بررسی انواع صافی‌ها و تجزیه‌کننده‌های اولتراسونیک گاز آمونیاک در پرورش ماهی

علیرضا مومنی[۱]، عباس روحانی[۲*]، علیرضا طاهری راد[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هئیت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

* ایمیل نویسنده مسئول: arohani@um.ac.ir

چکیده

از جمله ترکیبات زیان‌آور در حوضچه‌های پرورش ماهی می‌توان به ترکیبات نیتروژن‌دار، به‌ویژه آمونیاک و نیتریت اشاره‌کرد. یون آمونیوم علاوه بر سمی بودن، قادر است اکسیژن محلول آب‌های پذیرنده را پایین آورده و حیات موجودات آبزی را به‌خطر اندازد. عامل آمونیاک در پرورش متراکم و فوق تراکم و همچنین حمل و نقل ماهی همواره سبب مشکلاتی برای پرورش‌دهندگان می‌شود. لزوم یافتن روش‌های تشخیص و پیشگیری که مطابق با امکانات موجود کشور باشد کمک شایانی به رفع این عارضه خواهد کرد. استفاده از مواد افزایش دهنده کیفیت آب به‌عنوان بخشی از مدیریت آب در آبزی‌پروری از دیر باز مطرح بوده است. روش‌های متداولی برای کنترل گاز آمونیاک در سیستم‌های مکانیزه به‌کار می‌رود که از جمله می‌توان به صافی‌های زئولیتی، صافی‌های فتوکاتالیستی، تجزیه‌کننده‌های اولتراسونیک و صافی‌های زیستی اشاره‌کرد. صافی‌های زیستی خود شامل صافی‌های غوطه‌ور، صافی‌های قطره‌ای، صافی‌های بیودرام، صافی‌های بیودیسک، صافی‌های بستر روان و صافی‌های با مصالح سبک وزن – دانه تسبیحی می‌باشند. بازدهی صافی‌ها به عوامل متعدد شیمیایی، فیزیکی و زیستی از جمله: میزان PH، قلیائیت آمونیاک و نیتریت، اکسیژن، مواد جامد، شوری، انتشار گاز، دما، عمق صافی، مساحت سطح مقطع، بارگذاری هیدرولیکی، مصالح صافی، نسبت تخلخل صافی، مساحت سطح مخصوص، ضخامت لایه نازک، نور و تراکم توده زنده بستگی دارد. به‌طورکلی، با توجه به هدف مورد نظر از بکارگیری صافی و ویژگی‌های مصرف انرژی، هزینه اولیه، هزینه مصرفی، ظرفیت و عملکرد می‌توان با توجه به ویژگی‌های هر یک از انوع صافی‌ها بهترین را انتخاب و مورد استفاده قرار داد.

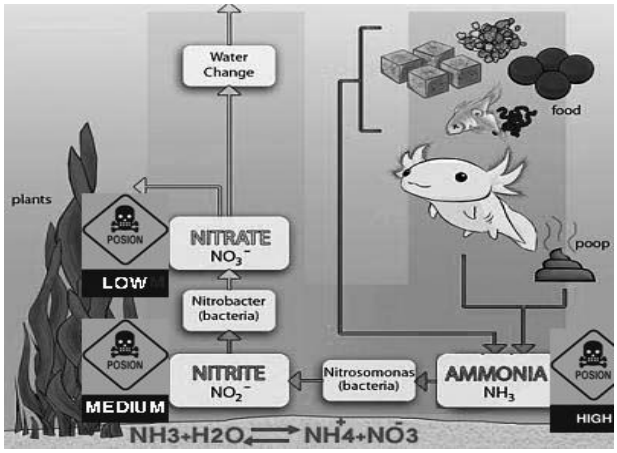
واژه‌های کلیدی: بازدهی، پرورش متراکم، ترکیبات نیتروژن‌دار، تلفات آبزیان، صافی

مقدمه

از جمله ترکیبات زیان‌آور در حوضچه‌های پرورش ماهی می‌توان به ترکیبات نیتروژن‌دار، به‌ویژه آمونیاک و نیتریت اشاره‌کرد. آمونیاک در اثر شکسته‌شدن پروتئین‌ها در آبزیان وارد محیط آب می‌شود (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۳). همچنین عمده‌ترین ترکیب نیتروژنی دفعی ۱۰ تا ۹۰ درصد ماهیان است. آمونیاک در مقادیر کم در آب باعث تغییرات فیزیولوژیکی و موفولوژیکی و در مقادیر بالا باعث تلفات آبزیان می‌شود (فرهنگی و همکاران، ۱۳۸۲). آمونیاک به‌راحتی در آب حل می‌شود و به‌صورت رابطه (۱) با یون آمونیوم در تعادل است (Kowalski and Macke, 2011) (شکل ۱).

$$NH_3 + H_2O <=> NH_4^+ + OH^- \quad (۱)$$

نسبت این دو به PH و دمای آب بستگی دارد (دیانتی و زززولی، ۱۳۹۱). یون آمونیوم علاوه‌بر سمی بودن، قادر است اکسیژن محلول آب‌های پذیرنده را پایین آورده و حیات موجودات آبزی را به‌خطر اندازد (جعفری باری، ۱۳۸۰). گاز آمونیاک بیشترین سمیت را نسبت به یون آمونیوم برای ماهیان دارد، به‌طور مثال غلظت کشنده آمونیاک در مدت زمان ۲۴ ساعت برای ماهی قزل آلا ۲۵ میلی‌گرم در لیتر آمونیاک کل و این مقدار برای ماهی کپور در ۲۴ ساعت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر آمونیاک کل می‌باشد. علائم اولیه افزایش آمونیاک در آب باعث بروز اختلالات متفاوت در ماهی است که شامل خم شدن عضلات تنه، تحریکات عصبی، پرخونی آبشش‌ها، عدم تعادل، شنای ناموزون، کاهش رشد و در نهایت مرگ ماهی می‌شود (دیانتی و زززولی، ۱۳۹۱). عامل آمونیاک در پرورش متراکم و فوق تراکم و همچنین حمل و نقل ماهی همواره سبب مشکلاتی برای پرورش دهندگان می‌شود برای آزاد ماهیان مهاجر در پرورش در کانال‌های بتونی دراز، احتمالا یک غلظت ۰/۰۲ تا ۰/۰۳ میلی گرم در لیتر NH_3 به‌طور تقریبی بالاترین غلظتی است که می‌توانیم به‌منظور پیشگیری از بیماری‌ها بپذیریم چون در این سیستم‌ها امکان تعویض آب به‌حد کافی نیست، لزوم یافتن روش‌های تشخیص و پیشگیری که مطابق با امکانات موجود کشور باشد کمک شایانی به رفع این عارضه خواهد کرد.



شکل ۱. چرخه آمونیاک در آب و رابطه بازگشتی تعادلی آن با یون آمونیوم (Kowalski and Macke, 2011)

روش‌های متداول کنترل گاز آمونیاک

روش‌های متداولی برای کنترل گاز آمونیاک در سیستم‌های مکانیزه به‌کار می‌رود که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره‌کرد.

صافی‌های زیستی

یکی از راه‌های کاهش آلاینده‌های مختلف، روش بیولوژیک و استفاده از میکروارگانیسم‌ها می‌باشد که به اصلاح زیستی[1] معروف است. باکتری ها به علت داشتن آنزیم های مختلف تجزیه کننده نسبت به سایر میکروب‌ها از اهمیت بیشتری برخوردارند (Zaidi and Imam 1999). در این جا تصفیه زیستی اشاره به حذف آمونیاک و نیتریت به‌وسیله باکتری‌ها می‌باشد. آمونیاک NH_3 و نیتریت NO_2 حتی در مقادیر پایین برای ماهی سمی هستند. در حالی که نیترات NO_3 در غلظت‌های ۴۰۰ mg/L نسبتا غیرسمی می‌باشند (پیغان، ۱۳۷۸). در این صافی‌ها هدف تبدیل آمونیاک به نیتریت و سپس به نیترات می‌باشد (رابطه ۱ تا ۳ WPCF 1983 ; USEPA 1975).

باکتری‌هایی که آمونیاک را به نیتریت تبدیل می‌کنند، باکتری‌های نیتروزوموناس و باکتری‌هایی که نیتریت را به نیترات تبدیل می‌کنند باکتری‌های نیتروباکتر می‌باشند. هردوی این واکنش‌ها فرایند اکسیداسیون بوده و نیاز به مولکول O_2 دارد. اگر شرایط بی هوازی به‌وجود آید، عمل نیترات زدایی (دی نیتریفیکاسیون) رخ می‌دهد و نیترات دوباره تبدیل به آمونیاک می‌شود (پیغان، ۱۳۷۸).

$$NH_3+H_2O<=>NH_4^++OH^-\text{--->} \quad (۲)$$

$$NH_4^++1/5O_2\text{--->}2H^++H_2O+NO_2\text{--->} \quad (۳)$$

$$NO_2+0/5O_2\text{--->}NO_3 \quad (۴)$$

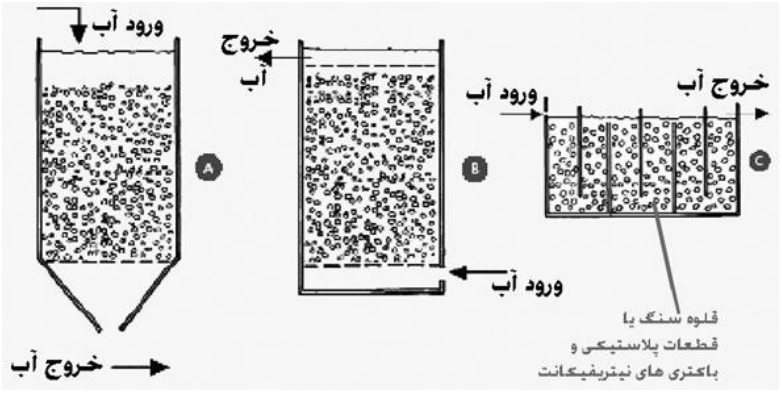
صافی‌های زیستی انواع متعددی دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به صافی‌های ذیل اشاره‌کرد:

صافی‌های غوطه‌ور

در این صافی‌ها که شاید قدیمی‌ترین صافی در پرورش آبزیان باشد، از قلوه سنگ‌ها و قطعات پلاستیکی به‌عنوان فاز ثابت استفاده‌شده و آب به‌عنوان فاز متحرک از آن‌ها عبور می‌کند (شکل ۲). ویژگی خاص این صافی‌ها آن است که مصالح داخل صافی دائما به‌حالت غوطه‌ور باقی می‌مانند (پیغان، ۱۳۷۸). به‌طور کلی محل انجام فرایند نیتریفیکاسیون و منطقه رشد و تکثیر باکتری‌ها در زیر آب قرار دارد. مسیر ورود و خروج آب در صافی، ممکن است از بالا به پایین یا بالعکس باشد (شکل ۲). در صافی‌های جریان به پایین اندازه ذرات کوچک تر از ۱۹–۲۵ میلی متر به‌علت مشکل انسداد توصیه نمی‌شود. انسداد فیلتر باعث تشکیل سلول‌های بی هوازی در تولید گاز متان می‌شود. در صافی‌های جریان رو به بالا انرژی برای تلمبه‌کردن به ارتفاع بالا توسط پمپ صورت گرفته و صافی‌ها مستعد

[1] Bioremediation

به گرفتگی نیستند چون فضولات در جهت خلاف ثقل حرکت می‌کند و هزینه شستشو در این حالت کمتر است و اندازه ذرات می‌تواند کوچک‌تر انتخاب شود. مهم‌ترین عامل محدودکننده در صافی‌های غوطه‌ور این است که اکسیژن مورد نیاز باید به‌وسیله پساب وارد صافی شود چون باکتری‌ها به‌طور مدام غوطه‌ور باقی می‌مانند. اگر هوادهی یا اکسیژن دهی کافی قبل از ورود آب به صافی انجام نشود ممکن است باکتری‌ها به‌علت نبود اکسیژن بمیرند (پیغان، ۱۳۷۸). در زیر مصالح صافی یک سطح مشبک وجود دارد که آب تصفیه‌شده از آن زهکشی شده و به بیرون از واحد هدایت می‌شود.



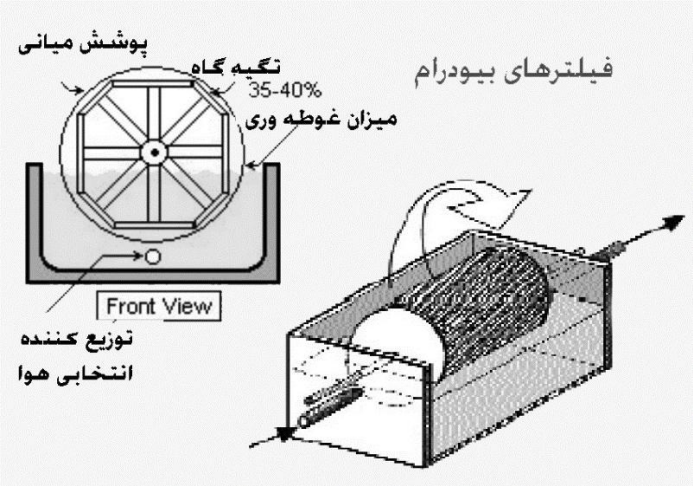
شکل ۲. صافی‌های غوطه‌ور و نوع مسیر ورود و خروج آب در این صافی‌ها (بالا به پایین یا بالعکس) (کرد، ۱۳۹۳)

صافی‌های قطره‌ای

اصول کار صافی‌های قطره‌ای همانند صافی‌های غوطه‌ور است ولی مصالح در این صافی‌ها غوطه‌ور نیستند. آب به‌وسیله دوش‌های ثابت یا گردان از بالا به داخل مصالح صافی پاشیده می‌شود و عمل مرطوب نگه‌داشتن و اکسیژن‌دهی هم‌زمان توسط حرکت رو به پایین آب انجام می‌شود. پساب در زیر کف سوراخ‌دار که مصالح را نگه‌می‌دارد، جمع می‌شود. فیلترهای قطره‌ای در مقایسه با فیلترهای غوطه‌ور از لحاظ کاهش قابلیت مؤثر ناشی از کمبود اکسیژن مشکل کمتری دارند (پیغان، ۱۳۷۸).

صافی‌های بیودرام

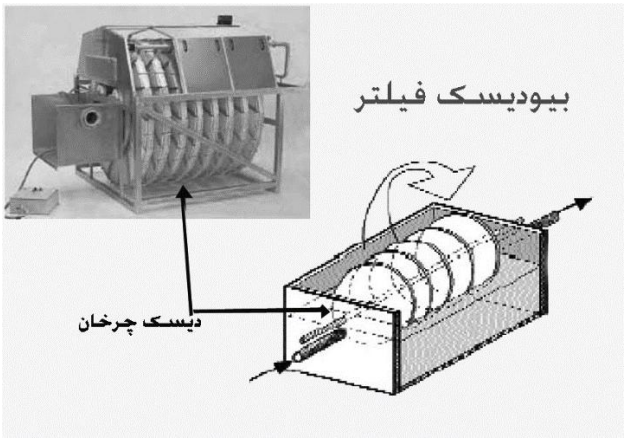
این صافی‌ها شامل قفس‌های استوانه‌ای شکل است که با مصالح پر می‌شوند، ۳۵ تا ۴۰ درصد استوانه‌ها معمولا غوطه‌ور می‌باشد. استوانه روی یک محور افقی سوار شده‌است و با چرخش محور، استوانه هم به‌چرخش درآمده و عمل مرطوب نگه‌داشتن مصالح و هوادهی توأم صورت می‌گیرد (شکل ۳). در صورتی که باکتری‌ها به مدت طولانی در زیر آب بمانند به علت کمبود اکسیژن از بین خواهند رفت. که برای جلوگیری از این حالت باید سرعت چرخش استوانه بطور مناسب تنظیم شود. همچنین اگر سرعت دوران استوانه بیش از حد باشد، موجب جدا شدن باکتری‌ها از روی سطح می‌شود (کرد، ۱۳۹۳). سرعت چرخش استوانه معمولا ۲ تا ۶ دور در دقیقه می‌باشد. برای مصرف انرژی کمتر معمولاً مصالح از جنس سبک مثل توپ‌ها و حلقه‌های پلاستیکی انتخاب می‌شود. با افزایش سطح مصالح در حجم یک مترمکعب، ظرفیت و عملکرد صافی بیشتر خواهد شد (پیغان، ۱۳۷۸).



شکل ۳. صافی‌های بیودرام و میزان غوطه‌وری آن در آب

صافی‌های بیودیسک

این صافی‌ها شامل صفحات صاف یا موج‌دار است که بر روی یک محور افقی چنان که در شکل ۴ نشان داده شده است سوار شده‌اند. مجموعه داخل یک مخزن یا مجرا که آب پرورشی در آن جریان دارد گردش می‌کند. تقریبا ۴۰ درصد از صفحات در آب غوطه‌ور بوده و محور بالاتر از سطح آب قرار می‌گیرد. با چرخش محور عمل مرطوب نگه‌داشتن و اکسیژن دهی انجام می‌شود. برای صرف انرژی چرخشی کمتر، صفحات از جنس ورق‌های پلاستیکی یا فایبرگلاس ساخته می‌شوند.



شکل ٤. صافی‌های بیودیسک همراه با صفحات موج‌دار است بر روی یک محور افقی

صافی‌های بستر روان

در این روش مقدار زیادی شن و ماسه به‌طور معلق در داخل استوانه‌ای قرار می‌گیرد. آب با جریان کافی از زیر استوانه وارد و از بالای استوانه پساب خارج می‌شود (شکل ۵). برای معلق نگه‌داشتن شن‌ها در داخل استوانه، فشار زیاد پساب ضروری است. باکتری‌ها

به‌دلیل ریز بودن، روی دانه‌های شن که سطح وسیعی را اشغال کرده، رشد می‌کنند و به تصفیه آب می‌پردازند. در این فیلتر باکتری‌ها اکسیژن مورد نیاز خود را از طریق آب تأمین می‌نمایند و از این رو بایستی جریان آب فشار لازم را داشته و از اکسیژن نیز غنی باشد. در تکثیر و پرورش آبزیان این صافی‌ها فقط برای حذف آمونیاک توصیه شده‌اند، چون آن‌ها ظرفیت گرفتن ذرات جامد را ندارند (پیغان، ۱۳۷۸). مطالعات انجام شده در دانشگاه ایالتی لوئیزیانا نشان داد که صافی‌های با بستر روان با استفاده از مصالح ماسه به قطر ۱/۱۹ – ۲/۳۸ میلی متر تقریبا دارای ظرفیت ۱۰ برابر صافی‌های با مصالح سنگ آهک با قطر ۲۵/۴ – ۱۴/۳ میلی متر هستند.

شکل ۵. شماتیک صافی‌های بستر روان

صافی‌های با مصالح سبک وزن – دانه تسبیحی

صافی‌های با مصالح سبک وزن معمولا به صافی‌های دانه شناور اطلاق می‌شود که از دانه‌های پلی اتیلن به قطر ۵-۳ میلی‌متر به‌عنوان مصالح صافی در یک شکل جریان به بالا با روند تحت فشار استفاده می‌شود. دانه‌ها سبک‌تر از آب بوده و در نتیجه بالای نقطه تزریق آب ورودی به‌صورت شناور قرار می‌گیرد، یک توری دانه‌ها را در بالای صافی نگه می‌دارد و از خارج شدن آن‌ها با آب خروجی جلوگیری می‌کند. در زیر صافی ناحیه ته‌نشین به‌شکل مخروط قرار دارد. برای به‌هم‌زدن و تمیزکردن دانه‌ها از یک پروانه که با نیروی موتور به گردش در می‌آید، استفاده می‌شود. صافی‌های دانه‌ای دو منظوره هستند: مواد جامد را می‌گیرند و صافی زیستی نیز هستند. مؤثر بودن عملکرد صافی زیستی در پرورش آبزیان اغلب بستگی به قدرت آن در اکسید کردن آمونیاک به نیتریت دارد. بازدهی صافی‌ها به عوامل متعدد شیمیایی، فیزیکی و زیستی از جمله: میزان PH، قلیائیت آمونیاک و نیتریت، اکسیژن، مواد جامد، شوری، انتشار گاز، دما، عمق صافی، مساحت سطح مقطع، بارگذاری هیدرولیکی، مصالح صافی، نسبت تخلخل صافی، مساحت سطح مخصوص، ضخامت لایه نازک، نور و تراکم توده زنده بستگی دارد (پیغان، ۱۳۷۸).

شکل ٦. صافی‌های دانه شناور به‌همراه دانه‌های پلی اتیلن (Anonymous, 2013)

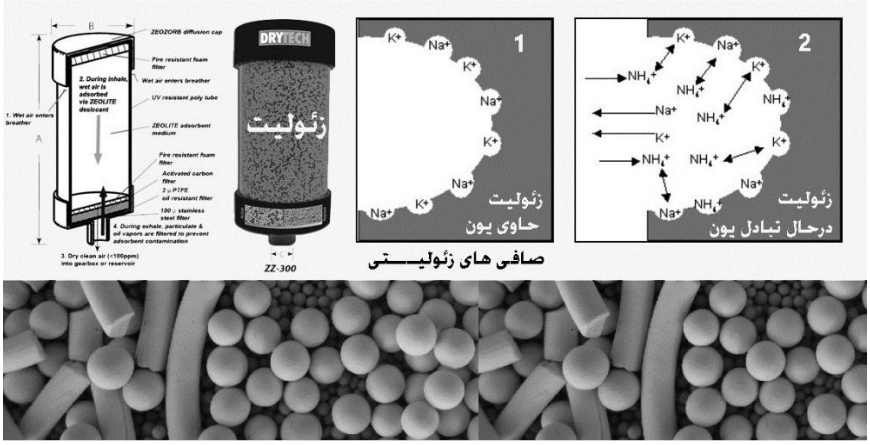
صافی‌های زئولیتی

استفاده از مواد افزایش دهنده کیفیت آب به‌عنوان بخشی از مدیریت آب در آبزی‌پروری از دیر باز مطرح بوده است. تاکنون مطالعات زیادی در این رابطه صورت گرفته‌است (Knoph , 1996; Sommai and Boyd, 1993; Gottardi and Galli, 1985). یکی از مواد کیفیت دهنده آب زئولیت می‌باشد. زئولیت‌ها در واقع کانی‌هایی از جنس سیلیکات آلومینیوم با ساختار چهاروجهی (چهار اتم اکسیژن حول یک اتم سیلیسیوم) هستند (دیانتی و زززولی، ۱۳۹۱). در ساختمان زئولیت‌ها حفرات و کانال‌های ریزی وجود دارد که به میزان ۲۰-۱۰ درصد حجم آن‌ها آب می‌باشد. وجود این ساختمان در زئولیت به آن‌ها اجازه می‌دهد تبادل کایتونی را با ظرفیت بین ۴/۷۳- ۲/۱۶ میلی اکی والان بر گرم داشته‌باشد (Keith, 1981; Gottardi and Galli, 1985). در بین زئولیت‌های طبیعی تنها ۸ نوع به وفور در رسوبات به میزان اقتصادی یافت می‌شوند که در بین آن‌ها دو نوع فیلیپسیت و کلینوپتیلولیت به‌دلیل تمایل بالا در جذب یون آمونیوم از اهمیت بیشتری در آبزی پروری برخوردارند (Kayabali and Kezer, 1998; Bergero *et al.*, 1994 ; مشاعی، ۱۳۷۹). که ترتیب تمایل جذبی در کلینوپتیلولیت به‌صورت رابطه (۵) است.

رابطه (۵) (دیانتی و زززولی، ۱۳۹۱) از چپ به راست به‌ترتیب کم می‌شود $CS\text{-}Rb\text{-}NH_4\text{-}Ba\text{-}Sr\text{-}Na\text{-}Ca\text{-}Fe\text{-}Mg\text{-}Li$

در آزمایشی که به همین منظور انجام شده است زئولیت علاوه بر جذب آمونیاک آب، سختی کل آب (مجموع یون‌های کلسیم و منیزیم) را نیز کاهش داده‌است و بعد از ۹۶ ساعت میزان زئولیت اشباع شده کارایی خود را از دست داده است. در ضمن هرچه ذرات زئولیت ریزتر باشند میزان آمونیاک بیشتری جذب زئولیت می‌شود (دیانتی و زززولی، ۱۳۹۱). برای احیاء مجدد زئولیت از نوع کلینوتپیلولیت باید آن‌ها را از محیط آبی خارج ساخت و در یک محلول نمکی NaCl شستشو داد تا دوباره به حالت اولیه برگردد (زیرا یون قابل تبادل در زئولیت Na می‌باشد) (دیانتی و زززولی، ۱۳۹۱). ظرفیت جذب آمونیاک زئولیت از نوع کلینوپتیلولیت بالا و معادل حذف ۹ میلی‌گرم آمونیاک به ازاء هر گرم کلینوتپیلولیت می‌باشد (خامنه اصل، ۱۳۹۱). زئولیت‌ها در داخل بستر صافی یا ستون بسته

قرار داده می‌شود. پساب از بالای ستون وارد شده و به طرف پایین در داخل زئولیت‌ها حرکت می‌کند. وقتی ظرفیت تعویض یون زئولیت تمام شد، با شستشوی ستون زئولیت‌ها مواد ترسیب شده از آن‌ها جدا می‌شوند. ستون زئولیت مواد جامد با این عمل زئولیت‌ها دوباره اصلاح و احیا خواهند شد. غلظت بالای مواد جامد معلق در پساب می‌تواند بستر زئولیت تعویض یون را مسدود سازد و باعث کاهش تأثیر آن شود (شکل ۷). لذا تصفیه اولیه قبل از تعویض یون لازم خواهد بود.



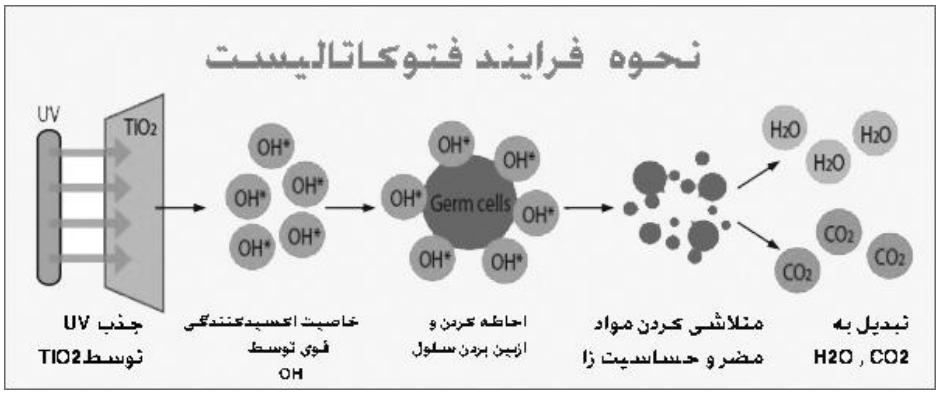
شکل ۷. صافی‌های زئولیتی (Kallmeyer, 2012)

صافی‌های فتوکاتالیستی

فتوکاتالیست ماده‌ای است که با جذب نور باعث ایجاد یک واکنش شیمیایی در محیط می‌شود. وقتی اشعه UV موجود در نور خورشید یا نور اتاق به یک سطح پوشیده شده از فتوکاتالیست برخورد می‌کند مواد آلی اطراف در اثر اکسید شدن، تجزیه می‌گردند. به‌این ترتیب گردوغبار و آلودگی آلی، مواد دارای بو و باکتری‌ها پاک می‌شوند و خاصیت خود تمیزکنی بسیار خوبی را به وجود می‌آورند. به‌طور مثال فتوکاتالیست اکسید تیتانیم TiO_2 با اندازه ۲۰nm ساخته می‌شود. پس از جذب UV اشعه خورشیدی توسط این ذرات، الکترون‌های آن‌ها توسط انرژی UV به تحرک درآمده و از مدار خود خارج می‌شوند که نتیجه آن برجای گذاشتن حفراتی است که قابلیت اکسیدکنندگی بسیار بالایی دارند. در عین حال الکترون‌ها که خاصیت احیایی قوی دارند، پس از تماس با H_2O و O_2 هوا مطابق واکنش زیر رادیکال‌های آزاد اکسیژن و هیدروکسیدی ایجاد می‌کنند که خاصیت اکسیدکنندگی بالایی داشته و قادر خواهند بود که مواد آلاینده، دود و باکتری‌های مضر را به مواد بیضرری مانند H_2O و CO_2 تجزیه کنند. در نتیجه، رادیکال‌های تشکیل شده در نقش یک اکسیدکننده قوی با ترکیبات آلی مثل آمونیاک واکنش می‌دهند (محمدی یزدی و اکبری شاد، ۱۳۹۲).

یکی از چالش‌های تیتانیم دی‌اکسید نانومتری فقط به‌وسیله نور فرابنفش فعال می‌شود و یکی از اصلی‌ترین چالش‌ها این است که این ماده هر نوع توده ترکیبات آلی را از بین می‌برد. یافته‌ها در مورد سمی بودن تیتانیم دی‌اکسید نانومتری هنوز قطعی نیست، هرچند به‌علت ثابت بودن مکان آن احتمال خطر بسیار پایین است (شریف نیا و کمرخانی، ۱۳۹۱). در سامانه تصفیه آب فتوکاتالیستی

خورشیدی به‌نام Ray Wox آب آلوده با فتوکاتالیست‌های اضافه شده به آن در لوله‌های شیشه‌ای دریافت کننده نور خورشید جریان می‌یابد و به کمک تابش‌های خورشیدی از آلودگی پاک می‌شود (شریف نیا و کمرخانی، ۱۳۹۱). در آزمایشی که به‌منظور عملکرد حذف فتوکاتالیستی پساب‌های آمونیاکی با استفاده از نانوذرات دی اکسید تیتانیم داپ شده با نیتروژن انجام شده است کارایی نسبتا خوب کاتالیست تثبیت شده در حضور نور UV و نور مرئی با قابلیت جذب ۰٪ و ۸۵٪ در طول ۱۲۴ دقیقه اثبات شده است.



شکل ۸. حالت کلی اکسیداسیون فوتوکاتالیک[۲] در صافی‌های فتوکاتالیستی (Anonymous. 2012)

تجزیه‌کننده‌های اولتراسونیک

امواج اولتراسوند شکلی از امواج مکانیکی دارای فرکانس بالاتر از حد شنوایی انسان می‌باشد. گوش انسان قادر است امواج بین حدود ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز را بشنود. محدوده امواج فراصوت بیش از ۲۰ کیلوهرتز می‌باشد. از امواج فراصوت قوی می‌توان در اکسیداسیون و غیرفعال کردن آنزیم‌ها از بین بردن میکروارگانیسم‌ها و غیره استفاده کرد. در پژوهشی که به این منظور انجام شده است مشخص شده که با استفاده از امواج فراصوت با فرکانس پایین می‌توان واکنش اکسیداسیون را تسریع کرد (Ozturk and Bal, 2015). مهم‌ترین دلیل تأثیر امواج فراصوت با شدت بالا، پدیده‌ای به‌نام کاویتاسیون می‌باشد. طبق تعریف کاویتاسیون عبارت است از تشکیل، رشد و متلاشی شدن حباب‌های کوچک در مایع در اثر ایجاد فشار منفی زیاد. امواج فراصوت نظیر همه امواج متشکل از چرخه‌های انقباض و انبساط هستند. افزایش شدت موج سبب افزایش فاصله مولکولی و خارج‌شدن یک مولکول از دایره ارتباطی مولکول مجاورش و ایجاد حباب می‌گردد. مرحله بعدی در چرخه کاویتاسیون متلاشی شدن آن و آزاد شدن انرژی و ظهور اثرات مکانیکی پدیده فوق می‌شود. هر حباب به منزله میکروراکتوری عمل می‌کند که متلاشی شدن آن سبب تولید دمایی حدود ۵۰۰۰ درجه سانتی‌گراد و فشاری معادل ۲۰۰۰ اتمسفر می‌شود و پس از آن سردشدن فوق‌العاده سریع اتفاق می‌افتد. این عمل در آب باعث تولید رادیکال‌های H^+ و OH^- و در نهایت منجر به ایجاد H_2O_2 می‌شود، رادیکال‌ها با سایر مواد موجود در حباب مثل یون آمونیوم واکنش داده و آن را اکسید می‌کند (Ozturk, and Bal, 2015).

[۱] Photo-catalytic Oxidation

در تحقیقی که به‌منظور میزان اثر امواج اولتراسوند روی حذف آمونیاک محلول در آب انجام شده است، سه فاکتور PH محلول، قدرت و فرکانس امواج روی حذف آمونیاک از آب مورد بررسی قرار گرفت. میزان حذف آمونیاک در محدوده ۶۴-۶ درصد در محدوده ۱۱-PH=۸/۲ و فرکانس ^{S}(۶۰۰-۶۰) به‌دست آمد (مرادی همدانی، ۱۳۹۲). همچنین در مطالعه‌ای دیگر کارایی چشم‌گیر امواج مافوق صوت در تجزیه و حذف آمونیاک از محلول‌های آبی مشاهده شده است (بی‌نام. ۱۳۸۴). مجموعه‌های تولیدکننده امواج فراصوت از سه قسمت منبع تغذیه، مبدل و تقویت کننده تشکیل شده است. منبع تغذیه به‌عنوان مرجع تولید موج با فرکانس بالا از اهمیت کلیدی برخوردار است، مبدل امواج الکتریکی را به موج مکانیکی یا صوتی تبدیل می‌کند و به‌عنوان قلب تپنده دستگاه با استفاده از خاصیت الکترواستریکشن یک ماده پیزوالکتریک عمل تبدیل امواج از الکتریکی به صوتی را انجام می‌دهد. تقویت کننده یا هورن (پراب) ابزارهایی هستند که به‌عنوان انتقال دهنده مکانیکی و در جهت افزایش شدت ارتعاش تولید شده توسط مبدل عمل می‌کنند. تقویت کننده‌ها از دو قسمت با سطح مقطع متفاوت تشکیل شده‌اند. هرچه قطر نوک تقویت کننده کوچک تر باشد، کاویتاسیون با شدت بیشتری انجام خواهد شد.

نتیجه‌گیری

آمونیاک در اثر شکسته‌شدن پروتئین‌ها در آبزیان وارد محیط آب می‌شود. همچنین عمده‌ترین ترکیب نیتروژنی دفعی ۱۰ تا ۹۰ درصد ماهیان است. گاز آمونیاک بیشترین سمیت را نسبت به یون آمونیوم برای ماهیان دارد، به‌طور مثال غلظت کشنده آمونیاک در مدت زمان ۲۴ ساعت برای ماهی قزل آلا ۲۵ میلی‌گرم در لیتر آمونیاک کل و این مقدار برای ماهی کپور در ۲۴ ساعت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر آمونیاک کل می‌باشد. علائم اولیه افزایش آمونیاک در آب بروز تفاوتی در رفتار و ساختار ماهی است که شامل خم شدن عضلات تنه، تحریکات عصبی، پرخونی آبشش‌ها، عدم تعادل، شنای ناموزون، کاهش رشد و در نهایت مرگ ماهی می‌شود. لزوم یافتن روش‌های تشخیص و پیشگیری که مطابق با امکانات موجود کشور باشد کمک شایانی به رفع این عارضه خواهد کرد. روش‌های متداولی برای کنترل گاز آمونیاک در سیستم‌های مکانیزه به‌کار می‌رود. اصطلاح تصفیه زیستی در یک مفهوم گسترده به فنون تصفیه که در آن از موجودات زنده ریز جهت حذف یک ماده از محلول مایع استفاده شده اطلاق می‌گردد. صافی‌های زیستی شامل صافی‌های غوطه‌ور، صافی‌های قطره‌ای، صافی‌های بیودرام، صافی‌های بیودیسک، صافی‌های بستر روان و صافی‌های با مصالح سبک وزن – دانه تسبیحی می‌باشند. ویژگی خاص این صافی‌ها آن است که مصالح داخل صافی دائما به‌حالت غوطه‌ور باقی می‌مانند. اصول کار صافی‌های قطره‌ای همانند صافی‌های غوطه‌ور است ولی مصالح در این صافی‌ها غوطه‌ور نیستند. علاوه بر این فیلترهای قطره‌ای در مقایسه با فیلترهای غوطه‌ور از لحاظ کاهش قابلیت مؤثر ناشی از کمبود اکسیژن مشکل کمتری دارند. صافی‌های بیودرام شامل قفس‌های استوانه‌ای شکل است که با مصالح پر می‌شوند و تنها ۳۵ تا ۴۰ درصد استوانه‌ها معمولا غوطه‌ور می‌باشد. برای مصرف انرژی کمتر معمولاً مصالح از جنس سبک مثل توپ‌ها و حلقه‌های پلاستیکی انتخاب می‌شود. با افزایش سطح مصالح در حجم یک

مترمکعب، ظرفیت و عملکرد صافی بیشتر خواهد شد. در صافی‌های بیودیسک تقریبا ۴۰ درصد از صفحات در آب غوطه‌ور بوده و محور بالاتر از سطح آب قرار می‌گیرد که برای صرف انرژی چرخشی کمتر، صفحات از جنس ورق‌های پلاستیکی یا فایبرگلاس ساخته می‌شوند. از دیگر روش‌های کنترل مکانیزه گاز آمونیاک می‌توان به صافی‌های زئولیتی، صافی‌های فتوکاتالیستی و تجزیه-کننده‌های اولتراسونیک اشاره‌کرد. زئولیت‌ها در واقع کانی‌هایی از جنس سیلیکات آلومینیوم با ساختار چهاروجهی هستند. در ساختمان زئولیت‌ها حفرات و کانال‌های ریزی وجود دارد که به میزان ۲۰-۱۰ درصد حجم آن‌ها آب می‌باشد. در بین زئولیت‌های طبیعی تنها ۸ نوع به وفور در رسوبات به میزان اقتصادی یافت می‌شوند. بطور کلی بازدهی صافی‌ها به عوامل متعدد شیمیایی، فیزیکی و زیستی از جمله: میزان PH، قلیائیت آمونیاک و نیتریت، اکسیژن، مواد جامد، شوری، انتشار گاز، دما، عمق صافی، مساحت سطح مقطع، بارگذاری هیدرولیکی، مصالح صافی، نسبت تخلخل صافی، مساحت سطح مخصوص، ضخامت لایه نازک، نور و تراکم توده زنده بستگی دارد. با توجه به هدف مورد نظر از بکارگیری صافی و ویژگی‌های مصرف انرژی، هزینه اولیه، هزینه مصرفی، ظرفیت و عملکرد می‌توان با توجه به ویژگی‌های هر یک از انوع صافی‌ها بهترین را انتخاب و مورد استفاده قرار داد.

منابع

اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۸۳. هیدروشیمی بنیان آبزی پروری، انتشارات اصلانی. ۲۴۹ص.

بی‌نام. ۱۳۸۴. خطرات گاز آمونیاک برای گوساله‌ها. دوماهنامه دام و طیور و آبزیان و صنایع غذایی، سال دوم، ۱۳ : ۶۶.

پیغان، ر. ۱۳۷۸. ببرسی تجربی مسمویت حاد با آمونیاک در کپور معمولی براساس تغییرات هیستوپاتولوژیک و آنزیم‌های سرمی و امکان پیشگیری آن با زئولیت. پایان نامه دکتری، دانشگاه تهران.

جعفری باری، م. (ترجمه). ۱۳۸۰. اصول مهندسی آبزیان. توماس ب لاوسون. معاونت تکثیر و پرورش آبزیان. اداره کل آموزش و ترویج. ۵۰۴ ص.

خامنه اصل، ش. ۱۳۸۷. آشنایی با خاصیت فتوکاتالیستی نانو پودر اکسید تیتانیوم. فصلنامه پیام، ۲۶ : ۳۴.

دیانتی، ر. و زرولی، م. ۱۳۹۱. بررسی کارایی زئولیتکلینوتیپیلولایت در حذف آمونیوم از آب‌های آلوده. مجله دانشکاه علوم پزشکی مازندران، ۲۲ (۹۷) : ۲۵۶-۲۵۰.

شریف نیا، ش. و کمرخانی، ع. ۱۳۹۱. حذف فتوکاتالیستی آلایندگی آمونیاکی با استفاده از ذرات دی اکسیدتیتانیم داپ شده با نیتروژن. اولین همایش ملی تصفیه آب. ماهشهر.

فرهنگی، م.، کمالی، ا. و مرادلو، ع. ۱۳۸۲. بررسی نقش زئولیت طبیعی در کاهش مسمویت با آمونیاک در قزل آلای رنگین کمان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰ (۲) : ۲۰۸-۱۹۵.

کرد، ک. ۱۳۹۳. آشنایی باانواع فیلترهای زیستی. اداره کل شیلات خوزستان. قابل دسترس در http://www.khzshilat.ir.

محمدی یزدی، س. و اکبری شاد، س. ۱۳۹۲. تصفیه آب با فتوکاتالیست‌ها. ماهنامه جهان گستر. ۱۰۷ : ۴۰.

مرادی همدانی، ن. ۱۳۹۲. استفاده از امواج التراسونیک فرکانس بالا جهت حذف آمونیاک از پساب‌های صنعتی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه رازی.

مشاعی، م. (ترجمه). ۱۳۷۹. فیزیولوژی ماهی در سیستم‌های پرورشی متراکم. گری. آودیر. معاونت تکثیر و پرورش آبزیان. اداره کل آموزش و ترویج : ۱۰۱ص.

Anonymous, 2013. Tongxiang Small Boss Special Plastic Products Co., Ltd. Available at: http://www.smallboss.en.made-in-china.com.

Anonymous. 2012. PCO (Photo Catalytic Oxidation) Nano-Technology How TiO2 UV Photocatalytic Oxidation (PCO) Works. Principle of Photo-catalytic Oxidation. Available at: http://www.air-oasis-uv-pco-sanitizers.com.

Bergero , D. , Boccignone , M. and Palmegiano , G.B. 1994. Ammonia removal capacity of European natural. Zeolite tuffs : application to aquaculture Waste water. Aqua. And fish. Manage. 25 : 813-820

Zaidi, B.R. and Imam, S.H., 1999. Factors affecting microbial degradation of polycyclic aromatic hydrocarbon phenanthrene in the Caribbean coastal water. Marine Pollution Bulletin, 38(8): 737-742.

Gottardi, G. and Galli, E., 1985. Natural zeolites, 409 p.

K. Kayabali , H. Kezer. 1998. Testing the ability of bentonite amended. Natural zeolite (Clinoptiololite) to remove heavy menals from liquid waste. J.Environ. Geo. 34 : 95-100

Kallmeyer J. 2012. A discussion of what Zeolites are and how they function. Available at: http://www.wetwebmedia.com.

Keith, F., 1981. The Encyclopedia of Mineralogy, Vol. IVB. Hutchinson Ross. Stroudsburg, Penn., 794 pp.

Knoph , M.B. 1996. GillVentilation frequeency and mortality of Atlantic salmon (salmon salar) exposed to high ammonia Levels in sea water. Water. Res. Oxford. 30 : 837-842.

Kowalski E. and Macke J. 2011. Cycling an Aquarium for Aquatic Animals. Available at: http://www.caudata.org/cc/articles/cyclingEDK.shtml.

Ozturk , E. and Bal , N. 2015. Evaluation of ammonia nitrogen removal efficiencyn from aqueous solutions by ultrasonic irradiation in short sonication periods. Ultrasonics Sonochemistry. 26 : 422-427.

Sommai , Ch. And C.Boyd. 1993. Effects of Zeolite , formalis , bacteria augmentation , and aeration on total ammonia nitrogen. Concentration. Aqua. 116 : 35-45.

United States Environment Protection Agency (USEPA). 1975. Methods for acute toxicity test with fish, macroinvertebrate and amphibians. Ecol Res Ser. EPA-660/3-009. APHA, 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater (19th edition). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington, DC.