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

غلامرضا نبی بیدهندی[1] بابک جعفری سلیم[2] علی وثوق[2]
اکبر باغوند[3] علی دریابیگی زند[4]

(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 به‌ویژه در سالهای اخیر شده است. پساب صنایع پتروشیمی حاوی ترکیبات متعدد بوده و یک تهدید جدی برای محیط زیست به‌شمار می‌آید. تصفیه مؤثر این پسابها می‌تواند تا حدود قابل توجهی نگرانی‌های مربوطه را کاهش دهد. لذا به‌کارگیری روشهای کارآمد به‌منظور تصفیه این پسابها امری ضروری است. فرایند لجن فعال روشی مناسب برای تصفیه انواع پساب است که تلفیق آن با روشهای دیگر می‌تواند به حذف مؤثر آلاینده‌ها از پساب کمک کند. در این مطالعه از فرایند لجن فعال و رشد بیوفیلم به‌طور همزمان به‌منظور 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 زلال‌ساز بود. نتایج به‌دست 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 $N\text{-}NH_4$ از پساب پتروشیمی بندر امام خمینی حدود ۷۴/۳ درصد افزایش یافت. به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که تلفیق فرایند لجن فعال و استفاده از مدیای فوم پلی اورتان می‌تواند روشی کارآمد و قابل اطمینان به‌منظور تصفیه پسابهای پتروشیمی برای تصفیه پساب صنایع پتروشیمی که دارای محصولاتی مشابه هستند، حتی در دماهای پایین باشد. به‌کارگیری این روش در مجتمع‌های پتروشیمی کشور به‌ویژه در مناطق سردسیر پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های 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 Bidhendi [1] Babak Jafari Salim [2] Ali Vosoogh [2]
Akbar Baghvand [3] Ali Daryabeigi Zand [4]

(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 polyorethan 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 polyorethan 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.

۱- استاد، دانشکده مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)
(۰۲۱) ۶۶۴۰۴۶۴۷ Ghhendi@ut.ac.ir
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران- محیط زیست، دانشگاه تهران
۳- دانشیار، دانشکده مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران
٤- استادیار، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

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- مقدمه

امروزه همراه با افزایش استفاده از مشتقات نفتی و به‌دلیل برتری صنایع پتروشیمی و نفوذ آنها در تمامی صنایع، محتوا و کمّیت 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 سمّی بوده و مانع رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها در واحدهای بیولوژیکی می‌گردد[۳].

فرایند رشد چسبنده از فرایندهای تصفیه زیستی است که در آن، میکروارگانیسم‌های 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 میکروارگانیسم‌هایی 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 میکروارگانیسم‌ها 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 فعال از میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شود که قادر به تثبیت هوازی مواد زائد است[۹]. استفاده از بیوفیلم به‌همراه 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 حمل کننده[1] به‌سمت 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 کمّیت 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 به‌خصوص COD و دیگر کمّیتهای تولیدی در صنعت پتروشیمی است، اما یکی از مشکلات اصلی آن نگهداری غلظت سوبسترہ 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[2] 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

[1] Carrier
[2] Hydraulic Retention Time (HRT)

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.

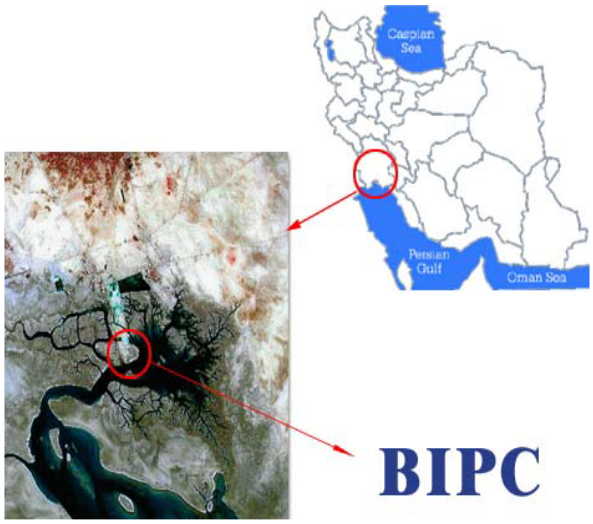
برای مثال در شرکت پتروشیمی آبادان که تولید کننده عمده PVC است، از این روش در کنار روشهای تصفیه فیزیکی و شیمیایی برای حذف بار آلودگی بالای تولیدی، استفاده شده است. این آلودگی حاوی COD در حدود ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بوده است[۲]. این روش در مطالعات قبلی اغلب در دمای بالای ۱۵ درجه سلسیوس انجام شده است. به‌طور 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 تا کنون بررسی کارایی این روش تلفیقی در دماهای پایین انجام نگرفته است،

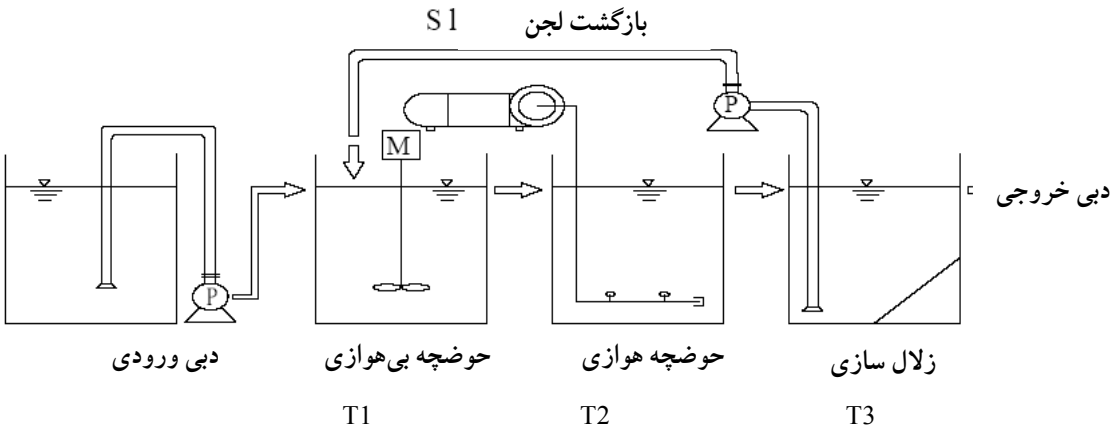
لذا این مطالعه برای اولین بار در ایران برای دمای پایین‌تر از ۱۲ درجه سلسیوس، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل می‌تواند در طراحی تصفیه‌خانه کارخانجات پتروشیمی در مناطق سردسیر کشور نظیر استان‌های آذربایجان شرقی و غربی و غیره و نیز راهبری تصفیه‌خانه در فصلهای سرد سال مورد استفاده قرار گیرد.

۲- مواد و روشها

پتروشیمی بندر امام خمینی تولید کننده محصولاتی از قبیل الفین، پلی‌الفین، 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 به‌ترتیب عبارت بودند از: حوضچه بی‌هوازی (T1) ، حوضچه هوازی (T2) و حوضچه زلال‌ساز (T3). حجم مؤثر این مخازن به‌ترتیب عبارت بود از ۲، ۵ و ۲ لیتر. پایلوت مورد استفاده در این تحقیق به‌صورت شماتیک در شکل ۲ نشان داده شده است. ابعاد هر یک از حوضچه‌ها در جدول ۱ به تفضیل آورده شده است.



شکل ۱- موقعیت استقرار کارخانه پتروشیمی بندر امام خمینی



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 T۱ و T۳	۰/۲	۰/۱۵
حوضچه T۲	۰/۲	۰/۲

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 به‌عنوان 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 به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیش از مقادیر مجاز تخلیه است.

جدول۲- 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[1]، میکروارگانیسم‌ها به حوضچه‌های T2 و T3 اضافه شدند. در حالی‌که 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 به‌صورت افزایشی به سیستم اضافه گردید. لازم به‌ذکر 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) به‌ترتیب ۳ و ۵ ساعت بود. مقدار اکسیژن محلول در تانک هوادهی در محدوده ۴ تا ۶ میلی‌گرم در لیتر نگه داشته شد.

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 به‌کار گرفته شوند. به‌علاوه در انتخاب میکروارگانیسم‌ها باید قابلیت آنها در حذف قابل قبول پارامترهای مختلف از فاضلاب پتروشیمی، به‌ویژه COD و نیتروژن آمونیاکی نیز مد نظر قرار گیرد. به این منظور با توجه به بررسی‌های انجام شده، باکتری‌های *باسیلوس*[2] *سودوموناس*[3] *آسینتوباکتر*[4] *فلاووباکتریوم*[5] *ومیکروکوکوس*[6] انتخاب شده و به حوضچه‌های هوازی و زلال‌ساز (T3 و T2) اضافه شدند.

نمونه‌برداری از فاضلاب خروجی از هر یک از مخازن به‌صورت روزانه و به‌مدت 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. به‌دلیل نزدیکی بین محل احداث پایلوت و آزمایشگاه، زمان انجام آزمایش در اسرع وقت و کوتاه‌ترین زمان یعنی کمتر از ۲ساعت به طول انجامید. آنالیز نمونه‌های فاضلاب برای پارامترهای COD و $N\text{-}NH_4$ 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 به‌عنوان مدیا در این سیستم نقش حمل کننده مواد را ایفا کردند. فوم‌های پلی اورتان به‌دلیل 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 به‌وسیله روش گراویمتری پس از عبور از فیلتر ۰/۴۵ میکرومتر ساخت کارخانه مرک[7] آلمان و خشک کردن در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس و محاسبه وزن خشک به‌دست آمد.

[1] Steady State

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

جدول۳- مشخصات مدیای فوم پلی اورتان مصرفی

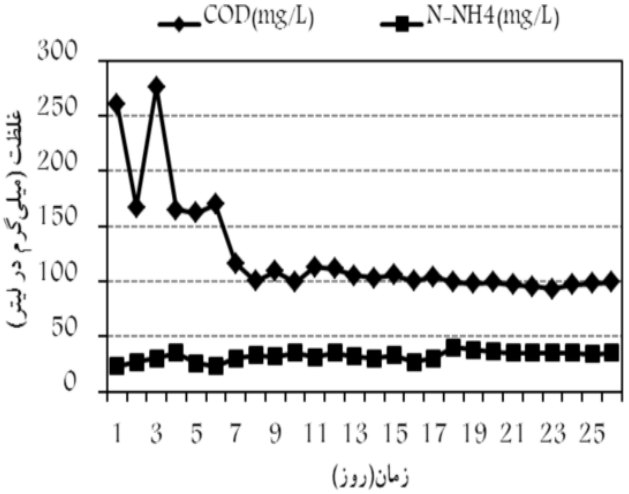
پارامتر	مقدار
اندازه	۱۵۰-۵۰۰ μm
چگالی مخصوص	۰/۹-۰/۲
سطح مخصوص	$۲\times۱۰^{۲} m^2/m^3$
مقاومت در برابر اسیدیته و قلیایت	$۵ \leq pH \leq ۱۱$

۳- نتایج و بحث

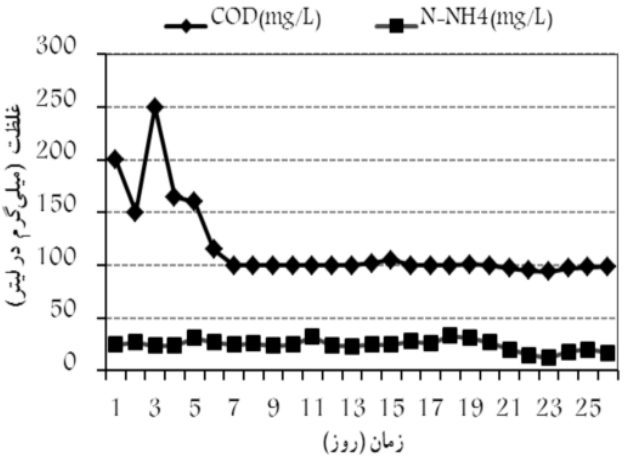
نتایج اندازه‌گیری غلظتهای COD و نیتروژن آمونیاکی در فاضلاب ورودی به سیستم در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج ارائه شده در جدول ۴ نشان می‌دهد غلظت COD در فاضلاب ورودی در فاصله زمانی مورد مطالعه (۲۶ روز) در محدوده ۳۰۰ تا ۵۷۰ میلی‌گرم در لیتر و غلظت $N\text{-}NH_4$ در فاضلاب ورودی در محدوده ۳۵ تا ۵۳ میلی‌گرم در لیتر قرار دارد. همچنین نتایج اندازه‌گیری غلظت پارامترهای مذکور در فاضلاب خروجی از حوضچه‌های ۲ و ۳ به‌ترتیب در شکلهای ۳ و ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- مقادیر غلظتهای COD و $N\text{-}NH_4$ در فاضلاب ورودی به سیستم

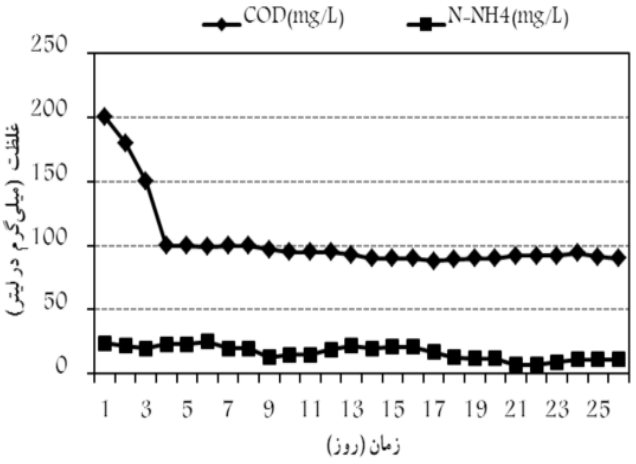
زمان (روز)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
COD (میلی‌گرم در لیتر)	۵۰۰	۳۰۰	۴۵۰	۳۵۰	۳۶۰	۳۵۰	۳۲۰	۴۶۰	۴۷۰	۴۰۰	۴۶۰	۴۹۰	۴۴۰
$N\text{-}NH_4$ (میلی‌گرم در لیتر)	۴۵	۵۰	۴۷	۴۷	۴۹	۴۵	۴۶	۴۰	۳۷	۴۸	۴۰	۳۹	۴۰
زمان (روز)	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶
COD (میلی‌گرم در لیتر)	۴۴۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۷۰	۳۹۰	۳۹۵	۵۷۰	۵۶۰	۵۳۰	۵۰۰	۵۳۰	۵۰۰	۵۳۰
$N\text{-}NH_4$ (میلی‌گرم در لیتر)	۳۸	۳۸	۴۰	۵۰	۵۲	۵۳	۴۸	۴۰	۳۷	۳۷	۳۵	۳۷	۴۰



شکل۳- نتایج حاصل از خروجی از حوضچه شماره ۱



شکل ۴- نتایج حاصل از خروجی از حوضچه شماره ۲



شکل ۵- نتایج حاصل از خروجی از حوضچه شماره ۳

از تفسیر نتایج حاصل از خروجی حوضچه‌های ۱و۲ 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 به‌دست آمد. اما در خصوص حذف $N\text{-}NH_4$ میانگین حذف در حوضچه شماره ۱، ۲۶/۸ میلی‌گرم در لیتر و برای حوضچه شماره ۲، ۱۹/۷ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد. به‌عبارت دیگر میزان حذف $N\text{-}NH_4$ 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

است و یا به‌عبارت دیگر تکنولوژی لجن فعال در این مطالعه به‌تنهایی برای تصفیه فاضلاب پتروشیمی در دمای پایین‌تر از ۱۲ درجه سلسیوس دارای راندمان قابل قبول نبود.

در حوضچه شماره ۳ که از مدیای فوم پلی اورتان به‌عنوان حمل کننده مواد استفاده شد، میانگین غلظت COD در فاضلاب خروجی به ۱۰۰/۵ میلی‌گرم در لیتر و برای نیتروژن آمونیاکی به ۱۱ میلی‌گرم در لیتر کاهش یافت (شکل ۵). میانگین راندمان حذف COD و $N\text{-}NH_4$ در حوضچه حاوی بیوفیلم، نسبت به حوضچه شماره ۲ به‌ترتیب برابر ۱۳/۵۳ و ۴۳/۹۶ درصد و نسبت به فاضلاب ورودی به سیستم به‌ترتیب 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 به‌طور میانگین ۴۸۰ میلی‌گرم 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[1] 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 بی‌هوازی[2] تشکیل شده است را راه‌اندازی و در مرحله بعد از فوم‌های پلی اورتان در حوضچه هوازی برای بالابردن 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 به‌دست 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 به‌صورت موازی استفاده نموده‌اند. در این تحقیق میانگین غلظت برای COD در سیستم لجن فعال برابر ۷۰ میلی‌گرم در لیتر و برای سیستم هوادهی برابر ۷۹ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمده است[۱۵]. لیکن نتایج به‌دست 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 چسبنده، 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، به‌خصوص باکتری‌هایی که قابلیت تکثیر به‌صورت رشد چسبنده 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 پایین‌تر 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 میلی‌گرم در لیتر، عملکرد بهتری را نسبت به حوضچه T1 با میانگین خروجی ۲۶/۸ میلی‌گرم در لیتر نشان داد. در این مورد نیز حوضچه شماره ۳ با میانگین خروجی ۱۱ میلی‌گرم 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 شماره ۱	حوضچه شماره ۲	حوضچه شماره ۳	کل سیستم
COD (mg/L)	۷۰	۸	۱۳	۷۷
NH_4-N	۳۷	۲۶	۴۳	۷۴

دلیل انتخاب ۲۶ روز برای مرحله راه‌اندازی[3] این بود که تا انتهای روز بیستم، مقادیر خروجی کمّیتهای COD و $N\text{-}NH_4$ در هر دو حوضچه شماره ۱و 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 کمّیتها به کمتر از حد مجاز رسید. این امر نشان دهنده این است که در مورد فاضلاب پتروشیمی، فرایند رشد چسبنده (حوضچه شماره ۳) دارای توانایی بیشتری برای کاهش زمان وفق پیدا کردن سیستم با نوع فاضلاب است.

به‌طور 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

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 به‌طور قابل ملاحظه‌ای با استفاده از بیوفیلم افزایش می‌یابد. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های منحصر به فرد این تحقیق تمرکز بر کارایی تصفیه به‌روش مذکور در دمای پایین ۹ تا ۱۲ درجه سلسیوس بود که با توجه به قابل قبول بودن نتایج، به‌نظر می‌رسد استفاده از روش تلفیقی لجن فعال و بیوفیلم 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 به‌دست آمده، به‌کارگیری این روش در مجتمع‌های پتروشیمی کشور به‌ویژه در مناطق سردسیر پیشنهاد می‌گردد.

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 cephalexin 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- Guimarães, C., Porto, P., Oliveira, R., and Mota, M. (2005). "Continuous decolourization of a sugar refinery wastewater in a modified rotating biological contactor with phanerochaet'e 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), 311-31.