نشریه حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی
جلد هفتم، شماره اول، ۱۳۹۷
۷۷-۹۲
http://ejang.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejang.2019.7068.1205

طراحی سامانه‌های مناسب تصفیه فاضلاب در صنایع تولید ورق‌های فشرده چوبی

***پیام قربان‌نژاد[۱]، محمدرضا دهقانی فیروزآبادی[۲] و جواد یزدان‌مقدم[۳]**

[۱]استادیار گروه پالایش‌زیستی، دانشکده فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، [۲]دانشیار گروه مهندسی خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]کارشناسی‌ارشد مدیریت استراتژیک، مدیرعامل کارخانه صنایع کیمیاچوب گلستان، گروه سلولزی گلستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰٤/۲٤؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۳/۱۹

چکیده

سابقه و هدف: انتخاب مناسب سامانه‌های تصفیه فاضلاب، یکی از مهم‌ترین بخش‌های طراحی تصفیه‌خانه شهری و صنعتی است. طراحان عموماً با استفاده از تجربیات شخصی و فناوری‌های موجود اقدام به طراحی سیستم‌های تصفیه فاضلاب می‌کنند. شباهت سیستم‌های تصفیه‌خانه شهری با برخی از سیستم‌های صنعتی، منجر به کاهش استفاده و ارزیابی سیستم‌های مختلف تصفیه فاضلاب و انعطاف‌پذیری آن شده است. هر چند فرایند تولید ورق‌های فشرده چوبی معمولاً فرایند خشک است، ولی حجم آب مصرفی در بخش شستشوی چیپس، پالایش‌گر، دیگ‌های بخار و خشک‌کن می‌تواند قابل‌ملاحظه باشد. وجود چسب اوره فرم‌آلدهید، مواد استخراجی چوبی، الیاف و ترکیبات لیگنینی در فاضلاب صنایع تولید ورق‌های فشرده چوبی و استقرار این صنایع در مناطق مختلف شهری، کشاورزی و شهرک‌های صنعتی، طراحی بهینه سیستم تصفیه فاضلاب آن‌ها را ضروری ساخته است. در این مقاله سعی شده است تا سامانه‌های مختلف تصفیه فاضلاب صنایع تولید ورق‌های فشرده چوبی بررسی شود تا صاحبان این صنایع بتوانند با توجه به نیاز و قوانین زیست‌محیطی منطقه خود، سامانه تصفیه‌خانه مناسب را انتخاب کنند.

مواد و روش‌ها: این مقاله مروری بر روش‌های کاربردی تصفیه فاضلاب کارخانجات صنایع سلولزی از طریق مطالعات موردی و کتابخانه‌ای را مورد بررسی قرار داده است.

یافته‌ها: بر اساس یافته‌های به‌دست آمده، بخشی از ترکیبات فرم‌آلدهید به متانول تبدیل می‌شود. تمامی سوبسترای COD زمانی‌که فرم‌آلدهید به مقدار ٦۰۰-۲۰۰ mg/l.COD باشد، تبدیل به متان می‌شود؛ اما در مقدار mg/l.COD ۱٤۰۰ هیچ متانی به‌دلیل اثر سمی فرم‌آلدهید در واکنش تولید نشده است. با این وجود، تبدیل فرم‌آلدهید به متان بازدارنده فرآیند نیست. طی تبدیل فرم‌آلدهید، یک پیک هیدروژن مشاهده می‌شود که این پیک مربوط به مقدار اولیه فرم‌آلدهید می‌باشد. به‌نظر می‌رسد که فرم‌آلدهید ابتدا اکسید می‌شود و سپس به متانول کاهش می‌یابد.

* مسئول مکاتبه: p_ghorbannezhad@sbu.ac.ir

نتیجه‌گیری: بهترین مورد برای تصفیه فاضلاب‌های حاوی فرم‌آلدهید و اوره، ترکیب واحدهای نیتروژن‌دار و نیتروژن‌زدا در یک شکل پیش‌نیتروژن‌زدا می‌باشد. در تانک نیتروژن‌زدا، نیترات برگشتی از واحد نیتروژن‌زدا، به‌وسیله فرم‌آلدهید به‌عنوان الکترون‌گیرنده، نیتروژن‌زدایی شده و اوره هم به آمونیاک هیدرولیز می‌شود. در واحد نیتروژن‌دار، آمونیاک و فرم‌آلدهید باقی‌مانده به نیتریت و دی‌اکسید کربن اکسید می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: اوره فرم‌آلدهید، تصفیه فاضلاب، قوانین زیست‌محیطی، ورق‌های فشرده چوبی

مقدمه

افزایش روند تقاضا برای فرآورده‌های ورقه‌ای چوبی در ایران و مشکلات ناشی از واردات آن‌ها، صاحبان این صنایع را در جهت افزایش ظرفیت تولید و احداث کارخانه‌های جدید، به‌ویژه کارخانه تخته‌فیبر دانسیته متوسط (MDF[1]) سوق داده است. صنایع MDF با استفاده از دستگاه‌های پیشرفته و ارتقاء سطح اتوماسیون تولید خود گامی در جهت اهداف مربوطه برداشته‌اند. با این وجود رعایت استانداردهای لازم زیست‌محیطی یکی از مسائل مهم است که این کارخانه‌ها را با مشکل مواجه کرده است. هر چند فرایند تولید ورق‌های فشرده چوبی معمولاً فرآیند خشک است، ولی حجم آب مصرفی در بخش شستشوی خرده‌چوب، پالایش‌گر، دیگ‌های بخار و خشک‌کن می‌تواند قابل‌ملاحظه باشد. با توجه به حجم آب مصرفی در فرآیند و وجود ترکیبات آلی در فاضلاب خروجی، بیش‌تر کارخانه‌ها را مجاب به احداث سامانه تصفیه فاضلاب برای رعایت قوانین زیست‌محیطی می‌کنند. آب خروجی در کارخانه‌های تولید MDF به‌خاطر شرایط ویژه فرآیند تولید، دارای مقدار زیادی ترکیبات آلی و فرار است. یکی از مهم‌ترین آلاینده‌ها در فاضلاب این صنایع، ترکیبات موجود در چسب مصرفی آن‌ها می‌باشد. اوره فرم‌آلدهید، چسب مورد استفاده در اکثر کارخانه‌های تولید ورق‌های فشرده چوبی، می‌باشد. چسب اوره فرم‌آلدهید پرمصرف‌ترین چسب گرماسخت بوده و عمدتاً از رزین‌های آمینی ساخته می‌شود. این رزین‌ها طی فرآیند تولید در صنایع مختلف مانند نساجی (جهت بهبود ویژگی‌های پرس دائمی)، تولید لاستیک اتومبیل و کاغذسازی به‌کار می‌روند. رزین‌های آمینی برای فراورده‌های قالبی مانند تجهیزات الکتریکی، سرپوش‌ها، ساخت دکمه، ظروف و صفحات قالبی آشپزخانه به‌کار می‌روند. یکی از کاربردهای مهم رزین‌های آمینی، تولید رزین اوره فرم‌آلدهید در صنایع تولید چسب می‌باشد. رزین اوره فرم‌آلدهید به‌دلیل مزیت‌هایی چون ارزانی، استفاده آسان تحت شرایط نگهداری مختلف، دمای نگهداری کم، حلالیت در آب، مقاوم به میکروارگانیسم‌ها، سختی، ویژگی حرارتی عالی و رنگ روشن به‌عنوان چسب اصلی در تولید ورق‌های فشرده چوبی مصرف می‌شود. عیب اصلی چسب‌های اوره فرم‌آلدهید در مقایسه با دیگر چسب‌های گرماسخت، عدم مقاومت در شرایط مرطوب، به‌ویژه در معرض با حرارت می‌باشد. این شرایط منجر به تجزیه واکنش‌های اتصال و آزاد شدن فرم‌آلدهید می‌گردد. بنابراین، این رزین معمولاً برای اتصال‌های درونی مواد در صنایع استفاده می‌شود که در این حالت نیز آزاد شدن آرام فرم‌آلدهید (گاز سرطان‌زای معلق[2]) از چسب اوره فرم‌آلدهید موجود در فرآورده اتفاق می‌افتد (لیو و ژو، ۲۰۱٤). با توجه به این‌که فرم‌آلدهید در رتبه‌بندی اثرات زیست‌محیطی

1- Medium density fiberboard

2- Suspected carcinogen

که از ٤٥ ماده شیمیایی مورد مصرف در صنایع، به‌عنوان خطرناک‌ترین ماده شیمیایی مضر معرفی شده است (ادواردز و همکاران، ۱۹۹۹)، ولی مطالعات بسیار کمی در این زمینه در کشور صورت گرفته است. آمار مشخص و دقیقی مبنی بر تأثیر فرم‌آلدهید بر آب‌های زیرزمینی اطراف کارخانه‌های چسب‌سازی و صنایع اوراق فشرده چوبی در دسترس نیست ولی مشاهدات میدانی نشان داده که اکثر صنایع اوراق فشرده چوبی به‌خصوص صنایع تخته فیبر در کشور نسبت به رعایت استانداردهای لازم زیست‌محیطی با مشکل مواجه‌اند. در حال حاضر شرکت‌های تخته فشرده ممتاز گلستان و صنعت چوب شمال را می‌توان از جمله کارخانه‌های موفق صفحات فشرده چوبی در زمینه تصفیه فاضلاب اشاره کرد.

ویژگی فاضلاب حاوی اوره فرم‌آلدهید: فاضلاب‌های صنعتی که حاوی ترکیبات اوره فرم‌آلدهید هستند، مقدار COD زیادی دارند و علت آن وجود فرم‌آلدهید و میزان نیتروژن نسبتاً زیاد به‌دلیل وجود اوره و کوپلی‌مرهای حاصل و میزان فسفر و کربن غیرآلی کم می‌باشد.

تصفیه بیولوژیکی اوره فرم‌آلدهید: فاضلاب‌های حاوی چسب‌های اوره فرم‌آلدهید صنعتی دارای غلظت زیادی از ترکیبات کربنی و نیتروژنی هستند. تصفیه بی‌هوازی[1] بهترین انتخاب از نظر صرفه اقتصادی، انرژی و تولید لجن کم‌تر می‌باشد. همان‌طور که در واکنش ۱ مشاهده می‌شود، در این مرحله، فرم‌آلدهید به متان و دی‌اکسید کربن تجزیه شده و اوره به آمونیوم هیدرولیز می‌شود.

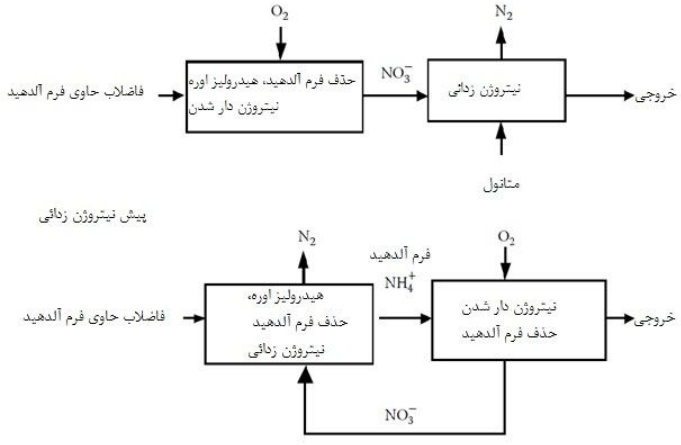
واکنش ۱- تخریب بی‌هوازی فرم‌آلدهید

$$2CH_2O \rightarrow CH_4 + CO_2$$

واکنش ۲- هیدرولیز اوره

$$H_2N - CO - NH_2 + 3H_2O \rightarrow 2NH_4 + CO_2 + 2OH$$

به‌طورکلی، استفاده تنها از مرحله بی‌هوازی برای کاهش COD موردنظر نیست بنابراین جهت حذف نیتروژن و کاهش COD پیش‌تیمارهایی لازم به‌نظر می‌رسد (شکل ۱).



شکل ۱- شکل‌های پیش‌تیمار و پس‌تیمار در تصفیه فاضلاب محتوی اوره و فرم‌آلدهید.

Figure 1. Pretreatment and post-treatment of wastewater treatment contained Urea and formaldehyde.

1- Anaerobic treatment

$$HCHO + H_2O \rightarrow HCOOH + H_2$$
$$HCHO + H_2 \rightarrow CH_3OH$$
$$2HCHO + H_2O \rightarrow CH_3OH + HCOOH$$

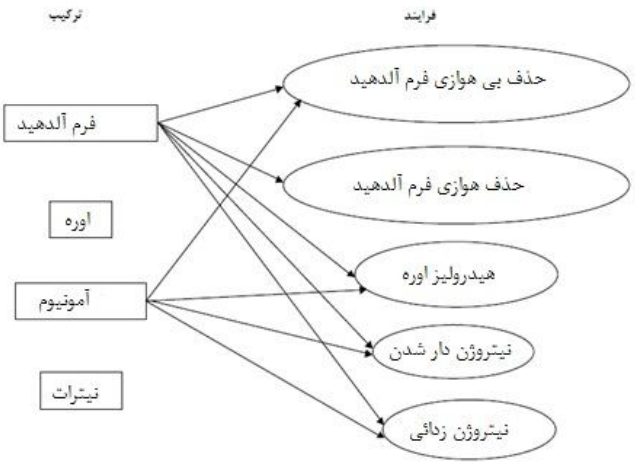
واکنش ۳- نیتروژن‌دارشدن در هیدرولیز اوره

$$NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + H_2O + 2H^+$$

$$4NO_3^- + 5CH_2O \rightarrow 2N_2 + 5CO_2 + 3H_2O + 4OH^-$$

واکنش ٤- نیتروژن‌زدایی

واکنش‌های بین فرآیندهای بیولوژیکی و ترکیبات فاضلاب: کنترل پایدار تصفیه بیولوژیکی محتوی فرم‌آلدهید و اوره به‌خاطر بعضی از ترکیبات سمی موجود در فرآیند، کمی پیچیده است. شکل ۲ امکان واکنش‌های سمی بین ترکیبات مختلف و فرآیند تصفیه فاضلاب را نشان می‌دهد.



شکل ۲- واکنش‌های مرتبط بین ترکیبات و فرآیند تصفیه فاضلاب.

Figure 2. Reactions of wastewater treatment process.

حذف فرم‌آلدهید در سیستم بی‌هوازی: روش‌های مختلفی جهت تجزیه بیولوژیکی فرم‌آلدهید تشریح شده است. گندالس‌گیل و همکاران (۱۹۹۹)، آزمایش‌های فعالیت بی‌هوازی فرم‌آلدهید به‌عنوان تنها منبع کربن را انجام داده‌اند. بر اساس یافته‌های به‌دست آمده، بخشی از ترکیبات فرم‌آلدهید به متانول تبدیل می‌شود. تمامی سوبسترای COD زمانی‌که فرم‌آلدهید به مقدار mg/l.COD ٦٠٠-٢٠٠ باشد، تبدیل به متان می‌شود؛ اما در مقدار mg/l.COD ١٤٠٠ هیچ متانی به‌دلیل اثر سمی فرم‌آلدهید در واکنش تولید نشده است. با این وجود، تبدیل فرم‌آلدهید به متان بازدارنده فرآیند نیست. طی تبدیل فرم‌آلدهید، یک پیک هیدروژن مشاهده می‌شود که این پیک مربوط به مقدار اولیه فرم‌آلدهید می‌باشد. به‌نظر می‌رسد که فرم‌آلدهید ابتدا اکسید می‌شود و سپس به متانول کاهش می‌یابد. واکنش‌های تبدیل به متانول در زیر ارائه شده است.

اکسیداسیون
کاهش
کل

واکنش ۵-

$$HCHO + H_2O \rightarrow HCOOH + H_2$$
$$HCHO + H_2 \rightarrow CH_3OH$$
$$2HCHO + H_2O \rightarrow CH_3OH + HCOOH$$

اثرات سمی[1]: سمیت فرم‌آلدهید طی تیمار بی‌هوازی وابسته به پارامترهای مختلف زیر است:

- طبیعت کوسوبسترا (سوبسترا ترکیبی جهت فعالیت بیش‌تر آنزیم‌هایی که در سوبسترا فعالیت کندی دارند)؛
- حالت عملکرد تصفیه (پیوسته یا ناپیوسته)؛
- نوع راکتور؛
- نسبت فرم‌آلدهید به میکروارگانیسم‌ها؛
- نسبت COD به فرم‌آلدهید.

تودینی و هولشرف پل (۱۹۹۲)، فعالیت تجزیه میکروارگانیسم‌ها بر روی فرم‌آلدهید با کوسوبسترای مختلف مانند هیدروژن، سدیم بوتیرات و ساکروز را بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان تجزیه مربوط به ساکروز بوده است. ویدال و همکاران (۱۹۹۹)، تصفیه فاضلاب محتوی فرم‌آلدهید به‌همراه گلوکز به‌عنوان کوسوبسترا را در راکتور UASB[2] بررسی کرده و نتایج نشان داده که میزان آلدهید به متانول کاهش یافته است و سمیت کم‌تری برای باکتری‌ها نتیجه داد. باتاچار و پارکین (۱۹۸۸)، با بررسی تاثیر حالت عملکرد بر روی تجزیه فرم‌آلدهید مشاهده کرده‌اند که عملکرد پیوسته برای باکتری‌ها در غلظت بیش‌تر فرم‌آلدهید، مناسب‌تر است.

شرما و همکاران (۱۹۹٤)، تجزیه بیولوژیکی بی‌هوازی فاضلاب پتروشیمی حاوی g/l ٤/٥ فرم‌آلدهید را ارزیابی کرده‌اند. آن‌ها دریافتند که مقاومت میکروارگانیسم‌ها با افزایش غلظت زیست‌توده به‌وسیله تثبیت مواد کمک‌کننده زیست‌توده افزایش می‌یابد. فرم‌آلدهید با سمیت mg/l ۳۷۵ در راکتورهای محتوی کمک‌کننده زیست‌توده مشاهده شده است؛ در صورتی‌که این میزان در راکتورهای محتوی زیست‌توده معلق mg/l ۱۲۵ بوده است.

نسبت فرم‌آلدهید به زیست‌توده یک عامل کلیدی در سیستم بی‌هوازی است (بکر و همکاران، ۱۹۸۳). فاضلاب با نسبت ۰/۸۹ گرم فرم‌آلدهید به مواد معلق فرار در فرایند ناپیوسته، یک عامل بازدارنده جهت فعالیت باکتری بی‌هوازی می‌باشد. نویسندگان همچنین گزارش دادند که تصفیه بی‌هوازی فاضلاب حاوی فرم‌آلدهید فقط زمانی‌که نسبت COD به فرم‌آلدهید بیش‌تر از ۱۰۰۰ باشد، امکان‌پذیر است. با این وجود، دیگر پژوهشگران مانند پارکین و همکاران (۱۹۸۳)، یک کارکرد پایدار با استفاده از استات به‌عنوان سوبسترای اصلی با نسبت کم‌تر COD به فرم‌آلدهید (حدود ٦) گزارش کردند.

اطلاعات کافی در مورد مکانیزم سمیت فرم‌آلدهید وجود ندارد. اطلاعات موجود در منابع در مورد سمیت فرم‌آلدهید در سامانه‌های پیوسته و ناپیوسته برای به‌کارگیری در اهداف طراحی دشوار است. هیدرولیز اوره، آمونیاک در آب تولید می‌کند که می‌تواند باعث مهار تولید متان در لجن شود. علاوه بر این، اگر اثر سمی آمونیاک در غلظت mg/l ۱۳۰۰ بیش‌تر از غلظت نیتروژن در فاضلاب باشد، تأثیر بازدارنده قابل‌انتظاری در فرآیند نخواهد داشت (گلزالس و همکاران، ۲۰۰۰).

تجزیه هوازی فرم‌آلدهید: تجزیه هوازی فرم‌آلدهید در پساب توسط پژوهشگران مختلف در سامانه‌های

1- Toxic effects
2- Up-flow anaerobic sludge blanket

پیوسته و ناپیوسته مطالعه شده است (زاگرنایا و همکاران، ۱۹۹۰؛ کلاتسر سولجان و همکاران، ۲۰۰۱؛ ایروا و همکاران، ۲۰۰٤). تجزیه هوازی می‌تواند به دو طریق انجام شود:

۱- واکنش آنزیمی جهت تجزیه فرم‌آلدهید به اسید فرمیک و متانول

۲- تجزیه بیولوژیکی از طریق اسیدفرمیک

واکنش ٦- اکسایش آنزیمی فرم‌آلدهید

$$2\,HCHO \rightarrow CH_3OH + HCOOH$$

واکنش ۷- هیدروژن‌زدائی فرم‌آلدهید

$$HCHO \rightarrow HCOOH \rightarrow CO_2$$

هیدولیز اوره: حجم وسیعی از میکروارگانیسم‌های هوازی و بی‌هوازی قادرند آنزیم اوریز (اوره آمیدوهیدرولاز) را تولید کنند که به هیدرولیز اوره به آمونیاک و دی‌اکسیدکربن کمک می‌کنند (موبلی و همکاران، ۱۹۸۹). اکثر پژوهشگران شرایط بی‌هوازی را جهت تیمار بیولوژیکی با مقدار زیاد اوره (تا غلظت ۲ g/l) توصیه کرده‌اند. در فرآیند بی‌هوازی باکتری‌هایی وجود دارند که تجزیه میزان زیاد اوره را ممکن می‌سازد. اگرچه، فاضلاب‌های با حجم زیاد اوره به‌همراه آمونیاک و فرم‌آلدهید تحت شرایط آنوکسی تصفیه می‌شوند (چاکرابارتی و سوبرامنیام، ۱۹۸۱)، تصفیه فاضلاب صنعتی حاوی غلظت زیاد اوره و سولفات، استفاده از فرآیند هوازی جهت اجتناب از تولید سولفید به‌همراه یک مرحله تصفیه بی‌هوازی را ایجاب می‌کنند (گوپرا و شرما، ۱۹۹٦).

نیتروژن‌دارشدن: نیتروژن‌دارشدن ترکیبات فاضلاب در دو مرحله اتفاق می‌افتد: الف- جایی‌که آمونیاک ابتدا تبدیل به نیتریت می‌شود و سپس ب- نیتریت توسط باکتری‌های مربوطه به نیترات اکسید می‌شود (رابطه‌های ۸ و ۹).

واکنش ۸- تبدیل آمونیاک به نیتریت

$$NH_4^+ + \frac{3}{2}O_2 \rightarrow NO_2^- + H_2O + 2H^+$$

واکنش ۹- تبدیل نیتریت به نیترات

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

به‌طورکلی، اکسیداسیون آمونیاک کندتر از اکسید نیتریت است؛ بنابراین تولید نیتریت مشاهده نمی‌شود. به‌هرحال، زمانی‌که منابع کربن موجود در فاضلاب جهت تکمیل فرآیند نیتروژن‌زدائی کافی نباشد (مقدار کم COD/N)، افزودن مواد آلی لازم می‌باشد که این عمل موجب افزایش هزینه تصفیه می‌شود. در این موارد، نیتروژن‌دارشدن جزئی آمونیاک به نیتریت، نه تنها نیاز به اکسیژن برای واکنش اکسیداسیون را کاهش می‌دهد، بلکه میزان نیاز به افزودن مواد آلی برای واکنش نیتروژن‌زدائی را افزایش می‌دهد.

نیتروژن‌زدایی: فرآیند نیتروژن‌زدایی توسط باکتری‌های هتروتروپیک انجام می‌شود. رابطه ۱۰ واکنش نیتروژن‌زدائی را در سامانه تصفیه فاضلاب نشان می‌دهد. مقدار کم غلظت اکسیژن محلول طی واکنش نیتروژن‌زدائی می‌تواند باعث تجمع N_2O شود.

واکنش ۱۰- نیتروژن‌زدائی

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

گاریدو و همکاران (۱۹۹۸) رابطه بین غلظت فرم‌آلدهید در راکتور و درصد اکسید نیتریت تولید شده در فاز گازی را بررسی کردند. حضور فرم‌آلدهید مانع کاهش اکسید نیتریت به نیتروژن می‌شود. بنابراین، اندازه‌گیری اکسید نیتریت ممکن است تعیین‌کننده وجود فرم‌آلدهید و دیگر بازدارنده‌های ترکیبات سمی در راکتورهای نیتروژن‌زدایی باشد که نتیجتاً به اپراتور تصفیه‌خانه در مورد امکان شکست در سامانه تصفیه هشدار می‌دهد. به‌خاطر این‌که فاضلاب ممکن است حاوی نسبت کم COD/N باشد، اکسیداسیون آمونیاک به نیتریت طی واکنش نیتروژن‌دارشدن، مقدار مواد آلی مورد نیاز برای نیتروژن‌زدایی را کاهش دهد (رابطه ۱۱).

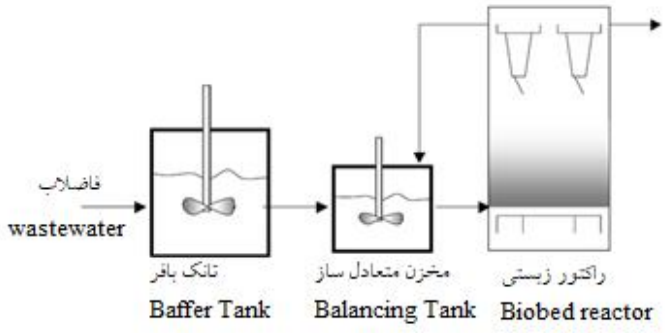
واکنش ۱۱- اکسیداسیون آمونیاک

$$4NO_2^- + 3CH_2O \rightarrow 2N_2 + 3CO_2 + H_2O + 4OH^-$$

فناوری‌های تصفیه فاضلاب: انواع مختلفی از راکتور و شکل‌های مختلف برای طراحی تصفیه فاضلاب حاوی فرم‌آلدهید و اوره وجود دارد که در آن‌ها عمدتاً از راکتور تصفیه هوازی، بی‌هوازی و ترکیبی از آن‌ها استفاده می‌شود.

تصفیه بی‌هوازی: تصفیه بی‌هوازی برای فاضلاب‌های با COD زیاد توصیه می‌شود. مقدار متان تولید شده می‌تواند برای جبران هزینه انرژی برای نگهداری دمای راکتور استفاده شود. علاوه بر این، این فرآیند لجن کم‌تری در مقایسه با تصفیه هوازی تولید می‌کند. طی فرآیند بی‌هوازی، فرم‌آلدهید به CO_2، CH_4 و اوره برای تولید آمونیاک هیدرولیز می‌شود. در این فرآیند فقط مواد آلی و مقدار کمی از نیتروژن به‌خاطر جذب آمونیاک توسط میکروارگانیسم‌ها حذف می‌شود.

در اکثر موارد، به‌منظور دست‌یابی به استانداردهای مناسب زیست‌محیطی در فاضلاب خروجی، یک تیمار ثانویه جهت حذف نیتروژن و مواد آلی باقی‌مانده ضروری است. در مقیاس صنعتی، کارخانه شیمیایی حاوی ۱۰ لیتر/ گرم فرم‌آلدهید و ٤٠ لیتر COD/گرم با استفاده از سامانه EGSB[1] به حجم ۲۷۵ مترمکعب با زمان ماندگاری هیدرولیک (HRT)[2]، ۱/۲۵ روز با کارایی ۹۸ درصد تصفیه شده است (شکل ۳).



شکل ۳- تصویر کلی از تصفیه‌خانه حاوی فرم‌آلدهید (زوتبرگ و دبین، ۱۹۹۷).

Figure 3. Overview of wastewater treatment plant contained formaldehyde.

1- Expanded granular sludge blanket
2- Hydraulic retention time

تصفیه هوازی: طی تیمار هوازی، فرم‌آلدهید به CO_2 اکسید و اوره به آمونیاک هیدرولیز شده و نیز در نهایت آمونیاک به نیتریت اکسید می‌شود. اگر شرایط عملکرد سامانه برای نیتروژن‌دارشدن، مناسب باشد. طی این تیمار، مواد آلی می‌توانند حذف شوند، اما فقط مقدار کمی نیتروژن توسط جذب، از بین می‌رود. بنابراین، این تیمار به اندازه کافی برای فاضلاب‌های با نیتروژن زیاد مناسب نمی‌باشد.

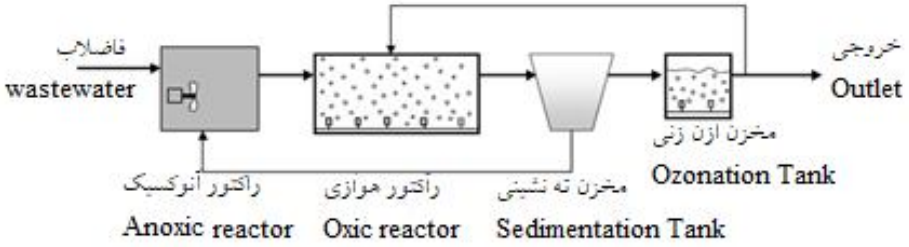
گاریدو و همکاران (۲۰۰۰) فاضلاب‌های کارخانجات حاوی فرم‌آلدهید با سامانه لجن فعال[1] با زمان‌های ماند ۱۰، ۱۷، ۲۵ روز را مورد بررسی قرار دادند. میزان بار مواد آلی بین ۰/۲ $COD.Kg/m^3.d$ و ۱/۲ بوده است. نتایج نشان داد که بازده حذف COD و فرم‌آلدهید به‌ترتیب از ۸۰ به ۹۵ و ۹۹/٤٪ افزایش یافته است. در این سامانه، میزان نیتروژن‌دارشدن، ۰/۱ $kg\ N\text{-}NO_x/m^3.d$ و درصد حذف TKN[2] بین ٤٥ تا ٦٥ درصد (به‌دلیل رشد زیست‌توده) به‌دست آمده است.

تصفیه از طریق ادغام واحدهای نیتروژن‌دار و نیتروژن‌زدا: به‌منظور دست‌یابی به اهداف مدنظر در فاضلاب خروجی، بهترین مورد برای تصفیه فاضلاب‌های حاوی فرم‌آلدهید و اوره، ترکیب واحدهای نیتروژن‌دار و نیتروژن‌زدا در یک شکل پیش‌نیتروژن‌زدا می‌باشد. در تانک نیتروژن‌زدا، نیترات برگشتی از واحد نیتروژن‌زدا، به‌وسیله فرم‌آلدهید به‌عنوان الکترون‌گیرنده، نیتروژن‌زدایی‌شده و اوره هم به آمونیاک هیدرولیز می‌شود. در واحد نیتروژن‌دار، آمونیاک و فرم‌آلدهید باقی‌مانده به نیتریت و دی‌اکسیدکربن اکسید می‌شوند.

گاریدو و همکاران (۲۰۰۱) از یک سامانه نیتروژن‌دار- نیتروژن‌زدای لجن فعال برای تصفیه فاضلاب کارخانه تولید چسب اوره فرم‌آلدهید استفاده کردند (شکل ٤). فاضلاب حاوی ۱٥٤٥-٥۹۰ لیتر/ میلی‌گرم COD، ۹٥۳-۱۹۷ لیتر/ میلی‌گرم فرم‌آلدهید و ٤۹۱-۱۲۹ لیتر/ میلی‌گرم TKN و همچنین دارای پلی‌مرهای غیرقابل تجزیه بیولوژیک با وزن مولکولی بیش‌تر از ۸۰۰۰ مول/ گرم می‌باشند. سامانه قادر به حذف ۹۹، ۸٥-۷۰ و ٥۰-۳۰ درصد به‌ترتیب فرم‌آلدهید، COD و TKN بود. درصد حذف COD مربوط به شرایط عملکرد سامانه نمی‌باشد، بلکه به نسبت درصد COD به فرم‌آلدهید مرتبط است. حذف COD در مرحله بدون اکسیژن اتفاق می‌افتد و در مورد فرم‌آلدهید فقط از طریق نیتروژن‌دارشدن در یک راکتور هوازی ایجاد می‌شود.

کمپوس و همکاران (۲۰۰۳) جهت حذف اوره و فرم‌آلدهید از فاضلاب یک سامانه ترکیبی از راکتور سوسپانسیونی هوای بالارونده بیوفیلمی (BAS[3]) برای واکنش نیتروژن‌دارشدن و یک راکتور بستر لجن رو با بالا (USB[4]) در شرایط بدون اکسیژن برای ایجاد واکنش نیتروژن‌زدایی و هیدرولیز اوره استفاده کردند (شکل ٥). بررسی نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن، نشان داد که بیش‌ترین درصد حذف نیتروژن در نسبت ۱ گرم کربن به نیتروژن به‌دست آمده است.

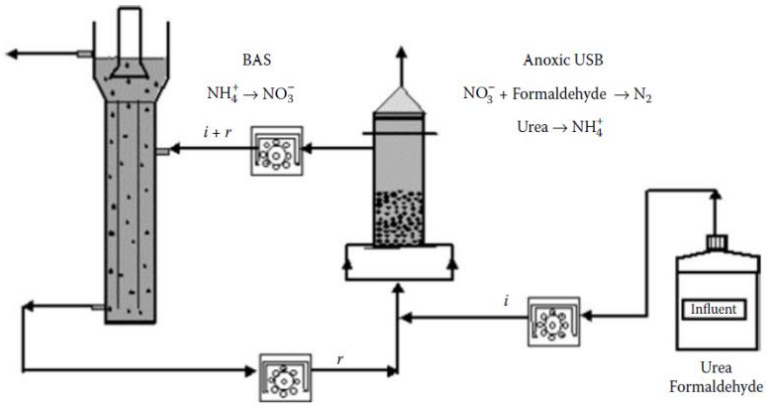
1- Activated sludge
2- Total kjeldahl nitrogen
3- Biofilm airlift suspension
4- Up-flow sludge bed



شکل ٤- تصویر کلی واحد نیتروژن‌دار- نیتروژن‌زدا در سیستم لجن فعال (گاریدو و همکاران، ۲۰۰۱).

Figure 4. Overview of nitrogen-dinitrogen in active sludge system.

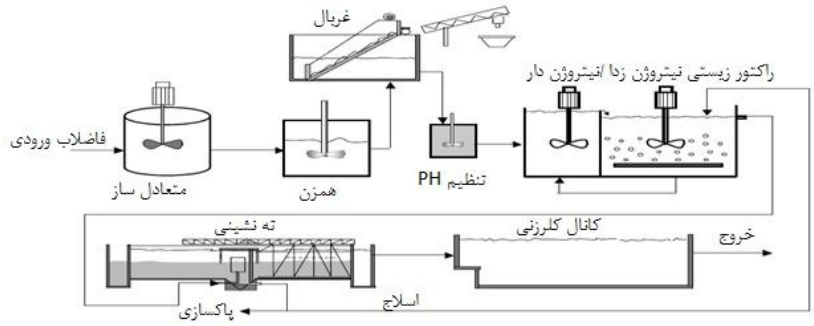
نکته مهم در طراحی سامانه تصفیه فاضلاب که دارای میزان بالای نیتروژن/ کربن می‌باشد، این است که بخشی از فرم‌آلدهید در راکتور بدون اکسیژن حذف نمی‌شود و وارد راکتور نیتروژن‌دار می‌شود. این عمل منجر به تشکیل لایه هتروتروفیک در اطراف بیوفیلم نیتروژن‌دار می‌شود که فرم‌آلدهید را مصرف می‌کند و به موجب آن، اکسیژن مورد نیاز برای واحد نیتروژن‌دار مصرف می‌گردد. کاهش حجم واکنش نیتروژن‌دار موجب این می‌شود که نیترات لازم برای واکنش نیتروژن‌زدا در دسترس نباشد. به موجب این عمل، غلظت فرم‌آلدهید در سامانه بدون اکسیژن زیاد می‌شود و عاملی برای ناپایداری واکنش نیتروژن‌زدا و عدم هیدرولیز اوره می‌گردد. این اثرات منفی، می‌تواند به‌وسیله افزایش نرخ بازگشت مواد در راکتور جبران شود. افزایش نرخ بازگشت باعث رقیق‌سازی در سامانه شده و غلظت فرم‌آلدهید را در راکتور کم‌تر می‌کند.



شکل ٥- طراحی تصفیه فاضلاب حاوی اوره و فرم‌آلدهید (کمپوس و همکاران، ۲۰۰۳).

Figure 5. Designing of wastewater treatment plant contained urea and formaldehyde.

کانتو و همکاران (۱۹۹۸) از یک سیستم یکپارچه هوازی- آنوکسی برای کارخانه تولید چسب استفاده کرده‌اند. فاضلاب با مشخصات COD ۲/۰۱ کیلوگرم بر مترمکعب در روز، TKN ۰/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب در روز با کارائی ۹۵-۸۰٪ و ۹۳-۵۸٪ به‌ترتیب برای COD و TKN به‌طور موفقیت‌آمیزی تصفیه شده است (شکل ٦).



شکل ٦- طراحی صنعتی برای تصفیه فاضلاب کارخانه تولید چسب (کانتو و همکاران، ۱۹۹۸).

Figure 6. Industrial designing for wastewater treatment for adhesive production manufacture.

سامانه تصفیه فاضلاب کارخانه MDF: در دهه گذشته هدف صنایع تولید تخته‌فیبر MDF، ترکیب فناوری‌های شناخته‌شده پیشرفته و توسعه بیش‌تر آن‌ها بوده است. پورتن کرچر و همکاران (۲۰۰٤) هوای زائد حاصل از فرآیند را با فاضلاب کارخانه تخته‌فیبر MDF ترکیب نمودند. نسل جدید تجهیزات جهت ایجاد یک سامانه چرخش آب کاملاً بسته در فرآیند تولید و کاهش آلودگی هوا و آب، به‌کار می‌روند. کاربرد ساده و صرفه اقتصادی از اهداف به‌کارگیری این فناوری‌ها است. آلودگی‌های کارخانه‌های صفحات فشرده چوبی، به‌ویژه تخته‌فیبر MDF را می‌توان به دو شاخه اصلی تقسیم‌بندی کرد.

الف) آلودگی آب خروجی فرآیند: پساب خروجی فرآیند صنایع تخته‌فیبر MDF مدرن عمدتاً ناشی از شستشوی چیپس‌های چوبی با آب گرم و بخار به‌عنوان پیش‌تیمار است. ویژگی این پساب میزان بار آلوده مواد آلی با COD تقریباً ۷۰۰۰ لیتر/ میلی‌گرم می‌باشد (جدول ۱). استخراج اسیدهای آلی از چوب باعث اسیدی شدن پساب (pH=۵/۵) می‌شود. بار نیتروژن بر خلاف بار فسفر، کم است تا به اکوسیستم زیستی به اندازه کافی کمک کند. مواد جامد این پساب در حدود ۳ لیتر/ گرم می‌باشد که عمدتاً ذرات ریزالیاف چوبی می‌باشند (توماسون و همکاران، ۲۰۰۱).

جدول ۱- پارامترهای کنترلی تصفیه آب خروجی فرآیند تولید تخته‌فیبر MDF.

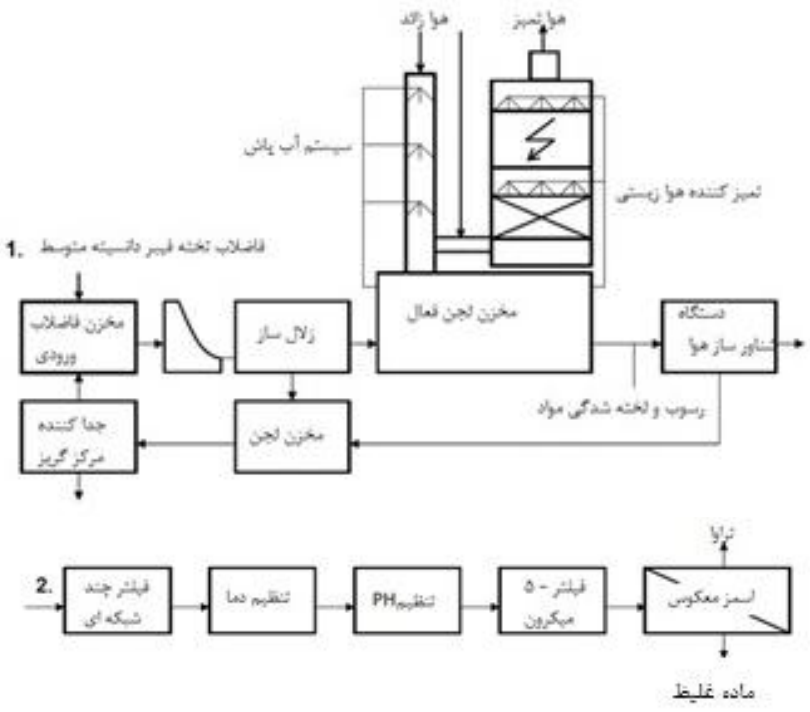
Table 1. Control parameters from outlet of MDF wastewater.

فاضلاب فرآیند Process wastewater	خروجی بیولوژیک Oxic outlet	خروجی شناورساز Sedimentation outlet	خروجی نهایی Final outlet	عوامل parameters
7000	3000	1000	30	COD [mg/l]
<1	<1	<1	<1	فرم‌آلدهید [mg/l] Formaldehyde
2	8	6	-	آمونیوم [mg/l] Ammonium
22	16	10	-	فسفات [mg/l] Phosphate
1400	2400	2800	250	رسانایی Conductivity
5.5	6.9	4.5	4.5	pH

ب) آلودگی هوای خروجی: خشک‌کردن مواد و خارج کردن رطوبت الیاف خروجی آغشته به چسب (با رطوبت ۱۰۰٪) مقدار زیادی آلودگی هوا ایجاد می‌کند. غبار خروجی ناشی از نرمه‌های فیبری (٤٥ درصد) و غبار حاصل از اشتعال مواد غیرآلی در بخش تولید انرژی زیست‌توده (٥٥ درصد) می‌باشد. آلودگی‌های گازی اساساً شامل پیرولیز مواد (فرم‌آلدهید، اسیدهای کربنی و غیره) و بخشی تبخیر ترکیبات فرار شیمیایی درون چوب (ترپن‌ها و غیره) هستند.

در صنایع مدرن تخته‌فیبر MDF به‌منظور کاهش هم‌زمان آلودگی هوا و پساب خروجی فرآیند، اقدامات کاربردی مهمی انجام گرفته است که علاوه بر کاهش اثرات زیست‌محیطی، صرفه اقتصادی زیادی نیز به‌همراه داشته است. شکل ۷، نمونه‌ای از اقدامات کاربردی زیست‌محیطی در صنایع تخته‌فیبر MDF را نشان می‌دهد که ایده‌های اصلی آن به‌شرح ذیل است:

- یکپارچه‌سازی هوای زاید خروجی و آب زاید تصفیه‌خانه با ادغام گردش آب در یک سامانه بسته هوازی (لجن فعال حرارتی)؛
- ایجاد سامانه بسته گردش آب به‌وسیله ادغام مرحله بیولوژیک با یک سامانه اسمز معکوس و استفاده دائم تولید بخار فرایند؛
- ترکیب سامانه مختلف تمیزسازی هوای زاید برای حذف آلودگی‌های گازی با استفاده از دستگاه تصفیه هوا[1] به روش ته‌نشینی الکترواستاتیک مرطوب ذرات معلق در هوا.



شکل ۷- ترکیب تصفیه آب و هوای زاید خروجی در کارخانه تخته‌فیبر دانسیته متوسط (پورتن‌کرچر و همکاران، ۲۰۰٤).

Figure 7. Combination of water and air treatment in MDF manufacture.

1- Scrubber

علاوه بر آن، سوسپانسیون لجن فعال به‌عنوان آب شستشو برای دستگاه تصفیه هوا به‌طور مستقیم نیز استفاده می‌شود. آب خروجی از دستگاه تصفیه هوا می‌تواند در تانک لجن فعال تجزیه بیولوژیکی می‌شود. به‌دلیل مصرف زیاد آب شستشوی دستگاه تصفیه هوا، جهت صرفه‌جویی در مصرف آب و استفاده از آب خروجی تانک لجن فعال در دستگاه تصفیه هوا، لازم است سامانه لجن فعال دمای خود را تعدیل کند. زیرا دمای آب خروجی نزدیک دمای اشباع هوای زاید (۶۰-۴۵ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد که برای سیستم بیولوژیکی، زیاد است.

تمامی پساب خروجی فرآیند را می‌توان در یک تانک مرکزی ذخیره کرد. آب اضافی پساب به غربال و دستگاه لجن‌گیر به‌منظور جداسازی ذرات ریز الیاف قبل از ورود به تانک لجن فعال انتقال می‌یابد. بدون برگشت اسلاج به تانک لجن فعال، ترکیبات آلی با تنظیم اکسیژن محلول (DO= ۱-۲/۵[1] لیتر/ میلی‌گرم) تجزیه بیولوژیکی می‌شوند. حذف نیتروژن و فسفر هرگز هدف اصلی در صنایع تخته‌فیبر دانسیته متوسط نمی‌باشد، زیرا در این صنایع میزان ماده مغذی در فاضلاب کم است.

بعد از تصفیه بیولوژیکی، کیفیت آب خروجی نمی‌تواند نیاز آب ورودی به سامانه اسمز معکوس را تامین کند. جهت دست‌یابی به این هدف و رسیدن به شرایط پایدار برای عملکرد مطلوب سامانه اسمز معکوس، مراحل زیر قابل اجرا می‌باشد:

- ته‌نشینی و لخته‌شدن شیمیایی؛
- استفاده از سامانه شناورسازی هوای محلول (DAF[2])؛
- فیلتراسیون چندگانه[3]؛
- تنظیم pH؛
- فیلتراسیون ۵ میکرومتری.

اسمز معکوس: مشکل‌ترین مرحله بیولوژیکی، روند ته‌نشینی لجن فعال گزارش شده است (اندریسن و همکاران، ۱۹۹۹). حجم زیاد لجن و تشکیل کف ناشی از آن باعث مشکلات زیادی در عملکرد سامانه می‌شود که موجب تغییر فاز جداسازی لجن از حالت ته‌نشینی به شناورشدن در سامانه بیولوژیکی می‌گردد. علاوه بر این، توده‌های لجن را باید با مواد شیمیایی منعقدکننده، ته‌نشین کرد. به‌طورکلی، فرایند لجن فعال هوازی حرارتی تمایل ضعیفی به ته‌نشینی در فاضلاب‌های صنعتی فرآورده‌های چوبی دارد (کلاس و همکاران، ۱۹۹۹). این موضوع را باید در طراحی تصفیه‌خانه‌های این کارخانه‌های مدنظر قرار داد. مشکل دیگر تولید کف ناپیوسته و دینامیکی در تانک لجن فعال می‌باشد که می‌توان به‌وسیله افزودن مواد ضدکف (سیلیکونی و غیرسیلیکونی) آن را برطرف نمود.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به روند افزایشی تولید داخلی ورق‌های فشرده چوبی و بهبود روند اتوماسیون سامانه‌های تولید، به‌ویژه در صنایع تخته‌فیبر MDF، استفاده از مهارت‌های جدید برای رعایت قوانین زیست‌محیطی لازم و ضروری است. ترکیبات و فناوری‌های مختلف تولید اوراق فشرده چوبی، طراحی سامانه مناسب تصفیه فاضلاب این صنایع را با مشکل مواجه کرده است. وجود چسب اوره فرم‌آلدهید، مواد استخراجی چوبی، الیاف و ترکیبات لیگنینی در فاضلاب صنایع تولید ورق‌های فشرده چوبی و استقرار این صنایع در مناطق مختلف شهری، کشاورزی و شهرک‌های صنعتی، طراحی بهینه سیستم تصفیه فاضلاب آن‌ها را ضروری ساخته است. صنایع تولید ورق‌های فشرده چوبی در کشور نیازمند طراحی بهینه جهت کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی (هوا و آب) می‌باشد. شناخت و استفاده ترکیبی از فناوری‌های شناخته‌شده جهت کاهش آلودگی‌های هوا و آب، علاوه بر این‌که

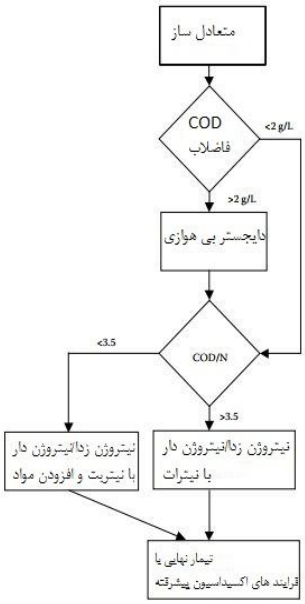
1- Dissolved oxygen
2- Dissolved air flotation
3- Ultrafiltration

اثرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد، می‌تواند صرفه اقتصادی مطلوبی نیز برای این صنایع داشته باشد. بر اساس گزارش‌های منتشرشده (پورتن کرچر و همکاران، ۲۰۰٤)، ترکیب سامانه‌های تصفیه آب و هوای زاید می‌تواند در ایجاد سامانه بسته آب‌های فرآیندی درون سیستمی مؤثر واقع شود و در این زمینه طراحی سیستم‌هایی شامل پیش‌تیمار و یا اسمز معکوس می‌تواند در بهبود عملکرد فیلترهای غشایی و کاهش هزینه اقتصادی نقش مهمی را ایفا نماید.

رهیافت‌های ترویجی

در این پژوهش، طراحی سامانه‌های مناسب تصفیه فاضلاب در صنایع تولید ورق‌های فشرده چوبی بررسی شده است. شباهت سیستم‌های تصفیه‌خانه شهری با برخی از سیستم‌های صنعتی، منجر به کاهش استفاده و ارزیابی سیستم‌های مختلف تصفیه فاضلاب و انعطاف‌پذیری آن شده است. عدم بررسی دقیق ترکیبات و شناخت ناکافی از فناوری‌های مختلف در طراحی سامانه‌های تصفیه فاضلاب صنایع اوراق فشرده چوب، موجب طراحی نامناسب و مشکلات زیست‌محیطی در تصفیه فاضلاب بعضی از کارخانه‌های کشور شده است. هر چند فرایند تولید ورق‌های فشرده چوبی معمولاً فرایند خشک است، ولی حجم آب مصرفی در بخش شستشوی چیپس، پالایش‌گر، دیگ‌های بخار و خشک‌کن می‌تواند قابل‌ملاحظه باشد. با توجه به بررسی‌های حاصل از فاضلاب‌های صنعتی حاوی اوره فرم‌آلدهید، راهبردهایی برای طراحی سیستم فاضلاب کارخانجات محتوی اوره و فرم‌آلدهید در ذیل ارائه شده است.

طراحی ساختار درخت تصمیم‌گیری: انتخاب فناوری برای تصفیه فاضلاب محتوی فرم‌آلدهید و اوره اساساً بستگی به غلظت COD و نسبت COD/N دارد. فاضلاب‌های صنعتی که حاوی ترکیبات اوره فرم‌آلدهید هستند، مقدار COD زیادی دارند و علت آن وجود فرم‌آلدهید و میزان نیتروژن نسبتاً زیاد به‌دلیل وجود اوره و کوپلی‌مرهای حاصل و میزان فسفر و کربن غیرآلی کم می‌باشد. درخت تصمیم‌گیری ذیل می‌تواند در انتخاب روش تصفیه این نوع فاضلاب‌ها مؤثر واقع شود (شکل ۸).



شکل ۸- ساختار درخت تصمیم‌گیری طراحی تصفیه‌خانه حاوی اوره و فرم‌آلدهید.

Figure 8. Decision making tree of wastewater treatment plant contained urea and formaldehyde.

توصیه‌ها: فرم‌آلدهید سمی‌ترین ترکیب در فاضلاب‌های صنایع تولید ورق‌های فشرده چوبی است که کنترل غلظت آن در راکتور به‌منظور نگهداری پایدار سامانه تصفیه‌خانه ضروری است. بدین‌دلیل توصیه‌های زیر مفید می‌باشد:

- استفاده از تانک متعادل‌ساز می‌تواند برای کاهش امکان افزایش ناگهانی فرم‌آلدهید در فاضلاب ورودی مفید باشد.

- استفاده از دایجسترهای بی‌هوازی با نرخ برگشت زیاد مواد برای نگهداری فرم‌آلدهید در یک غلظت کم درون سامانه مناسب است.

- به‌منظور افزایش نرخ برگشت بین واحدهای نیتروژن‌دار- نیتروژن‌زدا، این توصیه لازم است که تا حد امکان حذف نیتروژن را افزایش دهید.

زمانی‌که نیتروژن‌زدایی با نیترات امکان‌پذیر نباشد (ضریب COD/N کم‌تر از ۳/۵)، دو روش را می‌توان برای حذف نیتروژن اتخاذ نمود:

الف: با کنترل اکسیژن محلول در واحد نیتروژن‌دار قسمتی از آمونیاک به نیتریت اکسید می‌شود.

ب: در کارخانه‌های تولید چسب، با افزودن مواد کربنی مقدار زیادی از متانول در فرآیند مصرف می‌شود. افزودن این ترکیبات به حذف اکسیژن با هزینه کم، کمک می‌کنند و این یکی از کارآمدترین موارد است.

منابع

1. Andreasen, K., Agertved, J., Petersen, J.O., and Skaarup, H. 1999. Improvement of sludge settle ability in activated sludge plants treating effluent from pulp and paper industry. Wat. Sci. Technol. 40: 215-221.
2. Bekker de, P., Jans, T., and Piscaer, P. 1983. Anaerobic treatment of formaldehyde containing waste water, in Proc. European Symposium AW, van den Brink, W.J., Ed., November 23-25, 1983, Noordwijkerhout, TNO Corporate Communication Department, The Hague, The Netherlands, Pp: 449-463.
3. Bhattacharya, S.K., and Parkin, G.F. 1988. Fate and effect of methylene chloride and formaldehyde in methane fermentation systems, J. Water Poll. Control Fed. 60: 531-536.
4. Campos, J.L., Sanchez, M., Mosquera-Corral, A., Mendez, R., and Lema, J.M. 2003. Coupled BAS and anoxic USB system to remove urea and formaldehyde from wastewater, Water Res. 37: 3445-3451.
5. Canto, M., Gomez, J., Kennes, C., and Veiga, M.C. 1998. Integrated anoxic-aerobic treatment of wastewaters from a synthetic resin producing factory, European Conference on New Advances in Biological Nitrogen and Phosphorus Removal for Municipal or Industrial Wastewaters, Narbonne, France, October 12-14.
6. Chakrabarti, T., and Subrahmanyam, P.V.R. 1981. Biological hydrolysis of urea in a continuous fl ow stirred tank reactor under laboratory conditions-a bench scale study, Proc. 36th Industrial Waste Conference, Purdue University, 477p.
7. Clauss, F., Balavoine, C., Hélaine, D., and Martin G. 1999. Controlling the settling of activated sludge in pulp and paper wastewater treatment plants, Wat. Sci. Technol. 40: 223-229.
8. Edward, FG., Egemen, E., Brennan, R., and Nirmalakhandan, N. 1999. Ranking of toxics release inventory chemicals using a level III fugacity model and toxicity, Wat. Sci. Technol. 39: 83-90.
9. Eiroa, M., Kennes, C., and Veiga, M.C. 2004. Formaldehyde biodegradation and its inhibitory effect on nitrification, J. Chem. Technol. Biotechnol. 79: 499-504.
10. Garrido, J.M., Mendez, R., and Lema, J.M. 2001. Simultaneous urea hydrolysis, formaldehyde removal and denitrification in a multifed upflow filter under anoxic and anaerobic conditions, Water Res. 35: 691-698.
11. Garrido, J.M., Mendez, R., and Lema, J.M. 2000. Treatment of wastewaters from a formaldehyde-urea adhesives, Water Sci. Technol. 42: 293-300.

12. Garrido, J.M., Moreno, J., Mendez-Pampin, R., and Lema, J.M. 1998. Nitrous oxide production under toxic conditions in a denitrifying anoxic filter, Water Res. 32: 550-2552.
13. Glancer-Soljan, M., Soljan, V., Landeka, T., and Cacic, L. 2001. Aerobic degradation of formaldehyde in wastewater, Food Technol. Biotechnol. 39: 197-202.
14. Gonzalez-Gil, G., Kleerebezem, R., and Lettinga, G. 2000. Formaldehyde toxicity in anaerobic systems, Water Sci. Technol. 42: 223-229.
15. Gonzalez-Gil, G., Kleerebezem, R., van Aelst, A., Zoutberg, G.R., Versprille, A.I., and Lettinga, G. 1999. Toxicity effects of formaldehyde on methanol degrading sludge and its anaerobic conversion in biobed expanded granular sludge bed (EGSB) reactors, Water Sci. Technol. 40: 195-202.
16. Gupta, S.K., and Sharma, R. 1996. Biological oxidation of high strength nitrogenous waste-water, Water Res. 30: 593-600.
17. Liu, Y., and Zhu, X. 2014. Measurement of formaldehyde and VOCs emissions from wood-based panels with nanomaterial-added melamine-impregnated paper, Construction and Building Materials, 66: 132-137.
18. Mobley, H.L.T., and Hausinger, R.P. 1989. Microbial ureases: Significant, regulation, and molecular characterization, Microbiol. Rev. 53: 85-108.
19. Parkin, G.F., Speece, R.E., Yang, C.H.J., and Kocher, W.M. 1983. Response of methane fermentation systems to industrial toxicants, J. Water Pollut. Control Fed. 55: 44-53.
20. Portenkirchner, K., Barbu, M., and Stassen, O. 2004. Combined waste air and water treatment plant for the wood panel industry, Proceeding of The 7th European Panel Products Symposium, Bangor, UK, 8-10 Oct., ISBN 18-422-0057-7, Pp: 201-207.
21. Sharma, S., Ramakrishna, C., Desai, J.D., and Batt, N.M. 1994. Anaerobic biodegradation of petrochemical wastewater using biomass support particles, Appl. Microbiol. Biotechnol. 40: 768-771.
22. Todini, O., and Hulshoff Pol, L. 1992. Anaerobic degradation of benzaldehyde in methanogenic granular sludge: the infl uence of additional substrates, Appl. Microbiol. Biotechnol. 38: 417-420.
23. Vidal, G., Jiang, Z.P., Omil, F., Thalasso, F., Mendez, R., and Lema, J.M. 1999. Continuous anaerobic treatment of wastewaters containing formaldehyde and urea, Biores. Technol. 70: 283-291.
24. Zagornaya, P.B., Denis, A.D., Gvozdyak, P.I., Nikonendo, V.U., and Chehovskaya, T.P. 1990. Microbiological purification of above resin waste-waters, Biotekhnologya, 2: 51-53.
25. Zoutberg, G.R., and de Been, P. 1997. The Biobed EGSB (expanded granular sludge bed) system covers shortcomings of the up flow anaerobic sludge blanket reactor in the chemical industry, Water Sci. Technol. 35: 183-188.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Conservation and Utilization of Natural Resources, Vol. 7 (1), 2018
http://ejang.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejang.2019.7068.1205

Appropriate Design of Wastewater Treatment Plants for Wood Panel Industries

***P. Ghorbannezhad[1], M.R. Dehghani Firouzabadi[2] and J. Yazdan Moghadam[3]**
[1]Assistant Prof., Dept. of Biorefinery, Faculty of New Technologies Engineering, Shahid Beheshti University, [2]Associate Prof., Dept. of Pulp and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, [3]M.Sc. of MBA and COE of Kimia Choob Golestan MDF Company, Golestan Cellulosic Group
Received: 07.15.2014; Accepted: 06.09.2015

Abstract
Background and Objectives: Selecting appropriate system design of wastewater treatment plants (WWTPs) is one of the most important parts for municipal and industrial WWTPs. Professionals often design a wastewater treatment system based on their personal experiences and technologies availability. The industrial wastewater system resembling to some municipal systems led to reduce analyzing and flexibility of different WWTPs. Although, wood panels are produced at dry processes, but water utilization for chips washing, refining, boiler, and dryer are noticeable. The wastewater generated by the wood panel industries contain urea formaldehyde, wood extractives, fiber and lignin compounds. These compounds and location of these industries at urban, agricultural, and industrial park areas led to necessity of optimal wastewater treatment designing for them. This study attempts to investigate different configurations of WWTPs for wood panel industries in order to help the decision makers to choose the suitable system based on their needs and environmental regulations.

Materials and Methods: This paper reviewed the applicable methodologies of wastewater treatment from cellulosic industries through case studies and literature review.

Results: Based on the observations, some parts of formaldehyde convert to methanol. All COD substrate will be converted to methanol when formaldehyde amount is 200-600 mg/l.COD; but methanol is not produced if formaldehyde amount is 1400 mg/l.COD because of formaldehyde poisonous effect. However, conversion of formaldehyde to methanol is not process inhibitor. During the process, hydrogen peak observed that it related to the amount of initial formaldehyde. It seems that formaldehyde initially oxidize and then reduce to methanol.

Conclusion: Best option for wastewater treatment plant for wastewater containing formaldehyde and urea is combining nitrogen and dinitrogen units in a pre-dinitrogen process. In dinitrogen tank, the nitrate from dinitrogen process is dinitrated by formaldehyde as electron acceptor and urea hydrolysis to ammonia. In anoxic reactor, remaining ammonia and formaldehyde is oxided to nitrite and carbon dioxide.

Keywords: Environmental regulations, Urea-formaldehyde, Wastewater treatment, Wood panels

* Corresponding author: p_ghorbannezhad@sbu.ac.ir