**وزارت جهاد کشاورزی**
**سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی**
**موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور**

**عنوان :**

# معرفی فن آوری فیلتر چند گانه در یک واحد بدون مصرف برق با استفاده از هوادهی

**مجری :**
**محمد رضا حسن نیا**

**شماره ثبت**

**٤٧٤٧٧**

**وزارت جهاد کشاورزی**
**سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی**
**موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور**

---

**عنوان پروژه : معرفی فن آوری فیلتر چند گانه در یک واحد بدون مصرف برق با استفاده از هوادهی**
**شماره مصوب پروژه : ۹۱۱۳۶-۱۲-۱۲-۲**
**نام و نام خانوادگی نگارنده/ نگارندگان : محمد رضا حسن نیا**
**نام و نام خانوادگی مجری مسئول ( اختصاص به پروژه ها و طرحهای ملی و مشترک دارد ) :**
**نام و نام خانوادگی مجری / مجریان : محمد رضا حسن نیا**
**نام و نام خانوادگی همکار(ان) : عباس متین فر**
**نام و نام خانوادگی مشاور(ان) : -**
**نام و نام خانوادگی ناظر(ان) : -**
**محل اجرا : استان تهران**
**تاریخ شروع : ۹۱/۱۰/۱**
**مدت اجرا : ۹ ماه**
**ناشر : موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور**
**تاریخ انتشار : سال۱۳۹۵**
**حق چاپ برای مؤلف محفوظ است . نقل مطالب ، تصاویر ، جداول ، منحنی ها و نمودارها با ذکر مأخذ بلامانع است .**

## «سوابق طرح یا پروژه و مجری مسئول / مجری»

**پروژه : معرفی فن آوری فیلتر چند گانه در یک واحد بدون مصرف برق با استفاده از هوادهی**

**کد مصوب : ۹۱۱۳۶-۱۲-۱۲-۲**

**شماره ثبت (فروست) : ۴۷۴۷۷ تاریخ : ۹۴/۵/۱۴**

**با مسئولیت اجرایی جناب آقای محمد رضا حسن نیا دارای مدرک تحصیلی دکتری تخصصی در رشته شیلات می‌باشد.**

**پروژه توسط داوران منتخب بخش اصلاح نژاد و تکثیر و پرورش آبزیان در تاریخ ۹۳/۱۱/۴ مورد ارزیابی و رتبه خوب تأیید گردید.**

**در زمان اجرای پروژه، مجری در :**

**ستاد ■ پژوهشکده □ مرکز □ ایستگاه □**

**با سمت رئیس گروه مهندسی آبزیان در موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور مشغول بوده است.**

| عنوان | «فهرست مندرجات » | صفحه |
|---|---|---|


چکیده ..... ۱
۱- مقدمه ..... ۲
**۱-۱**-فیلتراسیون(Filtration) ..... ۳
۱-۲- مدیا فیلتر چیست ؟ ..... ۴
۱-۳-جداسازی ..... ۵
۱-۴-فیلتراسیون در شیلات ..... ۱۰
۲- مواد و روشها ..... ۲۳
۳- نتایج ..... ۲۴
۴- بحث و نتیجه گیری ..... ۳۴
منابع ..... ۳۷
چکیده انگلیسی ..... ۳۸

## چکیده

توسعه آبزی پروری و افزایش تولید در واحد حجم نیازمند استفاده از فیلترهای مناسب شیلاتی است. بکار گیری فیلترهای با خاصیت دوگانه که هم بتواند نقش فیلتر فیزیکی را در کاهش ذرات جامد معلق داشته و هم مانند فیلتر بیولوژیک املاح محلول در سیستم را کاهش دهد ودر عین حال با صرفه جوئی در مصرف انرژی برق، توان مصرفی خود را کاهش دهد در این پروژه مد نظر قرار گرفت . در نهایت فیلتری چند گانه با ارتفاع ۱۲۰ سانتی متر و قطر ۸۴ سانتی متر با ظرفیت ۸۰ کیلوگرم وحجم بستر دانه ای ۸۵ لیتر با توان عبور جریان ۱۷۰ لیتر در دقیقه آب با حداکثر فشار ۰/۷ با (۱۰ psi) و حجم هوای بک واش ۲۱۰ لیتر ی ساخته شد. با این فیلتر مقدار TSS به میزان ۷۵ در صد کاسته شد.

## ۱-مقدمه

صنعت تکثیر و پرورش ماهی یکی از مهمترین روشهای پیش روی بشر در تامین پروتئین مورد نیاز می باشد. نرخ سریع افزایش جمعیت همراه با بهبود رژیمهای غذائی یکی از چالشهای پیش روی دست اندرکاران تامین نیازهای غذائی مردم است. تامین پروتئین و افزایش تولید آن به سادگی امکان پذیر نمی باشد ودر هر زیر بخش اعم از مرغداریها، دامداریها و شیلات مشکلات و راه حلهای خاص خود را دارد.

در شیلات افزایش تولید ماهی یا با افزایش صیادی از منابع مختلف دریا و آبهای آزاد صورت می گیرد که این مساله چند سالی است که در جهان دچار رکود شده است و ذخایر دریائی افزایش فشار بیش از این را برنمی تابند و در واقع میزان صید جهانی از رقم یکصد میلیون تن نمی تواند فراتر برود. در فشار قرار گرفتن مولدین دریائی و افزایش روزافزون آلودگیهای دریائی زنگ خطر را در این بخش به صدا درآورده است. از سوی دیگر آبزی پروری در محیطهای محصور می تواند موجب افزایش تولید شود. به علت اینکه قدرت استفاده از تکنولوژیهای نوین در پرورش آبزیان در سیستمهای سنتی محدود است افزایش رکوردی بوجود نخواهد آمد کما اینکه در پرورش قزل آلا از اوائل دهه ۴۰ تاکنون بین ۱۵ تا ۳۰ کیلوگرم در هر متر مکعب در سال نوسان تولید بوده و گهگاهی رکود ۴۰ کیلوگرم در متر مربع هم به ثبت رسیده است. استفاده از تکنولوژیهای نوین در محیط های محصور آبزی پروری تنها راه حل ازدیاد تولید می باشد.

پرورش آبزیان با سیستمهای نوین: در اینگونه سیستمها تکنولوژیهای مختلف برای افزایش راندمان بکار گرفته می شوند و در صورتیکه پرورش دهندگان با اینگونه سیستمها آشنائی کافی داشته و یا خدمت رسانی منظمی برقرار باشد می توان به اثر بخشی استفاده از فنآوریهای نو اطمینان حاصل کرد به گونه ای که ماهی قزل آلا با استفاده از این فنآوریها تا ۱۳۵ کیلوگرم در هرمتر مکعب پرورش داده می شود. هرچند تولید فیلتر دانه ای به خاطر کاهش مصرف برق از جمله امتیازات ویژه این فیلتر است و با صرفه جوئی انرژی(energy saving) از جمله امتیازات این فیلتر می باشد که در همه جای جهان به عنوان یک ارزش مثبت مد نظر قرار دارد.

فیلتر های فیزیکی با استفاده از خواص فیزیکی مواد زائد از قبیل اندازه آنها را از آب حذف می نمایند. این نوع فیلترها نوعا مواد معلق جامد (total suspended solids) را از آب حذف می نمایند. مواد معلق جامد براثر پدیده لچینگ بین ۶۰ تا ۷۰٪ مواد محلول را نیز در خود دارند ولی کارائی فیلترهای فیزیکی در حذف این مواد ناخواسته بسیار متغیر است . در حالیکه هدف اصلی حذف ذرات زیر ۳۰ میکرون می باشد ، فیلترهای مختلف به زحمت با راندمانهای بسیار متفاوت ذرات بالای ۶۰ میکرون را حذف می نمایند. فنآوری دیگر که بدون آن نمی توان ماهی را در تراکم پرورش داد ، استفاده از بیوفیلتراسیون است. عمده کاربری فیلترهای بیولوژیک در پرورش آبزیان حذف آمونیاک است. در بیوفیلترها با استفاده از مدیا که برای رشد باکتریها ی نیتریفایر مناسب هستند ، آب را از مواد آلاینده محلول پاکسازی می نمایند. کارکرد بیوفیلتر آنقدر با اهمیت است که بنا به تعبیر برخی از متخصصین بیوفیلتر قلب سیستمهای پرورش متراکم ماهی است.

بازار فیلتراسیون جهانی چقدر بزرگ است؟

در اواخر سال ۲۰۰۷ بازار فیلتراسیون جهانی ارزشی در حدود ۴۴ بیلیون دلار داشت. این شکل شامل موادو تجهیزات، مدیا و بعد از فروش است. در حدود ۲۱.۷ بیلیون دلار به مدیا نسبت داده می شود. در حدود ٪۲۷ از این مقدار به مدیای بی بافت نسبت داده می شود.( ۵.۸۶ بیلیون دلار)

نرخ رشد میانگین برای کل بازار مدیای فیلتراسیون ٪ ۵.۶ است. بطور قابل توجهی در بعضی از قسمت های دنیا نرخ رشد بالاتری وجود دارد.

میزان مدیای فیلتر چقدر است؟ آیا استانداردی وجود دارد؟

در حال حاضر تولید کننده ها مدیای خود را تست می کنند. روش تصدیق شده استاندارد از میزان فیلتر کردن یا راندمان ، عبور دادن ذرات از اندازه مشخص از میان فیلتر می باشد. تعداد ذراتی که قبل از عبور از فیلتر وجود داشتند و سپس تعدادی از آنها که عبور کردند از فیلتر مشخص شود.این تفاوت نرخ بتا نامیده می شود. هر چه تعداد ذراتی که فیلتر نگه می دارد افزوده شوند عدد بتا بالا می رود.

برخی از فیلترهای HEPA و ULPA با استفاده از تست DOP[۱] بررسی و مقایسه می شوند که ماده ای قابل احتراق ، غیر سمی ، بدون رنگ ، مایع روغنی که داغ می شود.

فیلترهای ULPA[۲] برای ذرات ۳ میکرون راندمان ٪۹۹.۹۹۹ داشته باشند مدیای فیلتر HEPA[۳] برای حذف ذرات ۰.۳ میکرون راندمان ٪۹۹.۹۷ دارد.

## ۱-۱-فیلتراسیون(Filtration)

یک فرآیند مکانیکی یا فیزیکی است که طی آن مواد معلق جامد از سیال (مایع یا گاز) جداسازی می‌شوند. اساس جداسازی در این روش اختلاف در اندازه ذرات جامد و سیال و استفاده از نیروی خارجی برای عبور مواد از یک غشاء است. روش‌ها و دستگاه‌های بسیاری در صنایع مختلف و با ویژگی‌های خاص برای جدا سازی مواد مختلف وجود دارد. غشاءمدیای فیلتر نامیده می شود. وسیله ای که مدیارا نگهداری می کند و فضایی که برای جمع آوری مواد جامد ایجاد می کند، فیلتر نامیده می شود (شکل شماره یک ).

فرایندهای فیلتراسیون را برای حذف آلودگی ها و مواد زائد بکار می بریم. آلودگی ها می تواند مواد جامد، نیمه جامد یا حتی مایع و ذرات هوا باشد. آلودگی های جامد ممکن است بعلت تجزیه قطعات خودرو به داخل روغن رفته باشد. آلودگی های هوازی ها ممکن است باعث سردرد شود.

---

[۱] دی اکتیل فتالات (DI OCTYL PHTHALATE)

[۲] هوایی با قابلیت نفوذ بسیار پایین-ultra low penetration air

[۳] راندمان بالای ذرات هوا High Efficiency Particulate Arrestance

مثال های دیگر از آلودگی ها عبارتند از : باکتری/ میکرو ارگانیسم ها / ویروس ها ، تنباکوی سیگار ، کپک ، هاگ گیاهان ، کرم خاکی ، خاک اره ، مواد شیمیایی داخل آب ، دود دودکش های صنعتی، بخار موتور خودرو، دانه گرده و اسپری رنگ.

در تمام ابعاد زندگی از فیلترهای مختلف استفاده می شود از جمله :

در خانه : استخر شنا – جارو برقی –لباسشویی – فن خروجی هوا – اجاق – هواساز .

در غذا و نوشیدنی ها :آب معدنی –روغن های پخت و پز و خوراکی – شربت ها – قهوه – چای کیسه ای و غیره

در بهداشت آب : نمک زدایی – ورودی ها آب

در صنعت خمیر و کاغذ : آب فیلتر شده برای رنگ بری ، خمیر کردن و شستشو.

در دارو سازی : رشد و پروراندن مدیا – واکسن – درمان های دهان

در بیمارستان / پزشکی : ماسک صورت – دستگاه تنفس مصنوعی

در بدن انسان : هر روز گلومرول در کلیه ها در حدود ۲ لیتر از مواد اضافی و آب را از خون شما تصفیه می کند و تبدیل به ادرار می کند.

در اقدامی مشابه ، جگر (ارگانی که در بدن انسان بسختی کار میکند.) همچنین ویروس ها، توکسین ها، باکتری ها و سموم را از خون تصفیه می کند و آنها در ادرار از بین می برد.

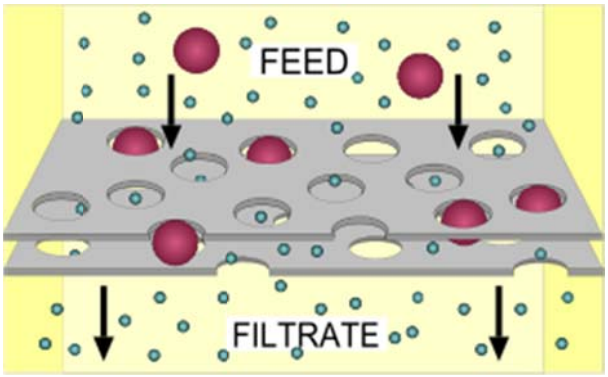
## ۲-۱- مدیا فیلتر چیست ؟

مدیا در فیلتر مکانیسمی فیزیکی است که برای پاک کردن آلودگی ها از هوا یا مایع بکار میرود. ساختار مدیا و ترکیب فیلتر ، مشخصات راندمان حذف آلودگی ها ، گنجایش آلودگی آن (چه مقدار آلودگی را می تواند نگه دارد) و افت فشار را (مقاومت / سرعت جریان از میان فیلتر) را مشخص می کند. مقادیر مختلف راندمان ، گنجایش و افت فشار سطح کارائی فیلتر را مشخص خواهد کرد. گزینه های مدیای فیلتر بی حد است. دامنه آنها از ماسه ، پلاستیک ها با روزنه های میکرونی ، پارچه های نخی ، کاغذ های ریزریز شده ، ٪۱۰۰ سلولزی یا فیبرهای ٪۱۰۰ مصنوعی و ترکیب نخ و مواد سنتتیک هستند. طول عمر های بسیار مختلفی دارند. طول عمر فیلتر قهوه حداکثر چند دقیقه است .فیلترهای استخر شنا ممکن است بیشتر از یک سال یا بیشتر باشد.

بطور کلی فیلترها برای سه نوع جدا سازی مواد به شرح زیر مورد استفاده قرار می گیرند:

- جداسازی جامد – گاز ( هوا) ( جداسازی غبار یا دیگر ذرات از سیال های گازی. فیلترهای خانگی مثال خوبی از این جداسازی هستند.)
- جداسازی جامد – مایع ( جداسازی ذرات جامد یا نیمه جامد از مایع. فیلترهای آب آشامیدنی مثال خوبی از این جداسازی هستند.)

- جداسازی جامد – جامد (۲ طبقه بندی آخر به تجهیزات خاصی نیاز دارد و به مدیای بی بافت وابسته نیست. دو مثال از این جداسازی می تواند ماسه از شن و خامه از شیر باشد.




**شکل ۱ : فرآیند فیلتراسیون**

## ۳-۱-جداسازی

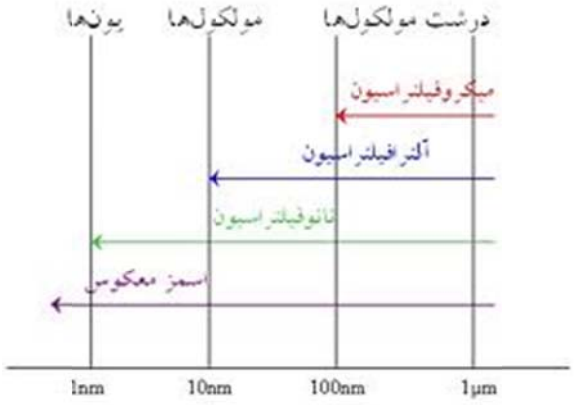
یکی از شاخه‌های اصلی شیمی تجزیه و مهندسی شیمی است. سه شاخه مهم دیگر در شیمی تجزیه الکتروشیمی، طیف‌سنجی و به تازگی کمومتریکس است. در جداسازی شیمی تجزیه، به روشهای گوناگونی بافت شیمی تجزیه و آنالیت را از هم جدا می‌کنند.

## ۱-۳-۱- فرآیندهای جداسازی

جذب • استخراج اسید–باز • جذب سطحی • کروماتوگرافی • فیلتراسیون با جریان متقاطع • تبلور • سیکلون • دیالیز • Dissolved air flotation • تقطیر • خشک کردن • خشک‌کردن انجمادی • الکتروکروماتوگرافی • الکتروفیلتریزاسیون • فیلتراسیون • دفلوکولانت • شناورسازی کف • جداسازی گرانشی • لیچینگ • استخراج مایع–مایع • میکروفیلتراسیون • اسمز • لخته سازی • تبلور مجدد • اسمز معکوس • ته‌نشینی • استخراج فاز جامد • تصعید • اولترافیلتراسیون ( شکل شماره ۲)

## ۲-۳-۱- دستگاه‌های جدا سازی

جداکننده آب–روغن ای پی آی • فیلتر تسمه‌ای • سانتریفوژ • Depth filter • فیلتر الکترواستاتیک • تبخیر کننده • فیلتر فشاری • برج تقطیر • مخلوط –ته نشین ساز• رویه‌گیر • فیلتر خلا با استوانه دوار • Scrubber • Spinning cone • Still • دستگاه تصعید




**شکل ۲ : مقایسه مفاهیم مختلف فیلتراسیون از نظر عملکرد**

## ۳-۳-۱- روشهای فیزیکی و شیمیایی جداسازی

روشهای گوناگونی وجود دارد. تعدادی از آنها عبارتند از:

### تقطیر

تقطیر نام روشهایی است که بر اساس تفاوت در توزیع ماده بر اساس فشار بخار در فاز بخار و مایع، دو یا چند ماده را از هم جدا می‌کنند. به روشهای مختلفی چون تقطیر ساده، تقطیر در خلا، تقطیر جزء به جزء، تقطیراستخراجی، تقطیر آزئوتروپی و تقطیر با بخار آب صورت می‌گیرد.

### استخراج

استخراج یکی از قدیمیترین روشهای جداسازی می‌باشد. استخراج کافئین از برگ چای نمونه‌ای از استخراج است. در استخراج اساس کار بر توزیع ماده میان دو (و اخیرا سه) فاز است. استخراج مایع – مایع، استخراج با جاذب، ریزاستخراج با فاز جامد و قطره تعدادی ازاین روشهاست.

### کروماتوگرافی

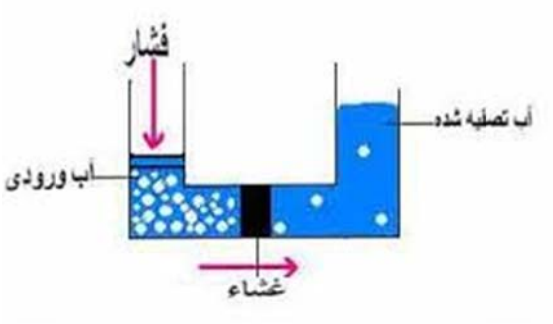
کورماتوگرافی یکی از قدرتمندترین روشهای کنونی جداسازی است. در این روش یک فاز متحرک و یک فاز ساکن وجود دارد. ماده میان دو فاز توزیع می‌شود و به مرور زمان در بستر کروماتورگرافی یا ستون کروماتوگرافی حرکت می‌کند تا به آشکارساز برسد. تعداد روشهای کروماتوگرافی بسیار زیاد است. چند نمونه از انها عبارتند از کروماتوگرافی گازی، کروماتوگرافی مایع، کروماتوگرافی کاغذی.

### الکتروفورز

الکتروفورز بیشتر برای نمونه‌های بیوشیمی کاربرد دارد و بر اساس اعمال پتانسیل الکتریکی و و تفاوت در سرعت حرکت یونها استوار است.

## میکروفیلتراسیون

میکروفیلتراسیون یکی از فرایندهای مهم غشایی می‌باشد که نیروی محرکه آن اختلاف فشار است. این روش برای جداسازی ذرات ۰/۲ الی ۲۰ میکرون به کار می‌رود.دراین روش معمولاً مواد معلق کلوئیدی جدا می‌شود و مواد حل شده و ذرات ماکرو مولکول عبور می‌کند. از این روش برای جداسازی باکتریها، مواد معلق و مواد پلیمری استفاده می‌شود (شکل شماره ۳).

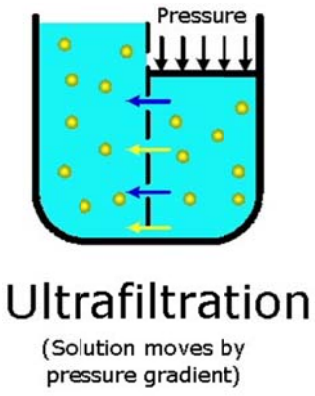



**شکل ۳ : میکروفیلتراسیون**

## فراپالایش (اولترافیلتراسیون)

تراوش از فیلتری که قادر است ذرات بسیار ریز (اولترامیکروسکوپیک) را از خود عبور دهد را فراپالایش یا اولترافیلتراسیون (Ultrafiltration) می‌نامند.

فراپالایش با بهره‌گیری از غشاها انجام می‌شود و از این نوع غشا برای جداسازی ماکروملکول‌هایی با اندازه ۲۰ تا ۱۰۰۰ آنگستروم استفاده می‌شود. تمام نمک‌های حل شده و مولکول‌های کوچکتر از این محدوده از غشا عبور می‌کنند. در این روش جداسازی کلوئیدها، پروتئین‌ها، مواد میکروبی بیماری زاو مولکول‌های آلی بزرگ که وزن مولکولی آن بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ است انجام می‌شود(شکل شماره ۴).




**شکل ۴: اولترافیلتراسیون**

بطور کلی محلول‌هایی که در پشت غشاها جریان می‌یابند، مواد برگشتی یا "فاز ماندگار" نامیده می‌شوند. آنچه از آن عبور می‌نماید، تراویده یا "فاز عبوری" هستند. ازجمله کاربردهای رایج فراپالایش (UF)، استفاده از آن برای تغلیظ شیر به منظور تولید پنیر می‌باشد. پروتئین تغلیظ شده آب پنیر که با استفاده از فرایند فراپالایش از آب پنیر تولید می‌شوند با درصدهای مختلف پروتئین، دارای خواص کاربردی زیادی می‌باشند. این خواص، استفاده از کنسانتره‌های پروتئینی آب پنیر را در فرمولاسیون فراورده‌های غذایی مقدور می‌سازد. ارزش تغذیه‌ای محصول نیز با استفاده از این روش بهبود می‌یابد، زیرا پروتئین‌های آب پنیر، درون بافت پنیر حفظ می‌شوند.

نانوفیلتراسیون(Nanofiltration)

نانوفیلتراسیون فیلتراسیونی است که درآن از غشاء هائی درابعادنانواستفاده می شود.این روش برای جداسازی ذرات بسیار کوچک مانند جداسازی آلودگی های آلی از آب مناسب است.همچنین در صنایع لبنی نیر این گونه فیلترها کارایی دارد (شکل شماره ۵).

**شکل شماره ۵: نانو فیلتراسیون**

### ۴-۳-۱- اسمز معکوس(Reverse Osmosis)

اسمز معکوس فرایندی است که در آن از فشار برای معکوس نمودن جریان اسمزی آب از درون یک غشای نیمه‌تراوا استفاده می‌شود. اگر یک غشای نیمه‌تراوا بین دو محلول آب خالص و آب ناخالص قرار گیرد آب بطور طبیعی و تحت خاصیت اسمزی از غلظت پایین تر به غلظت بالاتر جریان می‌یابد. این پدیده تا زمانی که پتانسیل‌های شیمیایی دو طرف برابر گردند ادامه خواهد یافت. در حالت تعادل اختلاف فشار بین دو طرف غشا برابر اختلاف فشار اسمزی است. اگر فشاری برابر با اختلاف فشار اسمزی به محلول غلیظ‌تر اعمال گردد جریان آب قطع خواهد شد. در صورتیکه فشار اعمال شده بیشتر از فشار اسمزی باشد جهت جریان طبیعی آب معکوس خواهد گردید.

در این روش آب با فشار از میان غشایی گذرانده می‌شوند که نیترات و سایر مواد معدنی را فیلتر می‌کند. نیم تا دو سوم آب پشت این غشا باقی می‌ماند که به عنوان آب پسمانده دور ریخته می‌شود. سیستم‌های اسمز معکوس با کارآیی بالا از فشارهای در حد یک میلیون پاسکال استفاده می‌کنند.

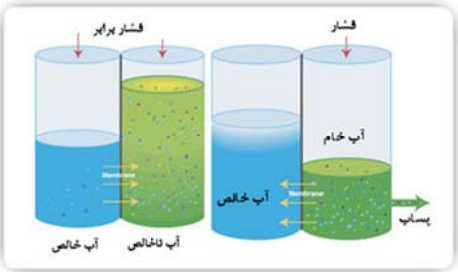
همچنین بهترین روش نمک زدائی از آبهای لب شور استفاده از فرایناسمز معکوس می‌باشد، زیرا سیستم پیچیدهای نداشته و راهبری آن قابل کنترلتر از دیگر روشها می‌باشد و با توجه به توسعه روشهای پیشرفته تولید غشاهای پلیمری، به کارگیری این روش توجیه بیشتری دارد.

صنایع امروز برای تصفیه آب مورد استفاده در بخشهای تولید بخار و فرایند خود از سیستم اسمز معکوس استفاده فراوانی می‌برند. اساس کار این دستگاهها بر عبور ملکولهای غیریونی مثل آب از یک غشاء با روزنه‌های بسیار ریز بنا شده است. این غشاءها به صورتی ساخته شده‌اند که ملکولهای خنثی را براحتی از خود عبور می‌دهند. به همین دلیل آب ورودی به سیستم، که دارای املاح مختلف است به آب تقریباً خالص تبدیل می‌گردد. در سیستم اسمز معکوس، جریان ورودی یا خوراک (Feed) به دو جریان آب تصفیه شده (Permeate) و پساب غلیظ (Reject) یا (Brine) تبدیل می‌شود.

### ۱-۴-۳-۱- اساس کار اسمز معکوس

فرض کنید دو ظرف، یکی حاوی آب نمک (۱) ودیگری حاوی آب خالص (۲) توسط یک لوله به یکدیگر متصل بوده وهر دو دارای ارتفاع مساوی از آب و در یک سطح قرار داشته باشند. جهت برقراری تعادل در غلظت یونهای سدیم و کلراید از ظرف آب نمک، یونهای نمک به صورت نفوذ مولکولی به ظرف آب خالص انتقال یافته تا تعادل غلظت بین هر دو ظرف برقرار گردد. اما اگر بین این دو ظرف و در مسیر جریان آب یک غشاء قرار گیرد که فقط اجازه دهد مولکولهای آب از آن عبور کنند، یونهای نمک اجازه عبور نخواهند داشت. لذا برای برقراری تعادل در غلظت، آب خالص از ظرف شماره (۲) به ظرف شماره (۱) انتقال می‌یابد و این عمل تا آنجا ادامه می‌یابد که افزایش ارتفاع حاصله در ظرف آب نمک، فشار مضاعف ایجاد کرده و اجازه انتقال آب از ظرف شماره (۲) به ظرف شماره (۱) را ندهد. این فشار را فشار اسمزی می گویند و طبق قانون Vant Hoff تابعی از غلظت نمک در هر دو ظرف غشاء می باشد( شکل شماره ۶).

در سیستم اسمز معکوس غشاء مهمترین و حساسترین قسمت دستگاه می‌باشد. زیرا فشار عملیاتی مورد نیاز ارتباط مستقیم با ضخامت غشاء و قطر سوراخهای آن دارد. همچنین غشاء به علت تماس مداوم با مواد شیمیایی افزوده شده به آب، بایستی مقاوم بوده و با مواد بازدارنده و ضد رسوب گذار و زیست کشها (Biocides) واکنش ندهد.




**شکل شماره ۶ : اسمز معکوس**

**عوامل مؤثر در مقایسه غشاءها عبارتند از:**

قطر سوراخ‌ها، ضخامت، مقاومت در مقابل مواد شیمیایی، قیمت، افت فشار، شرکت سازنده.

سعی می‌شود آب قبل از ورود به دستگاه اسمز معکوس، حتماً تصفیه مقدماتی گردد. ولی با این حال لازم است پیش از انتخاب غشاء عملیات پایلوتی صورت پذیرد. به علت کیفیت بسیار عالی آب خروجی از سیستم اسمز معکوس امروزه بیشتر صنایع از این روش، بجای بکارگیری سیتمهای تعویض یونی استفاده می‌کنند. زیرا مبادله کننده‌های یونی به علت مصرف زیاد مواد شیمیایی و رزین، دارای هزینه راهبری و نگهداری زیادی می‌باشند.

## ۴-۱-فیلتراسیون در شیلات

فیلتراسیون در صنایع شیلاتی را می توان به دودسته عمده تقسیم نمود:

فیلتراسیون در صنایع تولید غذای آبزیان، کنسروسازی، صنایع بسته بندی شیلاتی و غیر آن که در چهارچوب صنایع تبدیلی قرار می گیرد و موضوع بحث آن از این گزارش بطور کلی مجزا است.

فیلتراسیون در تکثیر و پرورش آبزیان که میتواند استخرهای گرم آبی، سرد آبی و سیستمهای مدار بسته اعم از آب شور و شیرین را در بر گیرد که موضوع این گزارش می باشند.این بعد از تصفیه شیلاتی به مقدار بسیار زیادی باتصفیه در صنایع آب و فاضلاب مشترک و در بعضی ابعاد هم با آن تفاوت دارد.

تشابه و افتراق سیستمهای تصفیه شیلاتی با تصفیه در آب و فاضلاب

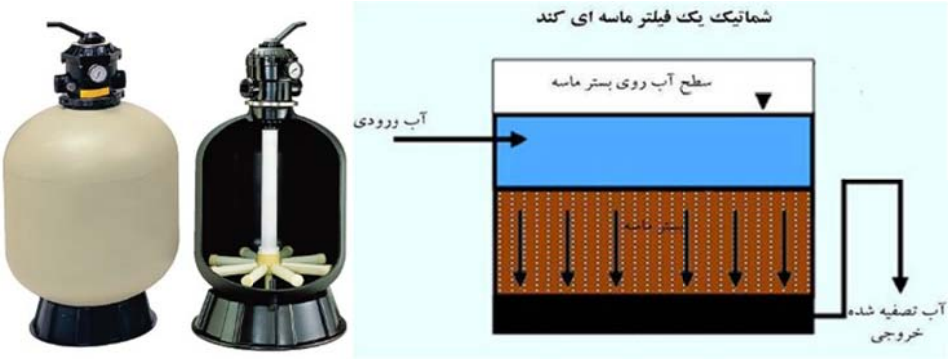
تفاوت در استانداردها

تفاوت در بار میکروبی

تفاوت در زمان ماند آب

فیلترهای فیزیکی شیلاتی عبارتند از : (اشکال ۶ ،۷ ، ۸ و ۹)

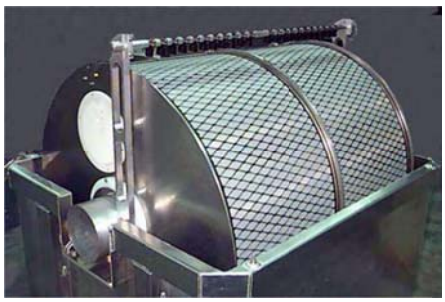
فیلتر ماسه ای کند و تند[۴]




**شکل ۶ : فیلترهای ماسه ای کند و تند**

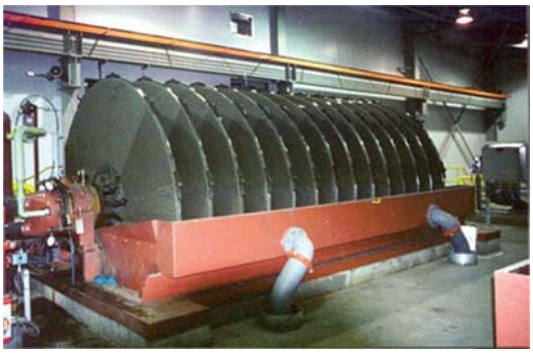
Drum Filter

[4] Sand Filter



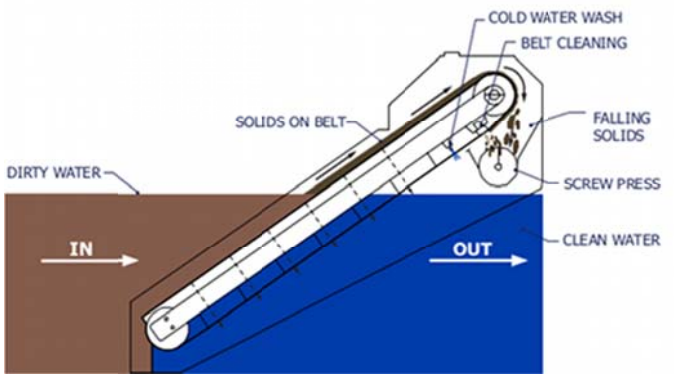
**شکل ۷ : درام فیلتر**

**Disc Filter**



**شکل شماره ۸ : دیسک فیلتر**

**Belt Filter**




**شکل ۹ : بلت فیلتر**

### ۴-۴-۱- بیوفیلتراسیون

روشی برای تصفیه آلودگی‌های هوا و آب می‌باشد که در آن از موجودات زنده برای تبدیل آلاینده‌ها استفاده می‌شود.

### بیوفیلتراسیون هوا :

بیوفیلترها رآکتورهایی با بستر پرشده می‌باشند که میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده روی بستر آنها قرار می گیرند. دراین روش آلاینده گازی با عبور از این بستر متخلخل بیولوژیکی تصفیه می‌شود. استفاده از بیوفیلتر

برای کنترل انتشار ترکیبات آلی فرار یک تکنولوژی ابداعی و جدید است که در دهه گذشته مقبولیت یافته‌است. اساساً جریانی از گاز آلوده که دارای غلظت کمی از مواد قابل تجزیه بیولوژیک و ترکیبات نسبتاً محلول در آب باشد، جهت بیوفیلتراسیون مناسب است. این روش در مقایسه با روش‌های متداول کنترل آلاینده‌های هوا بسیار اقتصادی تر بوده و در صورتیکه به نحو مطلوب انجام شود، کاهش آلاینده‌ها در بیشتر مواقع بیش از ۹۵ درصد خواهد بود. علاوه بر این، بیوفیلتراسیون آلاینده‌های ثانویه ایجاد نمی‌کند.

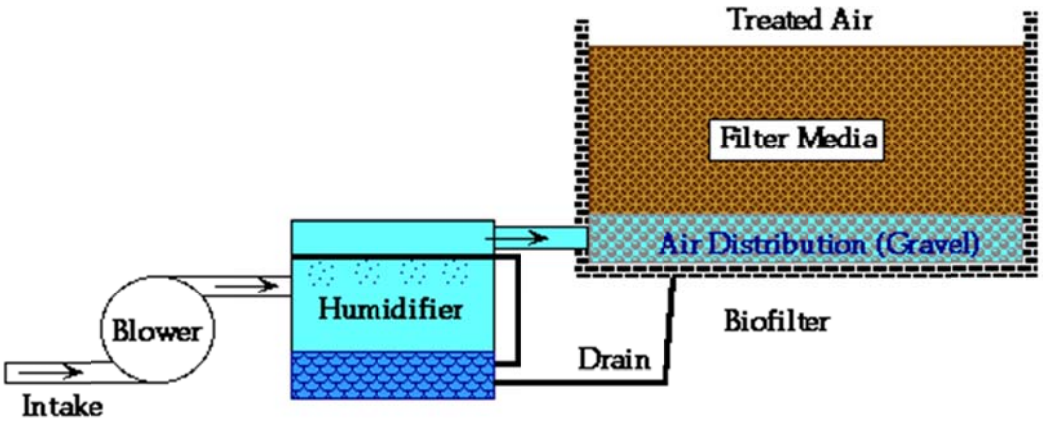
**مکانیسم عمل :**

در بیوفیلتراسیون از میکروارگانیسم‌هایی برای تصفیه گاز آلاینده استفاده می کنند که می تواند به کاهش یا تصفیه این ترکیبات در هوای خروجی از دودکش‌های صنایع آلوده کننده کمک کند. ماده آلایند جذب فاز مایع می‌گردد که حاوی میکروارگانیسم‌های فعال می‌باشد. این گروه از میکروارگانیسم‌های سازگار شده و تخصص‌یافته ماده آلایند را تجزیه می‌کنند و از انرژی ناشی از شکست این ترکیبات برای تکثیر و فعل و انفعالات متابولیک خود استفاده می‌نمایند. محصول واکنش میکروبی عمدتاً $CO_2$، آب و بیومس می‌باشد، در این روش ماده آلاینده ممکن است آلی یا غیر آلی باشد. در این روش مواد شیمیایی مضر در فاضلاب‌ها بوسیله موجودات زنده حذف می‌شوند. فیلترهای زیستی برای اولین بار در سال ۱۸۹۳ در انگلیس معرفی شد. در آن زمان از این روش برای تصفیه فاضلاب استفاده می‌شد. هم اکنون در اروپا از سیستم‌های بیولوژیک در صنایع آشامیدنی استفاده می‌گردد. همچنین می‌توان از این روشها در افزایش کیفیت آب‌های مورد استفاده در صنایع آبزی‌پروری استفاده گردد.

## کنترل آلودگی هوا

در روش فیلتراسیون زیستی از میکروارگانیسم‌ها برای حذف آلودگی هوا استفاده می‌شود ( شکل شماره ۱۰) هوا از یک بستر محدود عبور می‌کند و در این زمان آلودگی همراه هوا به زیست پوشش روی این سطح متصل می‌گردد. باکتری‌ها و قارچهایی که بر روی این سطوح تثبیت شده‌اند آلودگی‌های همراه هوا را تجزیه می‌کنند. فیلترهای قطره‌ای زیستی (Biotrickling filter) و فیلترهای شستشو دهنده بر اساس فعالیت باکتری‌های تثبیت شده بر سطح پوشش فیلتر عمل می‌کند. بیشترین کاربرد این تکنولوژی در تیمار مواد و ترکیبات بدبو و مواد آلی فرار محلول در آب است. در صنایع غذایی، علوم دامی، داروسازی، صنایع تبدیل محصولات چوبی و رنگی و پوشش‌ها این روش جایگاه خود را یافته است. پساب این کارخانجات دارای مخلوطی از مواد آلی فرار محلول در آب و مواد دارای هیدروژن سولفید است. تیمار هوا با این روش نیازمند سطح زیادی است تا توانایی پاسخ گویی به حجم بالای هوای آلوده را داشته باشد. این واقعیت لزوم بازنگری در این روش را نشان می‌دهد. دانشمندان از سال ۱۹۹۰ بر روی طراحی هرچه کوچکتر این تجهیزات تحقیق می‌کنند. یکی از چالشهای

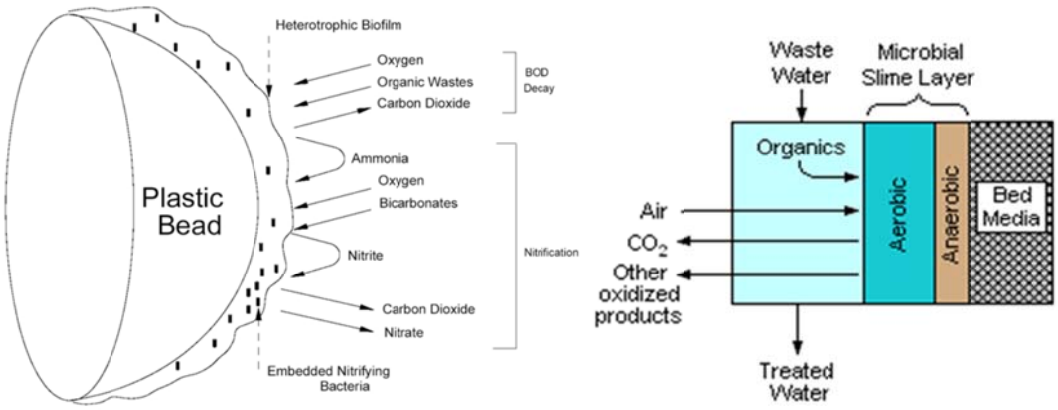
پیش‌روی طراحی این سیستم، کنترل و نگهداری میزان مناسب رطوبت در کل سیستم است. معمولاً قبل از ورود هوا به این سیستم، عمل افزایش رطوبت بوسیله افشانه‌ها، محفظه تزریق رطوبت، سیستم فیلتر شست‌وشو انجام می‌شود. سیستم‌های فیلترهای زیستی و اکسیداسیون زیستی روشهای مقرون به صرفه‌ای هستند که ضایعات را در مدت زمان مناسبی تجزیه می‌کنند. این روشها آلودگی ثانویه (همانند تولید دی اکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن ناشی از سوزاندن زباله‌ها) ندارند. بازیابی بخشی از آب مورد استفاده در این روشها هزینه فرایند را کاهش می‌دهد. بخش دیگری از آب مورد استفاده در این سیستم‌ها نیز برای آبیاری مزارع اطراف این واحدها استفاده می‌شود. در این آب هرچند میزان اکسیژن زیست-شیمیایی بالا است اما این میزان مورد تایید سازمانهای نظارتی است.




**شکل ۱۰ : نمائی از بیوفیلتراسیون هوا**

### ۵-۴-۱- بیوفیلتراسیون آب

یک فیلتر زیستی آبی از محفظه‌ای تشکیل شده است که درون آن سطوحی تعبیه شده است که بر روی آن سطوح میکروارگانیسم‌های مورد استفاده در این روشها بر روی آن تثبیت شده‌اند. با رشد این ریزموجودات یک لایه نازک از پوشش زیستی بر روی این سطوح ایجاد می‌گردد ( شکل ۱۱) . به طور عادی یک زیست پوشش از مجموعه ریزموجودات که شامل باکتری‌ها و قارچ‌ها هستند و همچنین از پروتوزئا، کرم‌ها و لارو حشرات تشکیل شده است که ماهیتی لزج و مرطوب دارد. مواد آلی همراه آب به درون این زیست پوشش انتشار می‌یابند و در این محل تجزیه می‌شوند. اغلب تجزیه زیستی توسط ریزموجودات هوازی صورت می‌گیرد. یعنی این ریزموجودات برای رشد و فعالیت خود به اکسیژن هوا احتیاج دارند. این اکسیژن مورد نیاز به دو طریق طبیعی (انتشار از اتمسفر) و مکانیکی از طریق دمنده‌های مکانیکی وارد محیط واکنش می‌گردد. ریز موجودات اصلی ترین اجزا این سیستم هستند. سایر عوامل مهم در این فرایند شامل: دمای فرایند، ترکیب مواد ورودی، نوع ریزموجودات، میزان مواد اولیه ورودی، طول عمر کارکرد فیلتر و میزان هوادهی است.




**شکل شماره ۱۱: نمائی ازپوشش سطح دانه ها**

### ۶-۴-۱- انواع محیط واکنش

اساساً تجزیه در یک روش زیستی بر روی یک سطح سخت و یا جلبک‌های فعال صورت می‌پذیرد. با این حال امروزه محیط واکنش دراین فرایند را به دو دسته کلی تقسیم می‌کنند. مواد آلی مثل چوب، زغال سنگ، کک و کامپوست و مواد غیرآلی که شامل شن، مواد پلاستیکی و شیشه است.

### ویژگی‌های این سیستم

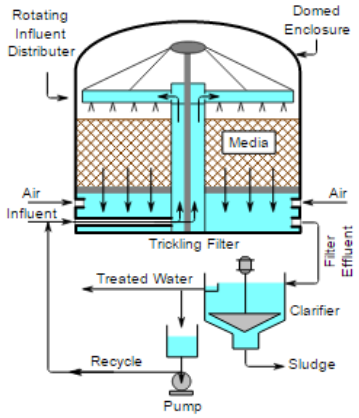
هرچند فیلترهای زیستی دارای ساختاری ساده هستند، اما بیولوژی زیستی و دینامیک درون آنها پیچیده و متنوع است. ساختار این فیلترها به گونه‌ای است که ریزموجودات در برابر شرایط بیرونی محافظت شده و رشد آنها در محیطی کنترل شده انجام می‌گردد. هزینه عملیاتی این روش کم است. عیب عمده در این فیلترها تجمعات زیست توده و ومواد وارده می‌باشد که از دبی خروجی می‌کاهد. برای حل این مشکل می‌توان روشهای فیزیکی و شیمیایی متناسب با نوع کاربرد این روشها استفاده کرد. یکی از راهکارها می‌توان به شست‌وشوی معکوس در این فیلترها اشاره کرد که تجمعات حاصل را از سطوح جدا کرده و به بیرون سیستم هدایت می‌کند. از روشهای شیمیایی نیز می‌توان به به استفاده از ازون و پراکسیدها اشاره کرد.

### ۷-۴-۱- کاربردهای بیوفیلتر

### آب آشامیدنی

از این روش برای افزایش کیفیت آب آشامیدنی نیز استفاده می‌گردد. در شرایط بهینه (کدورت کم و اکسیژن بالا) ریزموجودات مواد درون آب را می‌شکنند و از این طریق کیفیت آب را افزایش می‌دهند. از ذغال فعال و فیلترهای شنی برای تثبیت ریزموجودات با هدف استفاده در این صنعت استفاده می‌شود. این دسته از فرایندهای

بیولوژیک قادر است تا طیف زیادی از بیماری‌های با منشا آب، کربن محلول در آب و کدورت آب را کاهش دهد. بنابراین با بهره‌گیری از این روش در این صنایع آبی با کیفیت بالاتر حاصل می‌شود (شکل شماره ۱۲).



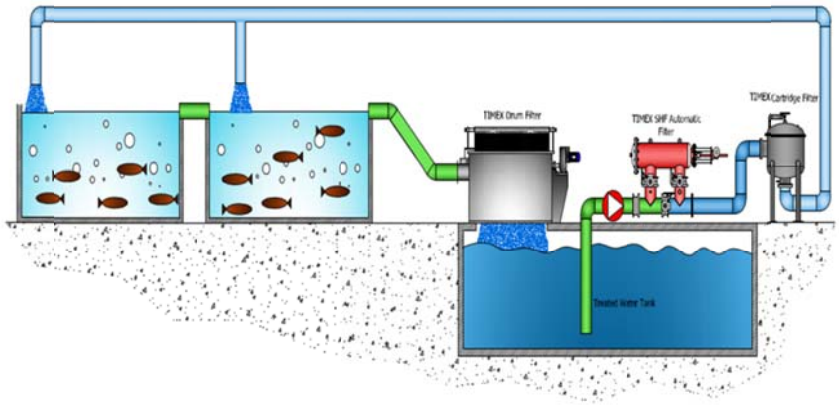

**شکل ۱۲: استفاده از فیلتر در آب آشامیدنی**

## پساب‌ها و فاضلاب ها

فیلترهای زیستی برای کارخانجات لبنیاتی، فراورده‌های دامی و فاضلاب‌های شهری کاربرد زیادی دارد. این روشها قابلیت تطبیق با حجم کم تا حجم‌های بسیار زیاد از مواد اولیه را دارا می‌باشد.

## صنعت آبزی پروری

در صنعت پروش آبزیان از این فیلترها برای تصفیه آبهای بازگردانی شده که قبلاً استفاده شده‌اند، بهره برده می‌شود تا با این کار از مصرف بیش از حد آب در این صنایع جلوگیری شود. آب در صنایع آبزی پروری دارای آمونیاک بالایی است که با استفاده از سیستم بیولوژیکی آمونیاک به مواد با سمیت کمتری تبدیل می‌شود. به این فرایند، نیتروفیکاسیون گویند. دراین فرایند باکتریهای گونه نیتروزوموناس و در ادامه نیترو باکترها نقش دارند. این فرایند به اکسیژن نیاز دارد. همچنین در اثر این فرایند یون هیدروژن ایجاد می‌گردد که pH محیط را کاهش می‌دهد. بنابراین برای بهره‌گیری از این روش باید از بافر در محیط واکنش استفاده گردد( شکل شماره ۱۳).



**شکل ۱۳: استفاده از فیلتر در پرورش ماهی**

## برخی اصطلاحات ضروری

زمان ماند جامدات = SRT (solids residence time)

زمان باقیماندن مجموعه سلولی=MCRT( mean cell residence time)

بیوفیلترهای دانه ای قابل انبساط

EGBs(expandable granular biofilters)

فیلترهای دانه ای با شستشوی حبابی

BBF(bubble washed bead filter)

مدیای کم تراکم ساکن = SLDM(Static Low Density Media)

cBOD = Carbonaceous biochemical oxygen demand روشی است که در طی آن حذف اکسیژن محلول بوسیله باکتریها در حجم آب اندازه گیری می شود.در طی این پروسه توقف فعالیت باکتریهای نیتروژنه مورد سنجش قرار می گیرد . cBOD معیار حذف آلودگی از فاضلاب است.

Check valve= سوپاپ یکطرفه – شیر یکطرفه ، شیر تنظیم

### ۸-۴-۱-فیلترهای تلفیقی

واقعیت این است که به خاطر ماهیت و ویژگیهائی خاصی که سیستم های پرورش ماهی دارند، فیلتراسیون در اینگونه سیستم ها متفاوت از سایر حوزه های تصفیه هستند که می توان به اهم آنها اشاره داشت:

به خاطر پرهیز از انتقال و شیوع بیماریها واحدهای پرورش ماهی مستقل از هم عمل می کنند.

پراکندگی جغرافیائی واحدهای پرورش ماهی بسیار زیاد است و به همین دلیل فیلتراسیون در آنها طبق گونه ماهی پرورشی و اقلیم جغرافیائی آنها متفاوت خواهد بود.

صرفه جوئی در مصرف انرژی energy saving در واحدهای پرورش ماهی بسیار تعیین کننده است.

زمان ماند در سیستم های پرورش ماهی بسیار متفاوت از سایر سیستم هاست

در پرورش ماهی آب استریل جایگاهی نداشته و همراه باید آب حاوی باکتریها و سایر آغازیان مفید باشد.

به خاط نکات فوق در پرورش ماهی سعی می شود حجم و اندازه فیلتراسیون حتی الامکان کاهش یابد. کاهش حجمی فیلتراسیون می تواند از طریق روشهای زیر عملیاتی گردد:

فیلتر های فیزیکی و بیوفیلترهای کاراتر مورد استفاده قرار گیرند.

مدیای با سطح نشست باکتریائی بیشتر مورد استفاده قرار گیرند تا در نتیجه حجم بیوفیلتراسیون کاهش یابد.

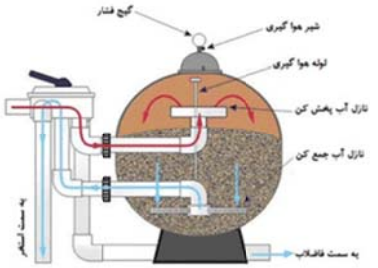
روشهای فیلتراسیون از طبیعت ماهیان پرورشی الگو گیرد.

از فیلتراسیون شیمیائی استفاده گردد تا سطح فیلتر کاهش یابد.

فیلتراسیون فیزیکی و شیمیائی با یکدیگر ادغام گردد.

تحقیقاتی که در تصفیه فیزیکی و بیوفیلتری شیلاتی در جهان انجام می گیرد همگی بر اساس این استراتژی کلی استوار است و تاکنون اقدامات موثری انجام گرفته است که از جمله آنها می توان به موارد زیر اشاره نمود:

فیلترهای شنی اصلاح شده تحت فشار که این گونه فیلترها را برای تصفیه فیزیکی و بیوفیلتری همزمان مورد استفاده قرار می دهند ( شکل ۱۴).



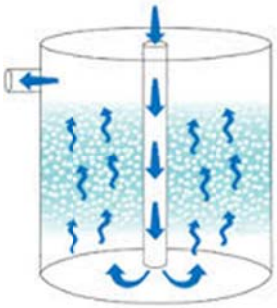

**شکل ۱۴ : فیلتر شنی تحت فشار که کارکرد بیولوژیک هم می تواند داشته باشد.**

### ۹-۴-۱- صفحات زیستی چرخنده [۵]

**شکل ۱۵ : صفحات زیستی چرخنده**

این گونه فیلترها که میزان شناوری آنها در آب به صورت درصد بیان می شود در حال حرکت چرخشی بخشی از صفحات آنها در بیرون آب قرار می گیرد و این موجب می شود که فلور باکتریائی خاصی در روی این صفحات شکل گیرد که نزدیکترین عملکرد را به طبیعت رودخانه ای پیدا نموده و در تصفیه آب بسیار موثر است ( شکل شماره ۱۵).

### ۱۰-۴-۱- بیوفیلترهای ماسه شناوری Fluidize Sand Biofilter



**شکل ۱۶: بیوفیلترهای ماسه شناوری**

[5] Rotate Biological Contactor

این گونه فیلتر با کارائی بالا و حجم نسبتا کوچک نسبت به بیوفیلترهای قدیمی تر (یک به ده) می رود تا در کنار فیلترهای دانه ای آینده صنعت شیلات را تسخیر خواهد نمود (شکل شماره ۱۶).

آخرین پدیده از این دست فیلتری فیلتر دانه ای با بک واش از طریق هوا می باشد که مکمل فیلتر FSB است. این فیلتر برای تصفیه واحدهای آبزی پروری که ابعاد کوچکتری دارند بسیار مناسب است (شکل شماره ۱۸).

**شکل ۱۸ : ساختمان و نمائی از استقرار بیوفیلتر ماسه شناوری**

## ۱۱-۴-۱- فیلترهای دانه شناوری با شستشوی هوائی

فیلترهای دانه ای ، که از مدیاهای پلاستیکی شناور بهره می گیرند از دهه ۱۹۷۰ میلادی به عنوان بیوفیلتر جهت پرورش مقدار زیادی ماهی هم به عنوان غذا و هم به عنوان صید ورزشی در آیداهوی امریکا مورد استفاده قرار می گیرند. علیرغم موفقیتها ، عملیات اولیه فیلترهای هوا شوی بطور ضعیفی فهمیده و استفاده از آنها محدود بوده است. در اواخر دهه هشتاد میلادی ، تحقیقات دانشگاه دولتی لوئیزیانا ثابت کرد که شستشوی هیدرولیکی فیلترهای دانه ای می تواند مواد جامد را کنترل نموده و نقش بیوفیلتراسیون را برای پرورش تعداد زیادی گربه ماهی ایجاد نماید. این نتایج موجب تشویق محققین در فیلتر دانه ای شد. توسعه واحدهای شستشوی مکانیکی که فشرده تر و آسان تر بر مشکلات طرحهای قبلی غلبه می نمود. مدت کوتاهی پس از آن " شستشوی حبابی" و " ساعت شنی" برای استفاده از استخرهای بیرونی مورد استفاده قرار گرفت. از ۱۹۸۹ فیلترهای دانه ای برای سیستمهای پرورش ماهی به عنوان غذا با موفقیت در پرورش تیلاپیا، گربه ماهی، بس استخوانی و قزل آلا مورد آزمایش قرار گرفت. همچنین گستره وسیعی از کاربردهای تخصصی از قبیل ماهیان زینتی، تمساح ، خرچنگ آب شیرین ، خرچنگ دریائی و اویستر مورد استفاده قرار گرفت. بید فیلترهائی که مکانیکی یا با استفاده از حباب اثر می گذارند را می توان برای تصفیه آب حوضچه های بیرونی مورد استفاده قرار داد. هر دوی این فیلترها هم از جهت شفاف سازی و هم از جهت بیوفیلترسیون کار کرد مشابهی دارند. استخرهای بزرگ می توانند توسط اینگونه فیلترها مورد استفاده قرار بگیرند. کارکرد این فیلترها در استخرهای با اندازه متوسط نیز بخوبی بررسی شده است.

نیاز به افزایش تولیدات آبزی پروری این صنعت را به سمت عملیات با تراکم بیشتر سوق می دهد. برخی از فاکتورهای که بر این روند اثر می گذارند عبارتند از : محدودیت در کمیت و کیفیت آب، قابلیت دسترسی و

هزینه زمین، محدودیت در تخلیه زهآب و فشارهای زیست محیطی. تکنولوژیهای مدار بسته آبزی پروری برای به حداقل رساندن این عوامل کمک می کنند. امکانات آبزی پروری مدار بسته .

موفقیت یا شکست سیستم های مدار بسته آبزی پروری با حذف جامدات و کاهش نیتریفیکاسیون مشخص می شود. هر چند حذف جامدات و کاهش نیتریفیکاسیون معمولا دو پدیده متوالی هستند ولی هردوی اینها در فیلترهای دانه شناوری یکجا ارزشیابی می شوند. استفاده از بید فیلترها در RAS در هچری ملی ماهی دورشاک شروع شد (Cooley 1979). در ۱۹۹۰ فیلتر دانه ای در دانشگاه ایالتی لوئیزیانا ایجاد و بررسی شد(Wimberly 1990). در اولی فیلتر با استفاده از پنوماتیک شستشو می شد در حالیکه فیلتر دانشگاه لوئیزیانا با هیدرولیک آب شسته می شد. در هردوی این فیلترها افزایش دفعات شستشو موجب افزایش نیتریفیکاسیون می گردید. این نکته اهمیت زمان ماند جامدات را مورد تاکید قرار داد. حذف جامدات نیتریفیکاسیون را نه تنها با مصرف داخلی آمونیاک و کربن انجام می دهد بلکه نهایتا با کاهش جریان از فیلتر عملی می شود. برای بسط مفهوم SRT[۶] افزایش لود داخلی موجب می شود که نیاز اکسیژنی فیلتر بالا رود، و این در حالی است که انسداد موجب کاهش نیاز اکسیژنی می گردد. در مورد اصطلاح جامدات – نیتریفیکاسیون ، تمام فیلترهای دانه ای به یک یا دو کلاس مرتبط هستند که یا به آرامی شسته می شوند و دسته دوم به شدت شسته می شوند. و تفاوت آنها در واقع اهمیت بکارگیری فواصل بک واش و زمان بک واش را نشان می دهد. از نظر ما فیلترهائی که به آرامی شسته می شوند از جمله فیلترهائی هستند که با حداقل بیوفیلم بر داشت می شوند. این نکته به این معنی است که SRT را می توان بدون از دست دادن باکتریها و یا زمان باقیماندن مجموعه سلولی MCRT[۷]کمتر نمود.

در فیلترهای که به سختی شسته می شوند، قسمتهای قابل توجهی وجود دارند که در طی بک واش باید شسته شوند. در واقع SRT و MCRT واقعا با هم مساوی هستند و این نکته موجب از دست رفتن تلاشهائی می شود که می خواهد با کاهش SRT موجبات افزایش نیتریفیکاسیون را فراهم آورد(Malone *et al* 1993). عدم شباهت کلاسهای فیلتری نیاز به روشهای مختلف بک واش را نشان می دهد که باید برای بهینه کردن آن اقدام کرد.

بعلاوه فیلترهای دانه ای جزء بیوفیلترهای دانه ای قابل انبساط EGBs[۸] نیز دسته بندی می شوند که برخی از آنها هم اکنون در دانشگاه ایالتی لوئیزیانا در حال مطالعه هستند. فیلترهای دانه ای با شستشوی حبابی BBF [۹] ترکیبی از مکانیسم های پنوماتیک وهیدرولیک رابرای بک واش مورداستفاده قرار می دهد. براساس طراحی، BBF ها در شستشوی آرام شرکت نموده و در طی هر مرحله بک واش ۵۰-۳۰ درصد جامدات را حذف خواهند نمود. این فیلترها همانند فیلترهای با شستشوی پنوماتیک و هیدرولیک عمل نموده ودوره نیتریفیکاسیون بک واش را کوتاه خواهند نمود(Sastry 1996).

---

[6] solids residence time
[7] mean cell residence time
[8] expandable granular biofilters
[9] bubble washed bead filter

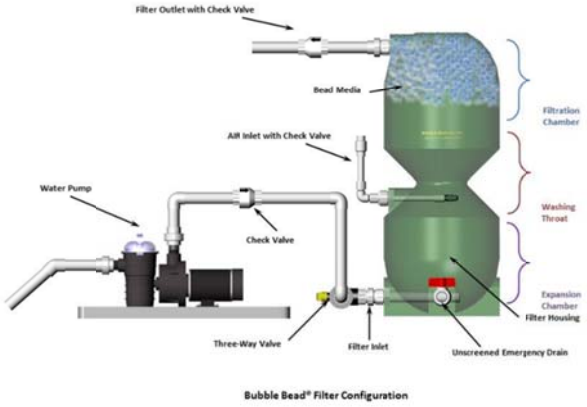
در اصلاح فاضلابهای دام و طیور ، بایستی حذف آلاینده های بیولوژیک و فیزیکی می بایست با هم روی داده تا حذف و تخلیه آلاینده ها بر اساس NPDES بدرستی انجام شود . فیلترهای SLDM[10] را می توان استفاده نمود تا بتوان هردوی این فعالیتها را در یک فیلتر امکان پذیر نمود. مطالعات قبلی نشان داده است که حذف مواد آلی و جامدات در یک فیلتر SLDM بدون نیاز به کلاریفایر امکان پذیر است (Wagener et al 2002). در این مقاله استفاده عملی از فیلتراسیون SLDM برای اصلاح آب و فاضلاب با استفاده از مجموعه تجهیزات کوچک تجارتی و درون ایالتی در ایالت لوئیزیانا مورد بررسی قرار گرفته است. آزمون عملگرها به مقدار زیادی بر اساس حذف CBOD5، TSS و TAN استوار است. فیلترهای با مدیای کم تراکم ساکن SLDM که در اصطلاح آبزی پروران به نام FBFs[11] معروف هستند از جمله فیلترهای دانه ای قابل انبساط هستند که در واقع رفتار بیوکلاریفایری همچون فیلترهای شنی دارند (Malone et al 2001). این واحدها هم اکنون به طور گسترده ای به عنوان کلاریفایر و بیوکلاریفایر در اصلاح تولید با تراکم بالا ی سیستم های مدار بسته و همچنین به عنوان سیستم های نگهداری ماهی، خزندگان و سخت پوستان مورد استفاده قرار می گیرند ( Malone and Beecher 2000, Delosreyes and Lawson 1996). این واحدها معمولا با بستر شناور Floating bed در مد ایستا یا بسته بندی (Packed Static) عمل می نمایند . در مورد بسته های بیوکلاریفایرها به صورت یکجا (concurrently) حذف مواد جامد، حذف cBOD5 و نیتریفیکاسیون انجام می گیرد. در طی مد فیلتراسیون یا بسته بندی ، فاضلاب به زیر بستر مدیا وارد می شود. در انتهای هر بار عبور از بستر مدیا آب ۸۰ تا ۹۰ بار به بخش تریت وارد شده و سپس از فیلتر خارج می شود. در واقع در این فیلتر از ایر لیفت استفاده می شود که نوعی هوادهی خارجی است و عبور چند باره فاضلاب از بخش تریت موجب حذف مواد جامد و کم شدن cBOD5 میگردد که در نهایت زمان ماند بین سی ثانیه تا یک دقیقه را ایجاد می کند ( شکل شماره ۱۹).

بستر ذرات به صورت متناوب برای حذف جامدات تجمع یافته و بیوفیلم مازاد انبساط می یابند ( Malone and Beecher 2000, Cooley 1979). قابل توجه است که بک واش با انبساط بستر دانه ای می تواند با وسایل هیدرولیکی ، پنوماتیکی و مکانیکی همراه باشد. یکی از اشکالات فیلترهای با مدیای دانه ای ، مخصوصا در مورد بیوفیلترهای جدیدتر غوطه وری، افزایش افت فشار (haed loss) در مورد حامل هاست( Qdegaard et al 1994). مشکلات ناشی از افت فشار و دلمه شدن Caking ناشی از بسترهای دانه ای در کارکرد فیلترهای SLDM با استفاده از بک واش با فرکانس زیاد به حداقل می رسد. افزایش افت فشار در بستر فیلتر موجب Biofouling شده و کارکرد فیلتر را مختل می نماید. استفاده از روش بک واش پنوماتیکی که در فیلترهای SLDM استفاده می شود به طور موثری افت فشار بستر را با نرخ بالای سیستم بازچرخشی از طریق ایرلیفت را جبران می کند.

---

[10] Static Low Density Media مدیای کم تراکم ساکن

[11] Floating Bead Filters




**شکل ۱۹ : بیوفیلتر دانه ای با شستشوی هوائی**

هوا بدرون بخش شارژی که اصلا نشتی هوا ندارد به میزانی که توسط اپراتور تعیین شده است ، تزریق می گردد. موقعیکه حجم هوای تزریق شده هم اندازه حجم بخش شارژی می شود ، هوا به درون بستر دانه ها آزاد شده و موجب تلاطم مدیا می گردد . حجم هوای جابجا شده از بخش شارژی با آب بک واش جایگزین شده و موجب می شود که سطح آب در فیلتر به زیر سطح تخلیه کاهش یابد. در طی یک چرخه بک واش که معمولا در کمتر از دو دقیقه به طول می انجامد، مواد آلاینده تخلیه نمی شوند و این در حالی است که ورود مواد فاضلاب به سیستم مستمرا ادامه دارد. هر بار که حجم هوا از بخش شارژی آزاد سازی می شود ، مدیاها به سمت بالا شناور شده و بستر به حالت استاتیک خود بر می گردد(Static Mode). به موازات اینکه بخش شارژی دوباره شارژ می شود ، جامدات از آب بک واش رسوب نموده و قبل از اینکه خارج شوند ، چند بار از بستر دانه ای عبور خواهند نمود. در نتیجه افت آب بک واش به حداقل رسیده و به دوره ای محدود می گردد که لجن نیز حذف می گردد.حذف لجن مازاد در هفته یک تا دو بار انجام می شود که می تواند دستی و یا اتوماتیک باشد. با تغییر شکل دانه ها و یا تغییر شدت بک واش می توان بیوفیلم اضافی را مدیریت نمود. به عنوان مثال انتخاب غلط نرخ بک واش می تواند در کارکرد فیلتر اختلال ایجاد نماید. هر چند درمحدوده نرخ فیلتراسیون یا اندازه مدیا تغییراتی پیش بینی شده است تا بدون ایجاد افت معنی دار در کارکرد فیلتر بتواند کار خود را ادامه دهد(Stevenson 1995). بعد از انتخاب پک تصفیه ، توالی بک واش مهمترین پارامتری است که در کارکرد بیوفیلتراسیون باید مد نظر قرار گیرد.

هر SLDM حاوی مدیای ارتقاء یافته (Enhanced Nitrification) سه تا پنج میلیمترقطراست که چگالی ۰/۹ کیلوگرم در لیتر را داشته و تخلخل آن ۰/۵۵ بوده و سطح تخلخل کل ۱۱۰۰ تا ۱۲۵۰ متر مربع در هر مترمکعب می باشد(Malone et al 1993). توالی بک واش در هر ۱۰-۸ شستشو در هر روز برای هر فیلتر خواهد بود. این مدیا رسانائی هیدرولیک بالائی داشته و موجب حفاظت بیوفیلم در طی دوره بک واش می شوند.

## ۲- مواد و روشها

جهت ساخت فیلتر از مواد زیر استفاده شد:

- لوله پلکسی گلاس شفاف با قطر ۸۰ سانتی متر به ارتفاع ۱۵۰ سانتی متر
- لوله پلکسی گلاس شفاف با قطر ۲۰ سانتی متر به ارتفاع ۷۰ سانتی متر
- پمپ هواده Hailea ACO-328 با توان ۵۵ وات با ولتاژ ۲۴۰-۲۲۰ ولت و ۵۵ هرتز و حداقل فشار MPa ۰/۰۰۳۵ و جریان هوای ۸۲ لیتر در دقیقه با آلودگی صوتی ۶۰ دسی بل مورد استفاده قرار گرفت.
- لوازم لوله کشی همراه با مته و ادوات جوشکاری
- پمپ Pedrrola Pkm 60 با Q:5/40 لیتر بر دقیقه با H: 38/5 وبا قدرت ۳۷/. کیلو وات .

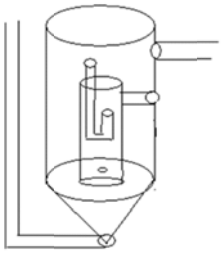
جهت بررسی کارائی فیلتر آزمونهای زیر انجام گرفت:

- مقدار اکسیژن محلول
- TSS
- آمونیاک
- نیتریت
- نیترات
- pH

جهت افزایش TAN نیتریت سدیم و کلرور آمونیوم به سیستم اضافه گردید.

## ۳- نتایج

فیلتر دانه ای با ارتفاع ۱۷۰ سانتی متر، قطر ۸۴ سانتی متر، ظرفیت ۸۰ کیلوگرم ، حجم بستر دانه ها ۸۵ لیتر،حداکثر جریان ۱۷۰ لیتر در دقیقه، حداکثر میزان فشار ۰/۷ بار (۱۰ psi) و حجم هوای بک واش ۲۱۰ لیتر ساخته شد. اشکال ۲۰، ۲۱ و ۲۲ قسمت های مختلف فیلتر ساخته شده را با استفاده از بدنه پلکسی گلاس و قطعات پلی اتیلنی نشان می دهد. هم چنین جداول ۱، ۲ و ۳ مقایه نیازهای باکتریائی ، مکانیسم حذف جامدات و درصد حذف ذرات بر حسب قطر ذرات در فیلتر دانه ای را ارائه می دهد.



**شکل ۲۰ : ترسیم فیلتر ساخته شده**

**شکل ۲۱: عکس فیلتر احداثی از بالا**

**شکل ۲۱ : قسمت ماشه فیلتر**

**جدول ۱ : مقایسه نیازهای باکتریهای هتروتروف و اتو تروف در بیوفیلتر**

| | باکتریهای هتروتروف | باکتریهای نیتریفایر |
|---|---|---|
| عملکرد | حذف مواد آلی محلول (BOD) از ستون آب، شکستن و تجزیه لجن های آلی | تبدیل آمونیاک و نیتریت سمی به نیترات |
| میزان زاد آوری | خیلی سریع(۱۵-۱۰ دقیقه) | آهسته (۳۶-۱۲ ساعت) |
| بازده(میلیگرم باکتری به ازای میلی گرم فاضلاب مصرف شده) | ۰/۸ – ۶/. میلیگرم | ۰/۱ – ۰/۰۵ میلی گرم |
| چسبندگی به دانه ها | ضعیف | خوب |

**جدول ۲ : مکانیسم حذف جامدات در فیلتر دانه ای**

| مکانیسم | شرح |
|---|---|
| الک (straining) | به موازات اینکه ذرات بزرگتر از میان سوراخهای کوچک بین دانه ها می گذرند، در آنها گیر می افتند. |
| رسوب(settling) | همراه با آب شوئی ذرات جامد بر سطح فیلترها باقی می مانند. |
| قاپیدن(interception) | ذرات مستقیما بر روی بستر فشرده می شوند. |
| جذب(adsorption) | ذرات کوچک بر روی سطح چسبنده بیوفیلم گیر خواهند کرد. |

**جدول ۳ : حذف درصدی ذرات بر اساس اندازه قطر ذرات به میکرومتر**

| قطر ذرات به میکرون | درصد خذف |
|---|---|
| ۵-۱۰ | ٪۴۸ |
| ۱۰-۲۰ | ٪۵۲ |
| ۲۰-۳۰ | ٪۵۸ |
| ۳۰-۴۰ | ٪۶۴ |
| ۴۰-۵۰ | ٪۶۸ |
| ۵۰-۱۰۰ | ٪۱۰۰ |

جدول ۴ خلاصه اقداماتی که برای راه اندازی فیلتر دانه ای مورد نیاز است را نشان می دهد. این روشها می تواند زمان سازگاری را به دو هفته در سیستم آب شیرین گرمآبی کاهش دهد. یکی از اصول محدود کننده سازگاری یک فیلتر با حیوانات این است که هیچ نیتریتی برای رشد باکتریهای نیتریفایر در دسترس نباشد تا اینکه جمعیت باکتریهای نیتروزوموناس تشکیل گردد. این بدین معنی است که رشد خیلی کند باکتریهای نیتروباکتر برای بیش از یک هفته شروع نخواهد شد. برای تسریع در رشد کافی است مقداری از دانه های قدیمی تر را با دانه های فیلتر جدید مخلوط نموده تا فرآیند تطبیق به سرعت طی شود. در صورت فقدان تلقیح با استفاده از بک واش

فیلتر انجام می شود. و اگر لجن به داخل فیلتر وارد شود . دانه های فیلتر آنها را جذب خود نموده و فرآیند انتقال باکتریهای مفید به سرعت اتفاق خواهد افتاد.

**جدول ۴: خلاصه اقداماتی که برای راه اندازی فیلتر دانه ای مورد نیاز است .**

| ردیف | فرآیند | عملکرد |
|---|---|---|
| ۱ | افزودن نیتریت سدیم با غلظت یک میلیگرم ازت در روز اول | اجازه می دهد تا نیتروباکترها یک دفعه شروع به رشد نمایند |
| ۲ | افزودن آب بک واش یا دانه های فیلتری از بیوفیلتری که مستقر است* | موجب اضافه شدن استرین یا گونه های باکتری می شود که دراکو سیستم فیلتری به خوبی جا افتاده اند. |
| ۳ | تناوب بک واش سیستم را کاهش دهید | موجب می شود که افت بیوفلوک ها به حداقل برسد |
| ۴ | درجه حرارت سیستم را به ۳۰ درجه سانتیگراد افزایش دهید (آبزی پروری جدا از حوضچه ها) | نرخ رشد باکتریها را از طریق افزایش نرخ های متابولیک سرعت می بخشد |
| ۵ | pH را به ۸ برسانید | رشد باکتریها را از طریق افزایش غلظت $NH_3$ تسریع می کند |
| ۶ | بیکرنات سدیم یا متوازن کننده Bacta-Pur به سیستم بیفزائید تا قلیائیت را به ۱۵۰ میلیگرم در لیتر برمبنای کربنات کلسیم برساند. | رشد باکتریها را از طریق افزایش قابلیت دسترسی به بیکربنات تسریع می کند. |
| * | از آنجائیکه احتمال انتقال بیماری وجود دارد از سلامتی منبع مطمئن شوید | |

جدول ۵: عملیاتی که می توان انجام داد تا TAN و نیتریت انتقالی را در هنگام افزایش تعداد تراکم آبزیان یا افزایش نرخ غذا دهی، کاهش داد.

**جدول ۵: عملیاتی که می توان انجام داد تا سیستم تنظیم شود.**

| ردیف | فرآیند | عملکرد |
|---|---|---|
| ۱ | تا موقعیکه بیوفیلتر تنظیم نشده است، خروجی آب از سیستم را بیفزائید | TAN و نیتریت همراه با آب خارج خواهد شد |
| ۲ | نرخ تغذیه را در طی مرحله انتقالی کم نموده و یا اصلا آنرا قطع کنید | نرخ ترشح TAN اکثر حیوانات همراه با غذادهی افزایش می یابد. |
| ۳ | Load جریان را کم کم بیافزائید (کمتر از ۳۳٪ load جاری) و بین هر دو مرحله ۳ روز فاصله بگذارید. | باکتریهای موجود بیشتر لود افزوده را جذب کرده سریعا زاد آوری می کنند. |
| ۴ | دوره بک واش را طولانی کنید | افت بیوفلوک ها را در طی انتقال بحرانی کاهش می دهد |
| ۵ | pH و قلیائیت را در اپتیمم بازه تنظیم کنید. | زاد آوری باکتریهای نیتریفایر را شتاب می دهد |
| ۶ | Load مصنوعی TAN را از قبل با افزایش کلرید آمونیوم و نیترات سدیم تا مقدار یک میلیگرم در لیتر نیتروژن ایجاد کنید | رشد باکتریهای نیتریفایر را تسریع می کندو تراکم آنها را در بیوفیلم افزایش می دهد. |

## ۱-۳- انواع فیلترهای دانه ای و چگونگی عمل آنها

برای ارائه تعریف درستی از فیلترهای دانه ای می توان آنها را در دو گروه مورد بررسی قرار داد:

فیلترهای با بستر ثابت که جریان آب رو به بالا دارند.

### ۱-۱-۳- فیلترهای با بک واش شناور

مدیای فیلترهای دانه ای شناور می بایستی ذرات ریز کروی پلاستیکی سه تا پنج میلیمتری بوده و خاصیت شناوری داشته و بدون هر گونه افزودنی بوده تا موجب مرگ باکتریها و یا آسیب رسان به ماهیها نباشد. مدیاها بایستی سطح مخصوصی در حدود ۱۱۵۰ متربع در هر مترمکعب (۳۵۰ فوت مکعب در هر فوت مکعب)داشته تا این اطمینان حاصل گردد که برای توسعه بیوفیلم فضای کافی وجود دارد. دانه های میله ای شکل با ابعاد تقریبی سه میلیمتر (یک هشتم اینچ) قابل قبول اما دانه های صفحه ای شکل مناسب نیستند. خلل و فرج دانه ها بایستی در حدود ۳۵٪ باشد. در حالیکه فیلترهای طراحی شده توسط مولف در اینج ارائه شده است باید اینرا متذکر شد که اصول کلیه فیلترها مشابه است. هرچند هزینه، پایائی و سهولت کارکرد این فیلترها با توجه به عملیات آنها بسیار متغیر است.

فیلترهای دانه ای که تحت عنوان بیوفیلترهای دانه ای قابل انبساط[۱۲] تعریف می شوند، این فیلترها برای عمل مانند یک فیلتر فیزیکی (یا کلاریفایر ) مد نظر هستند که مواد جامد را از سیستم حذف می کنند. این در حالی است که رشد باکتریهای مطلوبی که موجب حذف آلاینده های محلول در آب می شود بوسیله بیوفیلتر امکان پذیر است. طبیعت دانه ای فیلتری موجب می شود که آنها خود تمیز شده و مواد جامد و مواد مازاد از آنها جدا شود. ودر عین حال سطح بسیار وسیعی را برای رشد و چسبیدن باکتریهای نیتریفایر را فراهم می کنند. این نکته موجب می شود که مقادیر زیادی فاضلاب بوسیله فیلتر نسبتا فشرده ای اصلاح گردند. فیلترهای دانه ای از طریق چهار مکانیسم الک ، رسوب، جدا سازی و جذب مواد عمل می نمایند( Ahmed 1996, Drennan et al ,1995, Malone et al 1993). فیلترهای دانه ای در کنترل مواد جامد ریز در بازه ۱۰-۵ میکرونی در یک بار گذر به مقدار ۵۰٪ به خوبی عمل می کنند(Ahmed 1996). هرچند این فیلتر ذاتا یک نوع کلاریفایر عالی است ولی به عنوان بیوفیلتر نیر به مقدار زیادی بازار دارد.

فیلترهای دانه ای که در مد بک واش قرار می گیرند بطور کلی متفاوت هستند. معنای بک واش یک معیار حساس است زیرا بک واش بایستی به گونه ای صورت بگیرد که حذف مواد جامد مجتمع شده بر روی بیوفیلم بستر دانه ها اثر منفی نگذارد. شاید شایعترین نوع بیوکلاریفایر با پروانه شستشو شامل بستر شناور پلاستیکی که با پروانه ها شستشو می شوند. پروانه های شستشوی بیوکلاریفایرها در مد فیلتراسیون در بیشتر اوقات عمل می نمایند. به موازات اینکه آب برگشتی از بستر می گذرد ، مواد جامد جدا سازی شده و پروسه بیوفیلتراسیون فعال می شود. انجام بک واش یا تمیز سازی دانه ها با تنظیم پمپ و یا با باز وبسته نمودن شیر صورت می گیرد

## خواص شیمیائی آب:

قلیائیت: به منظور تمام مقاصد عملی ، یونهای بیکربنات به منزله سطوح قلیائی کل در سیستمهای مدار بسته در نظر گرفته می شوند. فرآیندهای نیتریفیکاسیون قلیائیت را به میزان تقریبی ۷-۶ میلیگرم در لیتر کربنات کلسیم به ازای یک میلیگرم در لیتر TAN تبدیل می نمایند(EPA 1975). این مقدار قلیائیت یا باید با تعویض آب ایجاد شده و یا بطور مستقیم با افزودن مواد شیمیائی به آب بدست آید. ماده شیمیائی مناسب بیکربات سدیم می باشد که بیشتر به نام جوش شیرین نانوائی شناخته می گردد. بیکربنات سدیم برخی خواص مطلوب را دارد از جمله اینکه میزان حلالیت آن در آب زیاد است (بیشتر از صد هزار میلیگرم درلیتر در حرارت بیست و پنج درجه سانتیگراد)، و پتانسیل اندکی برای اور دوزینگ دارد زیرا برای افزایش pH نیازمند مقدار نسبتا زیادی از آن می باشد . بیکربنات سدیم برای هم برای ماهی و هم برای انسان ایمن است و از نظر تجارتی در مقادیر نسبتا زیادی در دسترس است.

[12]Expanded Granular Biofilters

مقادیر بیکرنات سدیم مورد نیاز بدون توجه به مقادیر قلیائیت بیان می شود. روشهای محاسبه دوز آن به درستی توسط (Loyless and Malone 1997) بیان شده است . اگر نرخ تعویض آب حداقل باشد، مقدار بیکربنات می تواند تا ۰/۲۴ کیلوگرم به ازای هر کیلو غذا افزوده شود(۰/۲۴ پوند به ازای هر پوند غذا). معمولا یک سیستم نظم دهی شده برای افزودن بیکربنات سدیم در هر دو یا سه روز مورد نیاز است. نیتریفیکاسیون بهینه بطور عادی با سطوح قلیائیت بالای ۱۰۰ میلیگرم درلیتر کربنات سدیم بدست می آید. اما سیستم در کمتر از این سطوح می تواند عملیاتی شده زیرا در این شرایط ترکیباتی ایجاد می گردد که می تواند در ظرفیت های نیتریفیکاسیون کلاریفایرهای دانه ای شناور بکار گرفته شود.

## pH و دی اکسید کربن:

افزودن بیکربنات نه تنها ذخیره بیکربنات را افزایش می دهد بلکه به افزایش pH هم منجر می شود که برای فرآیندهای نیتریفیکاسیون هم مفید است. جلوگیری از باکتریهای نیتریفایر در شرایط رشد قابل توجه است موقعیکه pH به زیر ۷ تنزل نماید(Loyless and Malone 1997, Allian,1988) .برای بیوفیلترهای کلاریفایر مقدار pH در بازه بین ۷/۵–۸ بطور نرمال قابل حصول است.

این اختراع درخصوص بیلوفیلتری با مدیای شناور است که ساختار مقرون به صرفه ای دارد که موجب صرف جوئی درمصرف انرژی وصرفه جوئی در آب مورد نیاز برای بک واش مدیای شناور می گردد.

## اجزای فیلتر:

- بخش فیلتراسیون

  از طریق مایعات با بخش شارژ متصل شده است و برای تجمع هوا ایجاد شده است.

- ماشه

  بین بخش فیلتری و بخش شارز تعبیه شده است که بطور انتخابی به جریان هوا اجازه می دهد که از بخش شارز به بخش فیلتری هوا منتقل شود.

- بخش شارژ که بیشتر حجم فیلتر را بخود اختصاص می دهد.
- منبع هوا که به بخش شارز متصل بوده و به آرامی هوا را به درون آن می دمد.

در سیستمهای آبزی پروری با تراکم بالا جهت تولید موجودات آبزی از قبیل گربه ماهی،تیلاپیا، تمساح وصدفها و در دیگر سیستمهائی که پسآب تولید می کنند ، ضروری است تا ذرات جامد معلق حذف شده، نیتریفیکاسیون بهینه شده و میزان BOD پسآب کاهش یابد. در همه حالات آب اصلاح شده سرانجام به اکوسیستم برگردانده می شود، حال چه دریاچه و یارودخانه باشد و یا آب برگشتی به سیستمهای آبزی پروری کنترل شده باشد.

شرایط متغیر دبی و فشار جریان آب ،عملیات اصلاح فاضلآب را با مشکل مواجه ساخته بنحوی که زمان بندی مراحل اصلاح به تغییر این شرایط وابستگی پیدا می نماید.

آلاینده از طریق خط لوله بوسیله پمپ یا هر وسیله دیگری که قابلیت انتقال آب را داشته باشند وارد تانک فیلتری می شود و در طی اصلاح آب، رشد بیولوژیک موجب تشکیل لایه ای بر روی هر دانه مدیای بیوفیلتر در بستر مدیا شده و موجب نیتریفیکاسیون و کاهش BOD می گردد. حذف ذرات معلق بوسیله بستر مدیا با تشکیل بیوفلوک، صورت می گیرد. در طی فرآیند فیلتراسیون فلوکهای بستر مدیا ، در طی دوره زمانی منجر به ایجاد پل فی مابین دانه ها شده که با تکانهای دوره ای بستر مدیا با نام غوطه ور سازی fluidization ذرات جهت حذف شل شوند. چنین غوطه ور سازی در هنگام مرحله بک واش حاصل می شود که در ادامه بیان خواهد شد.

در هنگام فیلتراسیون ، هوا به آهستگی وارد ورودی هوا می شود و در محل ذخیره هوا تجمع می یابد. تجمع هوا بتدریج افزایش اندازه یافته و آب را از بخش شارژ جابجا نموده و سطح آب را در بخش شارژ پائین می برد. که در سطح نقطه آبی به زیر خم سیفون حرکت می نماید. فشار در بخش شارژ افزایش یافته و با فشار حاصل از ستون آبی بین سطح مایع و خم سیفون مقابله می نماید. پس از آن هوا بسرعت شروع به فرار از بخش شارژ از طریق سیفون و خروجی هوای می نماید. به محض اینکه هوا از بخش شارژ خارج می شود، آب از بخش فیلتری در بخش شارژ از طریق مجرای اتصالی جریان می یابد. میزان خروج هوای بخش شارژ و آبی که جایگزین می گردد معمولا بوسیله سطح مقطع از سیفون و خروجی هوای کنترل می گردد. همچنین ممکن است مساحت سطح مقطع مجرای اتصالی (در صورتیکه بطور نسبی کوچک باشد) به عنوان عامل تعیین کننده عملکرد فیلتر مد نظر قرارمی گیرد.

معادله اساسی محاسبات مربوطه به شکل ذیل می باشد:

$$V_3 \geqq (e)V_1+V_2+Qi(t_{wash})$$

$V_3$= حجم واحد شارژ

$V_1$= حجم مدیای فیلتر

$V_2$= حجم واحد شارژبدون مدیای فیلتر

e= تخلخل بستر مدیای فیلتر

$Q_i$=میزان ورود آلاینده به تانک

$t_{wash}$= زمان مورد نیاز بک واش

معمولا مقدار $V_3$ را در یازه ای بین $1/3[(e)V_1+V_2+Q_i(t_{wash})]<V_3<2[(e)V_1+V_2+Q_i(t_{wash})]$ می باشد.

**جدول ۶ : ابعاد فیلتر ساخته شده**

| | |
|---|---|
| ارتفاع | ۱۲۰ سانتیمتر |
| قطر | ۸۴ سانتیمتر |
| ظرفیت | ۸۰ کیلوگرم |
| حجم بستر دانه ها | ۸۵ لیتر |
| حداکثر جریان | ۱۷۰ لیتر در دقیقه |
| حداکثر فشار | ۰/۷ بار( ۱۰psi) |
| حجم هوا برای بک واش | ۲۱۰ لیتر |
| میزان غذادهی تا ۶۵۰ گرم | ۰/۳۵ لیتر در دقیقه هوا نیاز دارد |
| میزان غذادهی تا ۱۳۵۰ گرم | ۰/۷ لیتر در دقیقه هوا نیاز دارد |
| میزان غذادهی تا ۲۰۰۰ گرم | یک لیتر در دقیقه |

## چرخه بک واش

ماشه اجازه ورود هوا را به داخل فیلتر می دهد تا فارغ از بخش شارژ به بخش فیلتری وارد شده و مدیای شناور را بتکاند. همزمان با آن ، آب از بخش فیلتری به بخش شارژ جریان می باید. بعد از اینکه قطعه ماشه ای بسته شد، هوا دوباره در بخش شارژ تجمع یافته تا برای بک واش بعدی آماده شود. بک واش back washing

جامدات آلی نه تنها شکسته شده و تولید آمونیاک می نمایند بلکه روند رشد باکتریهای هتروتروف را نیز تقویت می نمایند. این باکتریها با باکتریهای نیتریفایر برای فضا و نوترینتهای محدود کننده همچون اکسیژن رقابت می نمایند(Zhang et al 1995, Matsuda et al 1988) این فرآیند در فیلترهای دانه ای مصداق ندارد. مطالعاتی که بوسیله فیگوروآ و سیلورستین در ۱۹۹۲ در مورد صفحات زیستی چرخنده و توسط باورندر در سال ۱۹۹۰در مورد فیلترهای چکه ای انجام شد که هر دو مطالعات فوق برای مطالعه افزایش سطوح BOD همراه با کاهش نرخ نیتریفیکاسیون انجام گرفت (جدول ۶).

بک واش موجب حذف بخش عمده ای باکتریهای هتروتروف ، حذف TSS که بخش بزرگی از منبع غذائی آن به شمار می رود و متاسفانه بخشی از باکتریهای نیتریفایر می گردد. اگر فاصله بین دو بک واش خیلی کوتاه باشد ، باکتریهای نیتریفایر زمانی برای احیای جمعیت خود نخواهند یافته و بتدریج شستشوی کلی باکتریائی روی خواهد داد و ظرفیت نهائی فیلتراسیون به طور چشمگیری کاهش خواهد یافت. موقعیت دیگری که در مدیریت فیلتری باید از آن اجتناب نمود موسوم به ۱۳(MCRT) متوسط زمان ماندگاری باکتریائی بیوفیلم فیلتر می باشد. اپتیمم نیتریفیکاسیون بیو کلاریفایرها موقعی روی می دهد که تجمع لجن مورد نظر احتمالا با تناوب بک واش هماهنگ باشد.

[13] Mean Cell Residence Time

موقعیکه کیفیت آب خروجی از جمله پارامترهای اساسی باشد، بک واش از جمله ابزار مهم مدیریتی می گردد. می توان از این پدیده برای بهبود چشمگیر نیتریفیکاسیون استفاده نمود. این جنبه از مدیریت بیوکلاریفایر ها به طور چشمگیری مورد مطالعه قرار گرفته و توسط مدل ریاضی ارائه گردیده است (Golz 1977). این مطالعات نشان می دهد که دو کلاس از بیو کلاریفایرها وجود دارد. واحدهای هیدرولیکی و شستشو با هوا در دسته شستشوی ملایم "gently washed" قرار می گیرد. این فیلترها در طی بک واش موجب کاهش بیوفیلم شده و می بایستی با تناوب بالا شستشو صورت گیرد. عملیات بهینه برای بارگزاری سنگین فیلتر موقعی روی می دهد که فیلترها چند بار در روز شسته شوند(Sastery 1996, Wimberly ). برعکس ، فیلترهای پروانه ای و پاروئی موجب ایجاد خسارت نسبتا سنگین بر بیوفیلم می شوند و عملکرد آنها به عنوان "شستشوی تهاجمی" یاد می شود. آنها می بایست به طور نامنظم شستشو شوند و معمولا هرچند روز یکبار تا اجازه رشد به بیوفیلم داده شود تا بدین وسیله از مشکلات MCRT اجتناب شود(Chitta 1993, Malone et al 1993) . از روی تخمین غیر دقیق ، هر دو کلاس فیلتری تقریبا پیک یکسانی در حدود ۴۵۰-۳۵۰ g TAN/m3 در روز را دارند( ۱۳-۱۰ در روز g TAN/ft3).

## میزان جریان (Flow rate)

یکی دیگراز فاکتورهای بهینه نمودن عملیات بیوفیلتری میزان انتقال نوترینتها می باشد. تضمین اینکه باکتریهای بیوفیلم همیشه در سطوح قابل قبولی از نظر TAN وجود داشته تا بتوانند فرآیند نیتریفیکاسیون را به انجام برسانند بسیار مهم است. نگهداری کیفیت خوب آب در تانکهای پرورشی نمی تواند اینرا تضمین نماید که باکتریهائی که در عمق هستند شرایط یکسانی برای زندگی دارند. انتقال خوب نوترینتها در مرحله اول نیازمند اختلاط سریع فی مابین تانک پرورشی و بیوفیلتر و در مرحله دوم به چگونگی توزیع جریان در بستر بید فیلتر بستگی دارد. بیوفیلم به طور فعال نوترینتهای ضروری را تبدیل و یا مصرف می نمایند. جریان آب بایستی بطور سریع و حتی المقدور یکسان در بستر پراکنده شده تا آب از دست رفته به سرعت و یکنواخت جبران گردد. اگر بیوفلوک مازاد موجب انسداد بخشی از بستر باکتریهای نیتریفایر گردد موجبات کاهش کلی بیوکلاریفایر را فراهم خواهد آورد.

نرخ چرخش آب در حدود ۵۰ لیتر در دقیقه به ازای هر کیلو غذا در روز(شش گرم در دقیقه به ازای هر پوند غذا در هر روز) توصیه می شود تا بتواند تامین اکسیژن را بخوبی برای بیوکلاریفایر فراهم آورد. این نرخ چرخش آب نیز موجب تضمین تامین چرخش کافی بین تانک پرورش و بیوکلاریفایر خواهد شد که از تجمع TAN بخاط اختلاط ضعیف جلوگیری می کند. مشاهدات انجام شده در حدود ۱۶۵ گرم در هر کیلوگرم غذا بوده است(۷۵ گرم به ازای هر پوند غذا). تجربیات نشان داده است که فیلترهائی که مواد آلاینده را در زیر ۲

میلیگرم در لیتر اکسیژن تصفیه می نمایند نمی توانند بخاطر مشکل اکسیژن در حد ظرفیت نهائی سیستم خود عمل نمایند(گولز۱۹۹۷).

موقعیکه سطوح اکسیژن در تانک نگهداری بین ۵ الی ۶ میلیگرم در لیتر باشد، مقیاس کارکرد خوب سیستم در حدود ۵۰٪ خواهد بود.

## ۴- بحث

در هرگونه عملیات اصلاح پسآب تا آنجا که ممکن است سعی می شود آب کمتری مصرف شده و غلظت لجن تجمع یافته بوسیله سیستم حداکثر شود. این امر مخصوصا در سیستمهای آبزی پروری با تراکم بالا که نرخ بازیافت ثابتی از آب مورد نیاز است مصداق پیدا می نماید. و این امر حتی در به حداقل رسانیدن مقدار آب پسآب شده در فرآیندهای اصلاح ، اهمیت بیشتری می یابد. همچنین افت آب اهمیت تعیین کننده ای دارد موقعیکه حجم پسآب به حجم سیستم آبزی پروری در حال اصلاح مانند آکواریومهای فروشگاهی ماهی و یا تحقیقات ازمایشگاهی نزدیک می شود. مشکلات اصلی با افت زیاد آب در هر سیستم آبزی پروری عبارتند از :

- هزینه های بالای اصلاح آبهای بک واش
- در سیستم پرورش ماهیان گرم آبی ، کاهش حرارتی ناشی از آزاد سازی آبهای بک واش
- هزینه های ناشی از پیش تصفیه و افزایش آب مورد نیاز
- هزینه های بالای پمپها و دیگر ادواتی که اندازه کامل آنها بنا بر پیک آب مورد نیاز دیکته می کند.
- هزینه های بالای جایگزینی نمکهای مصنوعی در بک واش سیستمهائی که دروسایلی در دریا مورد استفاده قرار می گیرند.

بیشتر سیستم های قبلی با استفاده از روشهائی سنتی همراه بودند همانند بسترهای هوادهی، واحدهای کلاریفایر و فیلترها که هر مولفه اصلاح آب و محدودیتهای مصرف انرژی خاص خود را داشت. سیستمی که می توانست به طور موثر اشکال جداگانه این مولفه ها را به هم پیوند بزند مزیت بسیار بزرگی بر همه انها دارد که همین اختراع فعلی است.

- فراتر از اینها فیلترهای قبلی می بایستی در هنگام فرآیند بک واش با شیرهای مختلفی باز و بسته شوند. برای مثال لوله های influent و effluent در هنگام بک واش بسته و خط لجن در هنگام بک واش باز می باشد. غالبا جهت جلوگیری از درهم شدن عملیات دستی شیرها از ادوات اتوماتیک استفاده می شود. وسایل اتوماسیون بخش با اهمیتی از هزینه های بیوفیلتر می باشد.اتوماتیک نمودن بک واش مستلزم پذیرفتن ریسک کاستی ها و نواقص اتوماسیون نیز می شود. برای مثال، معمولا سیستم بک واش اتوماتیک دارای یک والو توپی اتوماتیک است. اگر این والو توپی نتواند در موقعیت باز قرار گیرد، این امکان وجود دارد که کل سیستم از طریق لوله لجن به خارج سیفون گردد. سرانجام سیستمهای قبلی مانند مالون I و III به وسایل متحرک سازی برای غوطه ور سازی مدیای فیلتر در هنگام بک واش نیاز دارند که باعث افزایش هزینه تولید این فیلترها خواهد شد.

چون انرژی مورد نیاز بک واش و افت آب در طی پروسه بک واش محدویت عملی در ساخته های قبلی برای انجام بک واشهای غیر ضروری وجود داشت. در مقابل معمولا بک واشهای کمتر منجر به مسائل و نواقص دیگر می گردید. اغلب بک واشهای کمتر موجب انباشته شدن ذرات جامد در مدیاها ی فیلتر شده و

بطور معکوس بر نرخ نیتریفیکیشن آمونیاک اثر می گذارد. از آنجائیکه آمونیاک برای ماهی سمی است، در سیستمهای آبزی پروری کاهش $NH_4$ و $NH_3$ ( که مجموعا کل نیتروژن آمونیاکی یا TAN نامیده می شود ) به نیتریت و نیترات مهم است. به موازات اینکه این جامدات کاسته می شوند، هر دوی اینها تولید آمونیاک نموده و اکسیژن را مصرف می نمایند. و به بیان دیگر اکسیژن می تواند موجب اکسید شدن آمونیاک به نیتریت و نیترات گردد. همچنین کاهش مواد جامد می تواند به رشد باکتریهای هتروتروفیک کمک نماید که برای فضا با باکتریهای مطلوب اتوتروف رقابت می نمایند. بعلاوه تجمع ذرات و رشد بیش از حد فلوکهای بیولوژیک در مدیای فیلترکمتر موجب می شود که فشار ورودی بیشتری مورد نیاز بک واش باشد(واز ورای آن ظرفیت پمپ بیشتری مورد نیاز باشد) تا بتواند با فشار آب را از روی مدیای بیوفیلتر بگذراند. این افت فشارهمچنین باعث انجام غیرکافی بک واش شده که در نهایت موجب می گردد که تکنولوژیهای موثر تر از قبیل پمپهای ایر لیفت را نتوان مورد استفاده قرار داد. پمپهای ایر لیفت بسیار اقتصادی تر و کار بردی تر از پمپهای معمول می باشند، اما محدودیتهائی در ظرفیت انتقال آب دارند که استفاده عملی از آنها را برای بیوفیلترهای فوق الذکر غیر عملی می سازد. هرچند اگر سیستمی برای بک واش اقتصادی موردی طراحی شده باشد ، می توان افت فشار مدیای فیلتر را بحد کافی پائین نگه داشت تا پمپهای ایر لیفت بتوانند بطور موثر بکار گرفته شوند.

- یکی دیگر از نقاط ضعف بیوفیلترهای قبلی این بود که به پدیده "Below Down Turbidity" موسوم است. این پدیده در انتهای هر چرخه بک واش روی داده و نتیجه ای از شناور سازی رسوبات در هنگام عمل بک واش می باشد. موقعیکه بیوفیلتر به مرحله عادی فیلتراسیون باز می گردد، حجم مشخصی از آب کدرقبل از اینکه مدیا بتواند در شکل مناسب بستری خود قرار گیرد با فشار از طریق لوله خروجی مواد جامد را پخش خواهد نمود.

## مزیت های این فیلتر

- در مجموع یکی از اهداف این اختراع این است که مدیای شناور بیوفیلتری ایجاد می نماید که بدون هدر دادن آب عمل بک واش را انجام می دهد.
- یکی دیگر از اهداف این اختراع فراهم نمودن مدیای شناور بیوفیلتری است که بتواند بطور قابل ملاحظه ای تعداد دفعات بیشتری بک واش را نسبت به بقیه بیوفیلترها انجام دهد.
- هدف دیگر این اختراع ایجاد مدیای شنا ور بیوفیلتری است که به شیرهای الکترو مکانیکی یا دیگر مولفه هائی که ممکن است منجر به شکست شوند نیازنداشته باشند.
- مدیای شناور بیوفیلتری ایجاد گردد که ساخت آن آسانتر بوده و نسبت به هنرهای قبلی بکار گیری آن اقتصادی تر باشد.

بنابراین اختراع فعلی تانکی را برای شناور سازی مدیای بیوفیلتر در نظر می گیرد. تانک بیوفیلتر شامل شاخه فیلتری بوده و بخش شارژ جهت ذخیره سازی هوا مورد استفاده قرار می گیرد. بخش شارژ شامل خروجی هوا برای انتقال هوا به درون قسمت فیلتری است، ورودی آب،خروجی هوا و ماشه ای که بتواند بطور انتخابی اجازه عبور هوا از خروجی هوای مذکور را بدهد.

## منابع


- Golz, W.J., Rusch, K.A., Malone, R.F., 1999. Modeling the major limitations on nitrification in floating-bead filters. Aquacult .Eng. , 20.43-61
- Loyless, C.L., Malone, R.F., 1997. A sodium bicarbonate dosing methodology for pH management in freshwater-recirculating aquaculture systems. Prog. Fish-Cult. 59, 198-205
- Lutz, C.G., 1997. Greenhouse tilapia production in Louisiana. Aquacult. Mag. 28.
- Odegaard, H., Rusten, B., Westrum, T., 1994. A new moving bed biofilm reactor—applications and results. Water Sci. Technol. 165-157, 29
- Zhang, T.C., Fu, Y.C., Bishop, P.L., 1995. Competition for substrate and space in biofilms. ater Environ. Res. 67, 992-1003.
- Sastry, B.N., DeLosReyes Jr., A.A., Rusch, K.A., Malone, R.F, 1999. Nitrification performance of a bubble-washed bead filter for combined solids removal and biological filtration in a
- recirculating aquaculture system. Aquacult. Eng. 19, 105–117.
- Cooley, P.E., 1979. Nitrification of fish-hatchery reuse water utilizing low-density polyethylene beads as a fixed-film media type. M.S. Thesis. University of Idaho, Moscow, Idaho, 53 pp.
- Davis, D.A., Arnold, C.R., 1998. The design, management and production of a recirculating raceway system for the production of marine shrimp. Aquacult. Eng. 17, 193–211.
- DeLosReyes Jr., A.A., Lawson, T.B., 1996. Combination of a bead filter and rotating biological contactor in a recirculating fish culture system. Aquacult. Eng. 15, 27–39.
- Malone, R.F., Chitta, B.S., Drennan, D.G., 1993. Optimizing nitrification in bead filters for warmwater recirculating aquaculture systems. In: Wang, J.K. (Ed.), Techniques in Modern Aquaculture Proceedings, Spokane, WA, 21-223, June. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, pp. 315–325

## **Abstract**:

Aquculture development and production rise needs aquaculture proper filters. Filter fabrication that could be used as biological filter as physical filters and so can do energy saving is at first class of aquaculture engineering in the world. And as parallel as above strategy is ideal target of this project. Finally multi use filter with 120 centimeters height and 80 centimeters diameters , 85 liters bead bed volume with 170 liters per minute flow rate and 210 liters backwashing air. This filter decrease total suspended solids as 75%.

**Ministry of Jihad – e – Agriculture**
**AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION**
**Iranian Fisheries Science Research Institute**

---

**Project Title : Introduction to multiple filtration in on unit without electricity with aeration**
**Approved Number: 2-12-12-91136**
**Author: Mohmmad Reza Hassannia**
**Project Researcher : Mohmmad Reza Hassannia**
**Collaborator(s) : A. Matinfar**
**Advisor(s): -**
**Supervisor: -**
**Location of execution : Tehran province**
**Date of Beginning : 2013**
**Period of execution : 9 Months**
***Publisher : Iranian Fisheries Science Research Institute***
***Date of publishing : 2016***

**All Right Reserved . No Part of this Publication May be Reproduced or Transmitted without indicating the Original Reference**

**MINISTRY OF JIHAD - E - AGRICULTURE**
**AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION**
**Iranian Fisheries Science Research Institute**

**Project Title :**

# Introduction to multiple filtration in on unit without electricity with aeration

**Project Researcher :**

***Mohmmad Reza Hassannia***

**Register NO.**

***47477***