶- جریان به هیچ عنوان شانس کانالیزه شدن ندارد ، ۷- برای تمامی پروسس های هوازی و بی هوازی مناسب است ، ۸- دارای سطح تماس بسیار بالا می باشد.



شکل ۵ - نمونه هایی از پکینگ مدیا

۳-۶- روش ترکیبی فرایند لجن فعال و فیلم ثابت^{۱۲}

این روش ترکیبی از دو فرایند لجن فعال و فرایند روش فعال سازهای بیوفیلم متحرک است. به همین دلیل توأماً دارای مزایای روشهای بستر ثابت و لجن فعال می باشد. با ترکیب لجن فعال با قابلیت انعطاف پذیری بسیار زیاد و بستر ثابت با مقاومت بالا در مقابل شوک بار آلی و بیولوژیکی می توان راندمان بسیار بالایی را برای این سیستم فراهم آورد.

۳-۷- واحد روکش لجن بی هوازی جریان بالادست^{۱۳}

یکی از پیشرفت های قابل توجه در تکنولوژی مربوط به سیستمهای تصفیه بی هوازی راکتور یو ای اس بی می باشد که در اواخر دهه ۷۰ میلادی در هلند شکل گرفت. در این فرایند، فاضلاب از انتهای راکتور یو ای اس بی وارد آن شده و از میان واحد روکش لجن به سمت بالا جریان پیدا می کند. اجزای اصلی راکتور یو ای اس بی سیستم توزیع فاضلاب ورودی، جداکننده فازگاز از جامد و طرح خروج پساب تصفیه شده می باشد.

ویژگی اصلی سیستمهای یو ای اس بی که به آن این امکان را می دهد تا در مقایسه با سایر فرایندهای بی هوازی از فاضلاب با بار COD بسیار بالاتری استفاده کند، تولید لجن به صورت گرانوله می باشد. تولید لجن بصورت دانه دانه در سیستمهای یو ای اس بی به چندماه زمان احتیاج دارد که این زمان را با برخی افزودنی ها به آن، می توان کاهش داد.

۴- بسترهای بیولوژیکی

در سیستم های بیولوژیکی ثابت، جهت کشت و رشد میکروارگانیسم ها از مدیاهای Cross Flow استفاده می گردد. که در آنها میکرو ارگانیسم ها به میزانی که مورد نیاز است رشد می کنند و روش اقتصادی مناسبی جهت تصفیه فاضلاب شهری و صنعتی، نیتريت زایی و نیتريت زدایی فراهم می آورد. از بیو فیلتر ها برای تثبیت کیفیت آب در حال گردش و یا سیستم مدار بسته، همچنین جهت بهبود کیفیت آب قبل از خروج استفاده می گردد. عملکرد بیوفیلتر ها، بسته به نوع استفاده و طراحی، به صورت زیر می باشد که سه عملیات ذکر شده در ابتدا به طریق بیولوژیکی انجام می شود و چهار عملیات آخری به طریق روش های فیزیکی و بدون وابستگی به رشد ارگانیسم ها صورت می گیرد.

۱- حذف آمونیاک

^{۱۲} Integrated Fixed Film Activated Sludge

^{۱۳} Upflow anaerobic sludge blanket

- ۲- حذف نیتريت‌ها
- ۳- حذف جامدات ارگانیک محلول
- ۴- اضافه کردن اکسیژن
- ۵- حذف کربن دی اکسید
- ۶- حذف نیتروژن اضافی و سایر گازهای محلول
- ۷- حذف جامدات معلق

مشخصات یک بیوفیلتر ایده آل

- ۱- باید حتی الامکان جای کمی را اشغال کند. معمولاً جهت محافظت و کنترل دما، پوششی بر روی مخزن کشت و بیوفیلتر قرار می گیرند.
- ۲- تمامی موادی که در بیوفیلتر استفاده شده باید ضد خوردگی، مقاومت در برابر امواج فرابنفش، مقاوم در برابر پوسیدگی بوده و در برابر شوک های شیمیایی تأثیر ناپذیر باشد.
- ۳- باید هزینه خریداری یا ساخت، حمل و نقل به مکان نصب ارزان داشته باشد.
- ۴- بیوفیلتر و اجزاء باید به اندازه کافی جهت مقاومت با نیروهای برشی محیط محکم باشند.
- ۵- باید انرژی مصرفی که اغلب الکتریسیته می باشد، در حد ممکن پایین باشد. بیشترین میزان انرژی توسط پمپ (جهت حرکت آب) و کمپرسور (جهت حرکت هوا) استفاده می شود.
- ۶- باید در زمان کارکرد به صورت خود پاک کنندگی^{۱۴} به همراه کمترین مراقبت یا حتی لازم به هیچ مراقبتی نباشد.
- ۷- باید به آسانی قابل حمل باشد تا تغییرات در عملکرد وسایل به سهولت امکان پذیر باشد.
- ۸- بیوفیلتر ایده آل نباید هیچ قسمت متحرکی داشته باشد. در صورت وجود قسمت های متحرک، باید قوی بوده و برای عملکرد ممتد در چندین سال طراحی شوند.
- ۹- عملکرد آن باید به سهولت قابل مشاهده باشد تا از عملکرد صحیح آن اطمینان حاصل شود.
- ۱۰- باید برای حصول اطمینان از عملکرد بهینه، متغیرهای عملکردی به سهولت قابل تغییر باشند.
- ۱۱- باید توانایی کار برای محدوده وسیعی از جریان آب و بار مغذی را داشته باشد.
- ۱۲- نباید برای اپراتور و محصول، خطراتی داشته باشد.
- ۱۳- باید تمامی اهداف لیست شده در بالا که شامل: رفع آمونیاک، دی اکسید کربن، و ذرات معلق می باشد را انجام دهد.
- ۱۴- سیستم های کوچک باید به همان روش سیستم های بزرگ کار کنند. عملکرد در واحد حجم علیرغم اندازه سیستم، باید ثابت باشد.

۵- صافی چکنده

یکی از قدیمی ترین مدل های فیلترهای بیولوژیکی، صافی چکنده می باشد که در سال ۱۸۰۰ با بسترهای سنگی و زغالی برای تصفیه فاضلاب ساخته شدند. صافی چکنده به طور نمونه شامل پکینگ یا مدیا داخل یک مخزن می باشد. فاضلاب مورد تصفیه از بالای مدیا اسپری شده و در زیر مدیا در انبار فاضلاب جمع آوری می شود. سطح مدیا یا پکینگ، محلی برای رشد بیوفیلم آماده می کند. در بعضی از سیستم ها، هوا توسط فن به داخل فیلتر دمیده می شود. اگرچه بیشتر فیلترها متکی به انتقال طبیعی هوا از داخل فیلتر هستند.

صافی های چکنده از لحاظ ابعادی بزرگ هستند ولی راه اندازی آسان دارند. آنها توانایی تصفیه محدوده متنوعی از سطوح نوترونی^{۱۵} را دارند. یکی از منافع بزرگ صافی چکنده این است که آب با اکسیژن بیشتری نسبت به آنچه وارد شده از آن خارج شود، چراکه صافی چکنده، واسطه بزرگی برای آب و هوا است همچنین به آرامی گازهای کربن دی اکسید، نیتروژن، سولفوریک اسید یا دیگر گازهای سبک و بخارشدنی نامطلوب را جدا می کند. تنها مشکل بزرگ صافی چکنده، هزینه زیادی است که برای پمپاژ آب تا بالای فیلتر مورد نیاز است. در صورتیکه فواصل

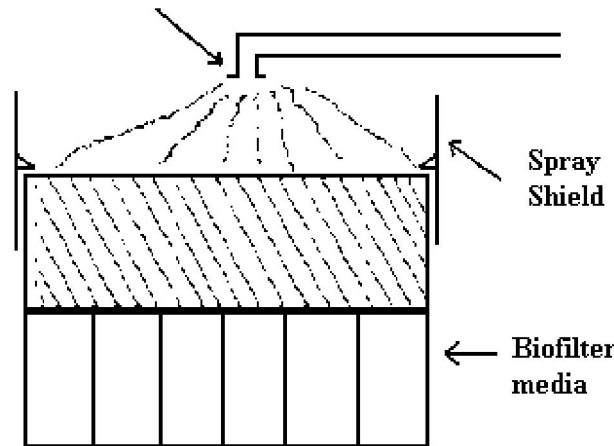
^{۱۴} Self Cleaning

^{۱۵} nutrient levels

فیلتر خیلی باریک باشد، فضای زیادی را ذخیره می کند ولی به انرژی پمپاژ بیشتری نیاز دارد. یک فیلتر با وسعت کم، انرژی کمتری صرف خواهد کرد ولی فضای بیشتری را نیز اشغال می کند.

اولین قدم در طراحی یک صافی چکنده قرار دادن پکینگ یا مدیای صحیح می باشد. در سال های گذشته، مواد بسیار متنوعی در صافی چکنده استفاده شده است اما امروزه، بهترین آن، مدیا می باشد. ساختمان مدیا ترکیبی از ورق های پی وی سی صلب شیار دار است که به یکدیگر چسبیده شده و به شکل بلوک درآمده اند. یکی از مزایای ساختار این مدیا قابل انعطاف بودن و سهولت استفاده است. از مدیا می توان در ساختن یک بیوفیلتر مناسب بدون مخزن استفاده کرد. مخزن بیشترین هزینه بیوفیلتر را به خود اختصاص می دهد، بنابراین، بیوفیلتر بدون مخزن یک ذخیره کننده مالی بسیار خوب می باشد. این پکینگ ها خود ساپورت هستند و می توانند بر روی فریمورک یا هر سطح صافی حتی در بالای مخزن کشت میکروب واقع شوند. یکی دیگر از موارد مهم در طراحی صافی چکنده، سیستم توزیع خوب آب در بالای مدیا می باشد. برای انجام این کار دو روش موجود است. سیستم اسپری با فشار به همراه نگهدارنده splash در بالا که احتمالاً ساده ترین حالت است. تنها اشکال این روش، افت فشار اضافی است که برای راه اندازی نازل مورد نیاز است. سیستم دیگر شامل توزیع از تشت آب با عمق کم که در زیر آن نازل های وزنی وجود دارد.

Solid Cone Square Pattern Nozzle



شکل ۶ - نمونه ای ساده از یک صافی چکنده

مزایای استفاده از مدیاهای PVC در سیستم صافی چکنده عبارتند از:

- ۱- سطح مخصوص زیاد
- ۲- جریان عبوری وسیع
- ۳- عملکرد به صورت یک هواکش قوی (پلنوم باز و فضای خالی زیاد).
- ۴- قابلیت داشتن ارتفاع بیشتر از ۳۰ فوت.
- ۵- صافی چکنده تنها به توان جهت پمپاژ احتیاج دارد و نیازی به توان فن های دمنده مانند آنچه در سیستم های رشد معلق از جمله لجن فعال موجود است، ندارد. به همین دلیل از سیستم صافی چکنده در پروژه های بزرگ در مقایسه با سیستم لجن فعال، بیشتر استفاده می گردد.
- ۶- تجهیزات مورد استفاده در سیستم صافی چکنده نسبت به سیستم لجن فعال ساده تر می باشد. همچنین امکان بهینه سازی عملکرد توسط اپراتور وجود دارد. داده هایی که به مراتب کمتر قابل کنترل هستند برای سیستم صافی چکنده نسبت به سیستم لجن فعال و رآکتورهای متوالی گروهی بدست آمده و قابل مونیتورینگ می باشد.
- ۸- این سیستم نسبت به سیستم لجن فعال، لجن کمتری را تولید می کند. لجن تولید شده، به خوبی ته نشین می شود چراکه بهم فشردگی و سنگین است.

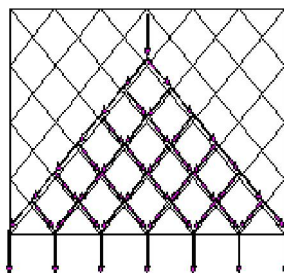
ارتقاء فیلترهای سنگی با مدیای ورقه ای PVC

در اثر ترمیم صافی چکنده قدیمی با مدیاهای پلاستیکی، سطح بزرگتر و فضای خالی بیشتر تولید شده، در نتیجه، راندمان تصفیه حتی در جاهایی که فیلترهای سنگی قدیمی بسیار کم عمق هستند (به طور نمونه ۳ تا ۷ فوت)، بهبود می یابد. در بعضی موارد، دیواره های بستر فیلتر ورقه ای پی وی سی در مقایسه با حالت سنگی باید بلند تر باشد تا میزان راندمان سایت افزایش یابد. سطح مخصوصی که بستر با ورقه های پلاستیکی ایجاد می کنند، ۲ تا ۳ برابر بیشتر است. همچنین، افزایش میزان فضای خالی از ۵۰ تا ۹۵ درصد سبب بهبود جریان هوا و ظرفیت بار هیدرولیکی و کاهش تمایل سیستم به مسدود شدن توسط بیومس می گردد.

انواع مدل های مدیای صافی چکنده

الف) مدیای جریان ضربدری^{۱۶}

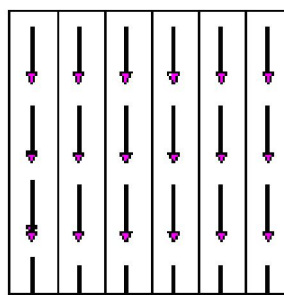
این مدیا از ورقه های موج با زاویه ۶۰ درجه در راستای افق ساخته شده است. سیالی که در روی آن ریخته می شود، در نقاط تقاطع از هم جدا می شوند.



شکل ۷- مدیای جریان ضربدری

ب) مدیای جریان عمودی^{۱۷}

این مدیا دارای کانل های عمودی با فواصل نقاط تماس در ۱ فوت و فاقد نقاط مخلوط ضربدری^{۱۸} میباشد و تنها بازپخش جریان را صورت می دهد. در نتیجه در واکنش های فلاشینگ در زیست جامدها^{۱۹} بسیار خوب می باشند.



شکل ۸- مدیای جریان عمودی

^{۱۶} Cross Flow Media^{۱۷} Vertical flow media^{۱۸} Cross mixing points^{۱۹} Bio Solids

نتیجه گیری

تصفیه فاضلاب ها و حذف مواد مضر محیط زیست از آنها، همواره یکی از دغدغه های جوامع بشری بوده است. تصفیه فاضلاب به خصوص در دهه های اخیر رشد قابل توجهی داشته است و این پیشرفت مرهون تلاش دانشمندان و صنعتگران این رشته می باشد. تامین شرایط بهداشتی برای زندگی مردم، پاک نگهداری محیط زیست ، بازیابی فاضلاب ، تولید کود طبیعی و تولید انرژی از جمله مواردی است که نیاز به تصفیه فاضلاب را روز به روز بیشتر و پر اهمیت تر می کند. در این مقاله سعی کردیم تا اهداف ، مفاهیم و انواع روش های تصفیه فاضلاب را بیان کرده و فرایندهای آن را توضیح دهیم.

مراجع

- ۱- تصفیه فاضلاب؛ محمد تقی منزوی؛ دانشگاه تهران؛ جلد دوم؛ ۱۳۸۶.
- 2- Bruno, Thomas J. and Svoronos, Paris D. N.; CRC Handbook of Basic Tables for Chemical Analysis; CRC Press; 1989.
- 3- Khopkar, S. M. (2004). *Environmental Pollution Monitoring And Control*. New Delhi: New Age International. p. 299. ISBN 81-224-1507-5. Retrieved 2009-06-28.
- 4- Metcalf & Eddy, Inc. (1972). *Wastewater Engineering*. New York: McGraw-Hill Book Company. ISBN 0-07-041675-3.
- 5- Roy F. Weston, Inc. (1971). *Process Design Manual for Upgrading Existing Wastewater Treatment Plants*. Washington, D.C.: EPA. Chapter 3.
- 6- Hammer, Mark J. (1975). *Water and Waste-Water Technology*. John Wiley & Sons. pp. 390–391.
- 7- Massoud Tajrishy and Ahmad Abrishamchi (2005). "Integrated Approach to Water and Wastewater Management for Tehran, Iran." *Water Conservation, Reuse, and Recycling: Proceedings of the Iranian-American Workshop*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- 8- Walker, James D. and Welles Products Corporation (1976).