

ارتقاء کارایی فرایند لجن فعال در تصفیه پساب صنایع پتروشیمی با استفاده از بیوفیلم در دمای پایین

غلامرضا نبی بیدهندی^۱ بابک جعفری سلیم^۲ علی وثوق^۳
اکبر باغوند^۴ علی دریابیگی زند^۴

(دریافت ۸۹/۸/۲۶ آخرین اصلاحات دریافتی ۹۰/۷/۱۰ پذیرش ۹۰/۷/۱۵)

چکیده

رشد صنایع پتروشیمی در کشور موجب افزایش تولید پساب این صنایع به ویژه در سالهای اخیر شده است. پساب صنایع پتروشیمی حاوی ترکیبات متعدد بوده و یک تهدید جدی برای محیط زیست به شمار می آید. تصفیه مؤثر این پسابها می تواند تا حدود قابل توجهی نگرانی های مربوطه را کاهش دهد. لذا به کارگیری روشهای کارآمد به منظور تصفیه این پسابها امری ضروری است. فرایند لجن فعال روشی مناسب برای تصفیه انواع پساب است که تلفیق آن با روشهای دیگر می تواند به حذف مؤثر آلاینده ها از پساب کمک کند. در این مطالعه از فرایند لجن فعال و رشد بیوفیلم به طور همزمان به منظور تصفیه پساب مجتمع پتروشیمی بندر امام خمینی استفاده شد. هدف اصلی این پژوهش بررسی میزان ارتقاء کارایی فرایند لجن فعال در تصفیه پساب پتروشیمی در دماهای پایین با استفاده از مدیای فوم پلی اورتان در حوضچه زلال ساز بود. نتایج به دست آمده نشان داد که کارایی فرایند لجن فعال در کاهش COD به میزان ۷۷ درصد در حضور بیوفیلم افزایش یافت. همچنین کارایی لجن فعال در حذف $N-NH_4$ از پساب پتروشیمی بندر امام خمینی حدود ۷۴/۳ درصد افزایش یافت. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که تلفیق فرایند لجن فعال و استفاده از مدیای فوم پلی اورتان می تواند روشی کارآمد و قابل اطمینان به منظور تصفیه پسابهای پتروشیمی برای تصفیه پساب صنایع پتروشیمی که دارای محصولات مشابه هستند، حتی در دماهای پایین باشد. به کارگیری این روش در مجتمع های پتروشیمی کشور به ویژه در مناطق سردسیر پیشنهاد می گردد.

واژه های کلیدی: پساب پتروشیمی، لجن فعال، بیوفیلم، نیتروژن، COD

Efficiency of Active Sludge Process Treatment of Petrochemical Industries Wastewater by Using of Biofilm (Case Study: Imam Khomeiny Port Petrochemical Complex)

Gholam Reza Nabi Bidhendi¹ Babak Jafari Salim² Ali Vosoogh²
Akbar Baghvand³ Ali Daryabeigi Zand⁴

(Received Nov. 17, 2010 Revised Oct. 2, 2011 Accepted Oct. 7, 2011)

Abstract

Growth of petrochemical industries is caused increase producing of wastewater recently. This wastewater contains of various combinations and is a serious threat for environment. Effective treatment could be discovered coincidentally mentioned worries. So effective methods for treatment one essential active sludge processing in proper method. For kind of wastewater treatment that combination of the method with it, could be helped to omit affection contaminative measurement. In this research from active sludge processing and biofilm growth are used to treat wastewater simultaneously in petrochemical complex, Imam Khomeini port. The main goal is investigation of rate of efficiency promotion of active sludge processing in treatment of petrochemical wastewater in low temperature by usage of polyurethane foam in media clarified bond. The result showed that efficiency of active sludge processing in reducing COD with rate of %77 accompanied biofilm have increased. Also efficiency of active sludge has increased about %74.3 for omitting N- NH₄ from Imam Khomeini petrochemical wastewater generally. The result of this research showed that combination of active sludge process and usage of polyurethane foam media is an efficient and sure for treatment of Iran's petrochemical wastewater even in low temperature, of course, this method is suggested in all petrochemical complexes of Iran especially in cold regions.

Keywords: Petrochemical Wastewater, Active Sludge, Biofilm, Nitrogen, COD.

1. Prof., Dept. of Environmental Eng., Teheran University, Tehran (Corresponding Author) (+98 21) 66404647 Ghhendi@ut.ac.ir
2. Grade M.Sc. Student of Civil and Environ. Eng., Tehran University, Tehran
3. Assoc. Prof., Dept. of Environmental Eng., Tehran University, Tehran
4. Assist. Prof., Institute of Environmental Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran

۱- استاد، دانشکده مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)

Ghhendi@ut.ac.ir (۰۲۱) ۶۶۴۰۴۶۴۷

۲- دانش آموزانه کارشناسی ارشد مهندسی عمران- محیط زیست، دانشگاه تهران

۳- دانشیار، دانشکده مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران

۴- استادیار، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

فعال از میکروارگانسیم‌ها تولید می‌شود که قادر به تثبیت هوازی مواد زائد است [۹]. استفاده از بیوفیلم به همراه فرایند لجن فعال و یا دیگر فرایندهای بیولوژیکی باعث افزایش حذف COD در این فرایند می‌گردد [۱۰]. در مطالعات گذشته از این فرایند به‌عنوان پیش تصفیه و همچنین به‌عنوان حمل‌کننده^۱ به سمت تانک هوادهی استفاده گردیده است [۱۱]. اما در این تحقیق بیوفیلم پس از فرایند هوادهی و در حوضچه زلال‌ساز به‌عنوان عاملی برای جذب سطحی مواد مورد استفاده قرار گرفت.

روشهای مختلف تصفیه بیولوژیکی مانند لجن فعال و یا بیوفیلتراسیون، روشهای بیولوژیکی رشد معلق و رشد چسبنده و MBR، در تصفیه فاضلاب کاربرد متعارف دارند. در بعضی مواقع با توجه به نوع و کمیت پساب تولیدی، تلفیق دو یا چند روش با یکدیگر باعث بالا بردن راندمان حذف می‌گردد. اغلب روشهای فیزیکی و بیولوژیکی دارای محدودیتهای مخصوص به خود هستند. برای مثال روش راکتور بی‌هوازی بستر ثابت با جریان رو به پایین اگرچه دارای راندمان خوبی در حذف پارامترهای بیولوژیکی به خصوص COD و دیگر کمیت‌های تولیدی در صنعت پتروشیمی است، اما یکی از مشکلات اصلی آن نگهداری غلظت سوبستره در یک محدوده معین در تمام طول مدت بهره‌برداری است. همچنین در روش راکتور بی‌هوازی فیلم ثابت با جریان رو به بالا، اگر چه سیستم دارای مزیت‌هایی از قبیل هزینه پایین بهره‌برداری، بازده انرژی بالا و سهولت فرایند ساخت است، اما عیب بزرگ روش مذکور در مورد تصفیه فاضلاب پتروشیمی، مشکل زمان واکنش یا سرعت واکنش پایین آن است که این موضوع، نیاز به زمان ماند هیدرولیکی^۲ بیشتر و ضعف در پایداری فرایند در طراحی راکتور را به‌دنبال دارد.

مطالعات اخیر نشان می‌دهد که روشهای بیولوژیکی به‌ویژه روش لجن فعال در تصفیه پسابهای حاصل از فرایندهای پتروشیمی و محصولات جانبی آنها در این کارخانجات، بازدهی بالا و قابل قبولی دارند. این روش تصفیه به‌دلیل بازدهی بالا، مصرف انرژی پایین و هزینه‌های ناشی از بهره‌برداری ناچیز، بسیار متداول است [۱۲-۱۴]. لذا تصفیه بیولوژیکی به‌ویژه فرایند لجن فعال امروزه در حذف ترکیبات آلی از فاضلاب پتروشیمی استفاده گسترده‌ای پیدا کرده است [۲]. در چند سال اخیر به‌منظور افزایش بازدهی حذف فاضلاب پتروشیمی، توجه زیادی به استفاده و تلفیق فرایند لجن فعال به‌همراه فرایندهای دیگر به‌عنوان تصفیه ثانویه شده است. در ایران با توجه به اهمیت و جایگاه ویژه صنایع پتروشیمی و حجم بالای فعالیت‌های مرتبط، تصفیه پسابهای

امروزه همراه با افزایش استفاده از مشتقات نفتی و به‌دلیل برتری صنایع پتروشیمی و نفوذ آنها در تمامی صنایع، محتوا و کمیت فاضلاب پتروشیمی نیز متفاوت و دارای ترکیبات آلی از قبیل ترکیبات هیدروکربن‌دار، آنیلین، نیتروبنزن، اورگانوکلروین، فنل و غیره است که همه روزه به میزان ورود این ترکیبات نفتی به محیط افزوده می‌شود. وجود این مواد در فاضلاب پتروشیمی علاوه بر پیامدهای محیط زیستی، موجب پایین آمدن راندمان تصفیه، تنزل کیفیت فاضلاب خروجی و ایجاد اختلال در بهره‌برداری از سیستم تصفیه فاضلاب می‌شود [۱]. تصفیه فاضلاب پتروشیمی به‌ویژه در سالهای اخیر یکی از چالش برانگیزترین و پر اهمیت‌ترین مسائل در محیط زیست بوده است.

افزایش استفاده از محصولات پتروشیمی منجر به آلودگی گسترده محیط زیست می‌گردد. به‌خصوص در مناطقی که کارخانجات تولید این محصولات وجود دارند، خاک و منابع آب دستخوش آلودگی به‌وسیله تولیدات این صنایع می‌شوند. فاضلاب اکثر کارخانجات پتروشیمی دارای مواد هیدروکربنه و ترکیبات شیمیایی کلردار هستند [۲]. فاضلاب پتروشیمی دارای ترکیبات پیچیده و ناهمگن است که حتی مقادیر کم آنها سمی بوده و مانع رشد و فعالیت میکروارگانسیم‌ها در واحدهای بیولوژیکی می‌گردد [۳].

فرایند رشد چسبنده از فرایندهای تصفیه زیستی است که در آن، میکروارگانسیم‌های عامل تبدیل مواد آلی یا سایر اجزای فاضلاب، به ماده دیگری به نام مدیا که از جنس سنگ، سرباره معدنی، مواد سرامیکی یا پلاستیکی هستند، متصل می‌شوند [۴]. در حذف توسط بیوفیلم، از کاربرد میکروارگانسیم‌هایی که به‌صورت ژنتیکی اصلاح گردیده‌اند در پالایش محلهای آلوده استفاده می‌شود [۵]. بیوفیلم دارای کاربردهای بسیار گسترده‌ای مانند افزایش قابلیت حذف نیتروژن و فسفر است [۶ و ۷]. از ویژگی‌های مهم فرایند رشد چسبنده، جذب میکروارگانسیم‌ها است که باعث می‌شود تا انواع آلودگی به‌وسیله جذب سطحی به مدیا چسبیده و از سیستم خارج گردند. امروزه در تصفیه بیولوژیکی از مدیاهای مختلفی نظیر کربن فعال، فوم‌های پلی اورتان، فایبر گلاس و یا حتی دانه‌های شن استفاده می‌گردد. مدیاهایی نظیر فوم‌های پلی اورتان و کربن فعال، دارای خواصی نظیر بالا بودن سطح مخصوص، جذب سطح بسیار بالا و پایین بودن افت فشار هستند که این امر باعث برتری آنها نسبت به مدیاهای دیگر گردیده است [۸].

تصفیه بیولوژیکی به‌ویژه فرایند لجن فعال در حذف فاضلاب پتروشیمی، کاربرد بسیار گسترده‌ای دارد. در این فرایند توده‌ای

¹ Carrier

² Hydraulic Retention Time (HRT)

۲- مواد و روشها

پتروشیمی بندر امام خمینی تولیدکننده محصولات از قبیل الفین، پلی الفین، آروماتیک‌ها، MTBE و محصولات جانبی شیمیایی دیگر است. کارخانه پتروشیمی بندر امام خمینی در شمال غرب خلیج فارس و در استان خوزستان واقع گردیده است (شکل ۱). پایلوت مورد نظر پس از طراحی در واحد تصفیه‌خانه پتروشیمی بندر امام خمینی نصب شد و برای انجام این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. پایلوت مورد استفاده دارای سه مخزن اصلی بود. این سه مخزن که بعد از حوضچه آرامش قرار داشتند به ترتیب عبارت بودند از: حوضچه بی‌هوایی (T1)، حوضچه هوایی (T2) و حوضچه زلال‌ساز (T3). حجم مؤثر این مخازن به ترتیب عبارت بود از ۲، ۵ و ۲ لیتر. پایلوت مورد استفاده در این تحقیق به صورت شماتیک در شکل ۲ نشان داده شده است. ابعاد هر یک از حوضچه‌ها در جدول ۱ به تفصیل آورده شده است.

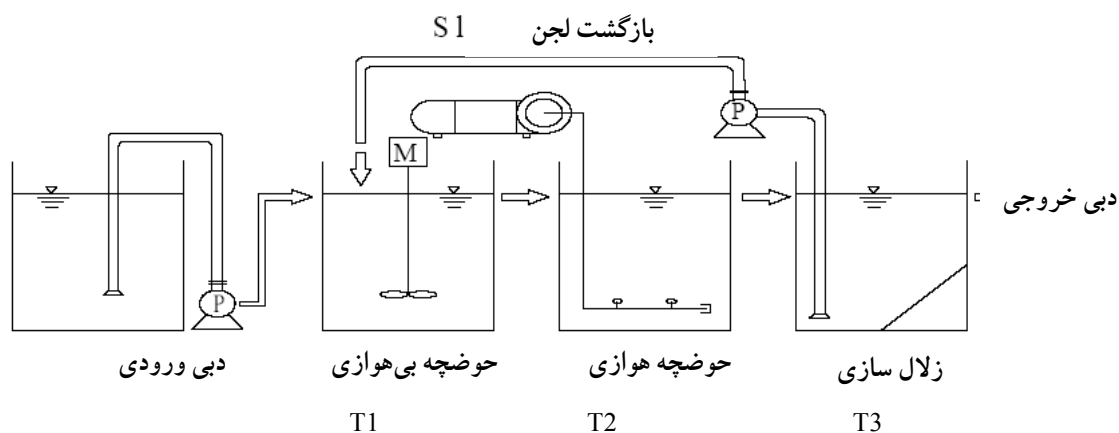


شکل ۱- موقعیت استقرار کارخانه پتروشیمی بندر امام خمینی

پتروشیمی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار بوده و به‌کارگیری روشهای کارآمد و مقرون به صرفه باید مد نظر قرار گیرد. روشهای تصفیه بیولوژیکی و به‌ویژه لجن فعال در اکثر کارخانجات تولید مواد پتروشیمی ایران که حاوی مقادیر بالای COD هستند، بسیار مورد توجه است.

برای مثال در شرکت پتروشیمی آبادان که تولیدکننده عمده PVC است، از این روش در کنار روشهای تصفیه فیزیکی و شیمیایی برای حذف بار آلودگی بالای تولیدی، استفاده شده است. این آلودگی حاوی COD در حدود ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بوده است [۲]. این روش در مطالعات قبلی اغلب در دمای بالای ۱۵ درجه سلسیوس انجام شده است. به‌طور مثال در ایران در مطالعات گذشته و با استفاده از روش لجن فعال، تصفیه فاضلاب در دمای بالای ۴۶ درجه سلسیوس با بازدهی ۸۹ درصد برای COD صورت پذیرفته است [۲]. در مطالعه‌ای دیگر از این فرایند برای تصفیه فاضلاب در دمای ۲۷ تا ۳۲ درجه سلسیوس استفاده شده است [۱۵].

در مطالعه حاضر، فاضلاب پتروشیمی بندر امام خمینی به‌روش تلفیقی لجن فعال و استفاده از مدیای فوم پلی اورتان تصفیه گردید. هدف اصلی در این تحقیق، تصفیه فاضلاب صنایع پتروشیمی به روش لجن فعال با استفاده از مدیای فوم پلی اورتان در حوضچه زلال‌ساز بود. با توجه به اینکه در کشور تاکنون بررسی کارایی این روش تلفیقی در دماهای پایین انجام نگرفته است، لذا این مطالعه برای اولین بار در ایران برای دمای پایین‌تر از ۱۲ درجه سلسیوس، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل می‌تواند در طراحی تصفیه‌خانه کارخانجات پتروشیمی در مناطق سردسیر کشور نظیر استان‌های آذربایجان شرقی و غربی و غیره و نیز راهبری تصفیه‌خانه در فصلهای سرد سال مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۲- نمای کلی از پایلوت مورد استفاده

جدول ۱- ابعاد حوضچه‌ها در پایلوت مورد نظر

مشخصات حوضچه	قطر حوضچه (متر)	عمق حوضچه (متر)
حوضچه T1 و T3	۰/۲	۰/۱۵
حوضچه T2	۰/۲	۰/۲

در این مطالعه دمای سیستم در محدوده ۹ تا ۱۲ درجه سلسیوس تنظیم شده بود که این محدوده دمایی پایین، برای رشد و بقای غالب میکروارگانیسم‌ها مناسب نیست، لذا لازم بود میکروارگانیسم‌هایی که توانایی رشد و فعالیت در این محدوده دمایی را دارند، انتخاب و به کار گرفته شوند. به علاوه در انتخاب میکروارگانیسم‌ها باید قابلیت آنها در حذف قابل قبول پارامترهای مختلف از فاضلاب پتروشیمی، به ویژه COD و نیتروژن آمونیاکی نیز مد نظر قرار گیرد. به این منظور با توجه به بررسی‌های انجام شده، باکتری‌های *باسیلوس*^۲، *سودوموناس*^۳، *آسیتوباکتر*^۴، *فلاووباکتریوم*^۵ و میکروکوکوس^۶ انتخاب شده و به حوضچه‌های هوازی و زلال‌ساز (T2 و T3) اضافه شدند.

نمونه برداری از فاضلاب خروجی از هر یک از مخازن به صورت روزانه و به مدت ۲۶ روز انجام گرفت. نمونه‌ها با مد نظر قرار دادن کلیه شرایط ایمنی در حمل، سریعاً به آزمایشگاه دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران منتقل شده و آنالیز شدند. به دلیل نزدیکی بین محل احداث پایلوت و آزمایشگاه، زمان انجام آزمایش در اسرع وقت و کوتاه‌ترین زمان یعنی کمتر از ۲ ساعت به طول انجامید. آنالیز نمونه‌های فاضلاب برای پارامترهای COD و N-NH₄ مطابق روشهای استاندارد انجام شد. پارامتر COD بر اساس روش استاندارد C-۵۲۲۰ و پارامتر نیتروژن آمونیاکی مطابق روش C-۴۵۰۰ اندازه‌گیری شدند [۱۷].

فوم‌های پلی اورتان به عنوان مدیا در این سیستم نقش حمل کننده مواد را ایفا کردند. فوم‌های پلی اورتان به دلیل سهولت در کنترل برای مقادیر خلل و فرج، نگهداری آسان و هزینه‌های پایین برای خرید و نگهداری، حمل کننده‌های مناسبی هستند [۱۸]. این مواد کاربرد گسترده‌ای در کاهش بیولوژیکی ترکیبات آلی دارند. مشخصات فیزیکی مدیای فوم پلی اورتان مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۳ آمده است. فوم‌های پلی اورتان خام که از جنس پلاستیک پلی اورتان کروی با قطر ۸۰ میلی‌متر هستند نقش اسکلت را برای نشستن بار آلی بر روی خود ایفا کردند که سپس برای شست شو از سیستم خارج شدند. در هر چرخش ۳۰ درصد از این مدیاها برای شستشو از سیستم خارج شد. غلظت بیومس به وسیله روش گراویمتری پس از عبور از فیلتر ۰/۴۵ میکرومتر ساخت کارخانه مرک^۷ آلمان و خشک کردن در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس و محاسبه وزن خشک به دست آمد.

برای راه‌اندازی مقدماتی، حوضچه هوادهی با مقادیر ورودی ۰/۵ لیتر لجن فعال که دارای MLSS برابر ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود، تغذیه گردید. از فاضلاب حوضچه ته‌نشینی اولیه تصفیه‌خانه فاضلاب پتروشیمی بندر امام خمینی به عنوان فاضلاب ورودی به پایلوت استفاده شد. فاضلاب مذکور برای انجام این تحقیق به آزمایشگاه دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران انتقال داده شد و پایلوت مورد نظر در آنجا راه‌اندازی گردید. برخی خصوصیات کیفی فاضلاب ورودی به سیستم مذکور در جدول ۲ آمده است. مقایسه کیفیت فاضلاب ورودی با مقادیر استاندارد تخلیه پساب به منابع پذیرنده مختلف نشان می‌دهد غلظت COD، نیتروژن آمونیاکی، مواد جامد معلق و مواد روغنی در فاضلاب پتروشیمی بندر امام خمینی در غالب موارد به طور قابل ملاحظه‌ای بیش از مقادیر مجاز تخلیه است.

جدول ۲- کیفیت فاضلاب ورودی به پایلوت مورد مطالعه [۱۶]

پارامتر	غلظت (میلی‌گرم در لیتر)	غلظت استاندارد*
COD	۴۵۰-۷۰۰	۱۰۰
N- NH ₄	۴۰-۷۰	۵۰
SS	۶۰-۱۹۰	۶۰
Oil	۶۰-۸۰	۱۰
pH	۷-۹	۶/۵-۸/۵

* استاندارد تخلیه پساب به منابع مختلف پذیرنده

در این مطالعه با فرض ایجاد شرایط پایدار در سیستم^۱، میکروارگانیسم‌ها به حوضچه‌های T2 و T3 اضافه شدند. در حالی که حوضچه بی‌هوازی (T1) بدون افزودن میکروارگانیسم‌ها و تحت همان شرایط قبلی باقی ماند. فاضلاب ورودی به سیستم با نرخ جریان میانگین ۰/۵ متر مکعب در ثانیه به صورت افزایشی به سیستم اضافه گردید. لازم به ذکر است که تخلیه لجن مازاد با نرخ ۱۰ درصد در روز از تانک بی‌هوازی و هوازی انجام گرفت. زمان ماند هیدرولیکی برای مرحله بی‌هوازی و هوازی (حوضچه‌های T1 و T2) به ترتیب ۳ و ۵ ساعت بود. مقدار اکسیژن محلول در تانک هوادهی در محدوده ۴ تا ۶ میلی‌گرم در لیتر نگه داشته شد.

¹ Steady State

² Bacillus
³ Pseudomonas
⁴ Acinetobacter
⁵ Flavobacterium
⁶ Micrococcus
⁷ Merck

جدول ۳- مشخصات مدبای فوم پلی اورتان مصرفی

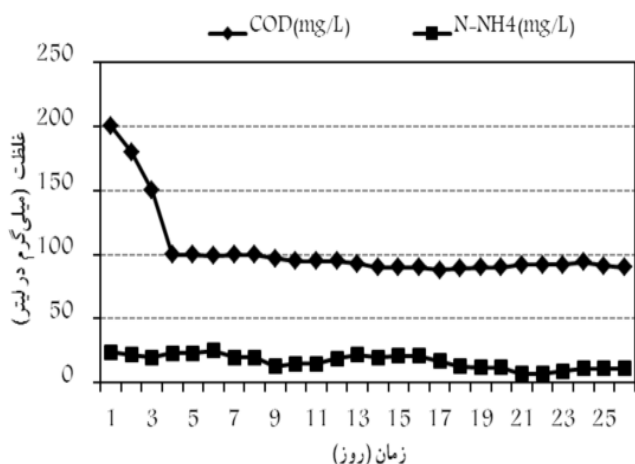
پارامتر	مقدار
اندازه	۱۵۰-۵۰۰ μm
چگالی مخصوص	۰/۹-۰/۲
سطح مخصوص	$2 \times 10^3 \text{ m}^2/\text{m}^3$
مقاومت در برابر اسیدیته و قلیائیت	$5 \leq \text{pH} \leq 11$

۳- نتایج و بحث

نتایج اندازه‌گیری غلظت‌های COD و نیتروژن آمونیاکی در فاضلاب

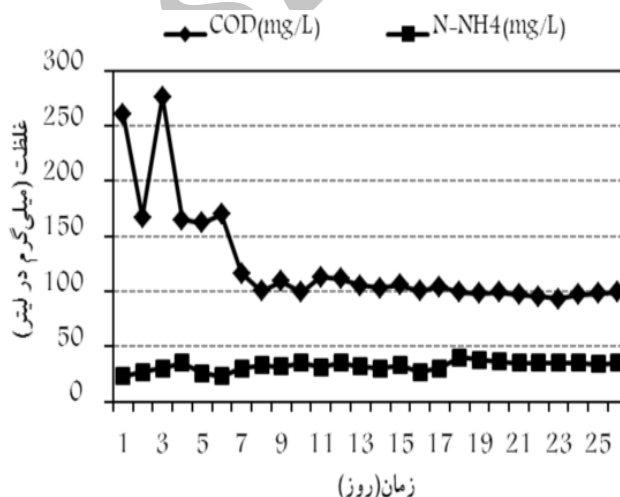
جدول ۴- مقادیر غلظت‌های COD و N-NH₄ در فاضلاب ورودی به سیستم

زمان (روز)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
COD (میلی‌گرم در لیتر)	۵۰۰	۳۰۰	۴۵۰	۳۵۰	۳۶۰	۳۵۰	۳۲۰	۴۶۰	۴۷۰	۴۰۰	۴۶۰	۴۹۰	۴۴۰
N-NH ₄ (میلی‌گرم در لیتر)	۴۵	۵۰	۴۷	۴۷	۴۹	۴۵	۴۶	۴۰	۳۷	۴۸	۴۰	۳۹	۴۰
زمان (روز)	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶
COD (میلی‌گرم در لیتر)	۴۴۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۷۰	۳۹۰	۳۹۵	۵۷۰	۵۶۰	۵۳۰	۵۰۰	۵۳۰	۵۰۰	۵۳۰
N-NH ₄ (میلی‌گرم در لیتر)	۳۸	۳۸	۴۰	۵۰	۵۲	۵۳	۴۸	۴۰	۳۷	۳۷	۳۵	۳۷	۴۰

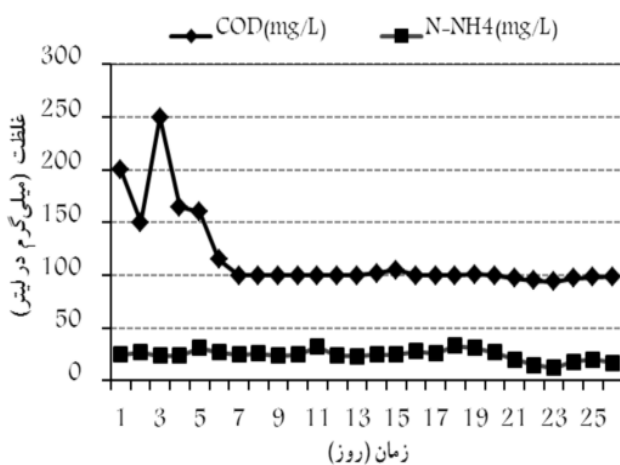


شکل ۵- نتایج حاصل از خروجی از حوضچه شماره ۳

از تفسیر نتایج حاصل از خروجی حوضچه‌های ۱ و ۲ می‌توان به این نتیجه رسید که کارایی حوضچه‌های ۱ و ۲ در حذف COD به یکدیگر نزدیک هستند (شکل ۳ و ۴). در عین حال کارایی حوضچه شماره ۱ اندکی بیشتر از حوضچه شماره ۲ بود. به این صورت که میانگین کارایی حذف برای این پارامتر در حوضچه شماره ۱، ۱۲۶/۱ میلی‌گرم در لیتر و برای حوضچه شماره ۲، ۱۱۵/۶۵ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد. اما در خصوص حذف N-NH₄ میانگین حذف در حوضچه شماره ۱، ۲۶/۸ میلی‌گرم در لیتر و برای حوضچه شماره ۲، ۱۹/۷ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد. به عبارت دیگر میزان حذف N-NH₄ در حوضچه T1 حدود یک چهارم بیش از T2 بود. نتایج نشان می‌دهد که کیفیت فاضلاب خروجی از مرحله لجن فعال، بیش از حد مجاز استانداردهای تخلیه فاضلاب



شکل ۳- نتایج حاصل از خروجی از حوضچه شماره ۱



شکل ۴- نتایج حاصل از خروجی از حوضچه شماره ۲

است و یا به عبارت دیگر تکنولوژی لجن فعال در این مطالعه به تنهایی برای تصفیه فاضلاب پتروشیمی در دمای پایین تر از ۱۲ درجه سلسیوس دارای راندمان قابل قبول نبود.

در حوضچه شماره ۳ که از مدیای فوم پلی اورتان به عنوان حمل کننده مواد استفاده شد، میانگین غلظت COD در فاضلاب خروجی به ۱۰۰/۵ میلی گرم در لیتر و برای نیتروژن آمونیاکی به ۱۱ میلی گرم در لیتر کاهش یافت (شکل ۵). میانگین راندمان حذف COD و $N-NH_4$ در حوضچه حاوی بیوفیلم، نسبت به حوضچه شماره ۲ به ترتیب برابر ۱۳/۵۳ و ۴۳/۹۶ درصد و نسبت به فاضلاب ورودی به سیستم به ترتیب ۷۷ و ۷۴/۳۳ درصد بود.

در مطالعه‌ای که شکراله زاده و همکاران در سال ۲۰۰۸ در ایران بر روی فاضلاب پتروشیمی بندر آبادان و با استفاده از روش لجن فعال انجام داده‌اند، غلظت COD ورودی به سیستم به طور میانگین ۴۸۰ میلی گرم در لیتر بوده است که تصفیه فاضلاب در دمای بالای ۴۶ درجه سلسیوس با بازدهی ۸۹ درصد برای COD صورت گرفته است [۲].

در مطالعه‌ای دیگر که توسط جینگبو و همکاران^۱ در سال ۲۰۰۸ صورت پذیرفته است، از فرایند لجن فعال برای حذف و تصفیه فاضلاب پتروشیمی استفاده گردیده است. آنها سیستم لجن فعال که از دو حوضچه هوازی و بی هوازی^۲ تشکیل شده است را راه اندازی و در مرحله بعد از فوم‌های پلی اورتان در حوضچه هوازی برای بالا بردن راندمان سیستم استفاده نموده‌اند. آنها در تحقیق خود COD را با راندمان میانگین ۷۷ درصد تصفیه کرده‌اند. در آن مطالعه نسبت به مطالعه حاضر راندمان سیستم با هم دیگر برابری می‌کند که با توجه به پایین بودن دما در این تحقیق، راندمان به دست آمده بسیار حائز اهمیت است.

در مطالعه‌ای دیگر از فرایند لجن فعال برای تصفیه فاضلاب پتروشیمی در دمای ۲۷ تا ۳۲ درجه سلسیوس استفاده شده است. در مطالعه مذکور از دو سیستم لجن فعال و سیستم هوادهی تماسی به صورت موازی استفاده نموده‌اند. در این تحقیق میانگین غلظت برای COD در سیستم لجن فعال برابر ۷۰ میلی گرم در لیتر و برای سیستم هوادهی برابر ۷۹ میلی گرم در لیتر به دست آمده است [۱۵]. لیکن نتایج به دست آمده در مطالعات مذکور را نمی‌توان برای دماهای پایین نیز تعمیم داد.

مقایسه غلظت پارامترهای مورد بررسی در فاضلاب خروجی از حوضچه‌های مختلف در این مطالعه نشان می‌دهد که سیستم حوضچه زلال‌ساز همراه با مدیای رشد چسبیده، نسبت به سیستم متعارف لجن فعال، عملکرد بهتری را در شرایط مطالعه یعنی در

دمای پایین داشته و برای فاضلاب پتروشیمی مورد بررسی، راندمان حذف بالاتری را نشان داده است. محیطی که در حوضچه شماره ۳ با حضور مدیای پلی اورتان ایجاد گردید، شرایط بسیار مطلوبی برای رشد و تکثیر باکتری‌ها، به خصوص باکتری‌هایی که قابلیت تکثیر به صورت رشد چسبیده را دارند، فراهم نمود. این امر در غلظت پارامترها در خروجی حوضچه شماره ۳ در هر بخش مشاهده شد. همچنین حوضچه شماره ۳ در مقایسه با حوضچه شماره ۲ که دارای غلظت بیومس و زمان ماند سلولی بالا بود، از غلظت پایین تر و زمان ماند سلولی کمتری برخوردار بود.

نتایج آنالیز غلظت MLSS در فاضلاب خروجی از حوضچه‌های مختلف مشخص ساخت که در حضور باکتری‌های مورد استفاده در این مطالعه، فعالیت حوضچه لجن فعال در مقایسه با حوضچه بی‌هوازی افزایش یافت. مقدار MLSS در حوضچه T1 از ۱۱۰۰ به ۷۰۰ در حوضچه شماره ۲ رسید. در خصوص حذف نیتروژن آمونیاکی، حوضچه T2 با میانگین خروجی ۱۹/۷ میلی گرم در لیتر، عملکرد بهتری را نسبت به حوضچه T1 با میانگین خروجی ۲۶/۸ میلی گرم در لیتر نشان داد. در این مورد نیز حوضچه شماره ۳ با میانگین خروجی ۱۱ میلی گرم در لیتر بهترین عملکرد را دارا بود. جدول ۵ درصد راندمان حذف در تمامی حوضچه‌ها و همچنین در کل سیستم را نشان می‌دهد.

جدول ۵- راندمان حذف سیستم برای حوضچه‌های مختلف (درصد)

حوضچه	حوضچه	حوضچه	کل
شماره ۱	شماره ۲	شماره ۳	سیستم
۷۰	۸	۱۳	COD (mg/L)
۳۷	۲۶	۴۳	NH_4-N

دلیل انتخاب ۲۶ روز برای مرحله راه‌اندازی^۳ این بود که تا انتهای روز بیستم، مقادیر خروجی کمیتهای COD و $N-NH_4$ در هر دو حوضچه شماره ۱ و ۲ بالاتر از حدود مجاز استانداردها بودند و بعد از آن شروع به کاهش کردند. اما در حوضچه شماره ۳ در پایان روز هشتم، مقادیر کمیتهای به کمتر از حد مجاز رسید. این امر نشان دهنده این است که در مورد فاضلاب پتروشیمی، فرایند رشد چسبیده (حوضچه شماره ۳) دارای توانایی بیشتری برای کاهش زمان وفق پیدا کردن سیستم با نوع فاضلاب است.

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد تلفیق فرایند لجن فعال و استفاده از بیوفیلم می‌تواند موجب حذف مؤثر COD و نیتروژن آمونیاکی از پساب صنایع پتروشیمی، حتی در دماهای پایین گردد.

۴- نتیجه‌گیری

تصفیه پساب صنایع پتروشیمی با توجه به وجود ترکیبات مختلف

¹ Jingbo et al.
² Oxic/Anoxic

³ Start-up

به نظر می‌رسد استفاده از روش تلفیقی لجن فعال و بیوفیلیم می‌تواند روشی نویدبخش برای تصفیه پساب صنایع پتروشیمی که دارای محصولاتی مشابه هستند در مناطق سردسیر کشور باشد. این روش تلفیقی توانست میزان حذف COD و نیتروژن آمونیاکی را به کمتر از مقادیر مجاز استانداردهای تخلیه پسابها به منابع مختلف پذیرنده، کاهش دهد. با توجه به نتایج به دست آمده، به کارگیری این روش در مجتمع‌های پتروشیمی کشور به ویژه در مناطق سردسیر پیشنهاد می‌گردد.

در آن و خطرات بالقوه آنها برای محیط زیست از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این تحقیق از تلفیق روش لجن فعال و استفاده از فوم‌های پلی اورتان برای تصفیه پساب پتروشیمی بندر امام خمینی استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان حذف COD و نیتروژن آمونیاکی به طور قابل ملاحظه‌ای با استفاده از بیوفیلیم افزایش می‌یابد. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های منحصر به فرد این تحقیق تمرکز بر کارایی تصفیه به روش مذکور در دمای پایین ۹ تا ۱۲ درجه سلسیوس بود که با توجه به قابل قبول بودن نتایج،

۵- مراجع

- 1- Dimoglo, A., Akbulut, H.Y., Cihan, F., and Kaarpuzcu, M. (2004). "Petrochemical wastewater treatment by means of clean electrochemical technologies." *J. of Clean Technologies and Environmental Policy*, 6, 288-295.
- 2- Shokrollahzadeh, S., Azizmohseni, F., Golmohammad, F., Shokouhi, H., and Khademhaghighat, F. (2008). "Biodegradation potential and bacterial diversity of a petrochemical wastewater treatment plant in Iran." *J. of Bioresource Technology*, 99(14), 6127-6133.
- 3- Castillo, L., El Khorassani, H., Trebuchon, P., and Thomas, O. (1999). "UV treatability test for chemical and petrochemical wastewater." *J. of Water Science and Technology*, 39(10), 17-23.
- 4- Tchobanoglous, G., Burton, F., and Stensel, D. (2003). *Wastewater engineering, treatment and reuse*, 4th Ed., McGraw-Hill, Metcalf and Eddy, New York.
- 5- Fantroussi, S.E., and Agathos, S.N. (2005). "Is bioaugmentation a feasible strategy for pollutant removal and site remediation?" *J. of Current Opinion in Microbiology*, 8(3), 268-275.
- 6- Head, M.A., and Oleszkiewicz, J.A. (2004). "Bioaugmentation for nitrification at cold temperatures." *J. of Water Research*, 38(3), 523-530.
- 7- Belia, E., and Smith, P.G. (1997). "The bioaugmentation of sequencing batch reactor sludges for biological phosphorous removal." *J. of Water Science and Technology*, 35(1), 19-26.
- 8- Martin, R.W., Li, H.B., Mihelcic, J.R., Crittenden, J.C., Lueking, D.R., Hatch, C.R., and Ball, P. (2002). "Optimization of biofiltration for odour control: Model calibration, validation and applications." *J. of Waste Environ. Res.*, 74, 17-27.
- 9- Banik, G.C., and Daugue, R.R. (1997). "ASBR treatment of low strength industrial wastewater of psychrophilic temperature." *J. of Water Science and Technology*, 36, 334-337.
- 10- Hansen, E., Zadura, L., Frankowski, S., and Wachowicz, M. (1999). "Upgrading of an activated sludge plant with floating biofilm carriers at Frantscach Swiecie S.A. to meet the new demands of year 2000." *J. of Water Science and Technology*, 40(11-12), 207-214.
- 11- Gebara, F. (1999). "Activated sludge biofilm wastewater treatment system." *J. of Water Research*, 33(1), 230-238.
- 12- Mc Dennis, N., and John, B. (2003). "Biofiltration as an odour abatement strategy." *J. of Biochem. Eng.*, 5, 231-242.
- 13- Saravanane, R., Murthy, D.V.S., and Krishnaiah, K. (2001). "Bioaugmentation and treatment of cephalixin drug-based pharmaceutical effluent in an upflow anaerobic fluidized bed system." *J. of Bioresource Technology*, 76(3), 279-281.
- 14- Rappet, S., and Muller, R. (2005). "Microbial degradation of selected odorous substances." *J. of Waste Manage.*, 25(9), 940-954.
- 15- Fang, M., Jing-bo, G., Li-jun, Zh., Chein-chi, Ch., and Di, C. (2009). "Application of bioaugmentation to improve the activated sludge system into the contact oxidation system treating petrochemical wastewater." *J. of Bioresource Technology*, 100(2), 597-602.
- 16- APHA. (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 20th Ed., American Pub., Health Association/American Water Works Association, USA.
- 17- Guimarões, C., Porto, P., Oliveira, R., and Mota, M. (2005). "Continuous decolourization of a sugar refinery wastewater in a modified rotating biological contactor with phanerochaete chrysosporium immobilized on polyurethane foam disks." *J. of Process Biochemistry*, 40(2), 535-540.
- 18- Manohar, S., Kim C.K., and Karegoudar, T.B. (2001). "Enhanced degradation of naphthalene by immobilization of *Pseudomonas sp.* Strain NGK1 in polyurethane foam." *J. of Appl. Microbiol. Biotechnol.* 55(3), 311-311.