کنترل بالکینگ غیر رشته‌ای در فرآیند
لجن فعال کارخانه نوشابه‌سازی در مقیاس پایلوت

محمد مهدی اصفهانی[۱]   مجید سهیلی[۲]

(دریافت ۸۵/۸/۱٦   پذیرش ۸٦/۲/۲)

چکیده

بالکینگ غیر رشته‌ای از مهم‌ترین مشکلات سیستم‌های تصفیه پساب به روش لجن فعال در کارخانه‌های نوشابه‌سازی می‌باشد که منجر به کاهش راندمان تصفیه و کیفیت ته‌نشینی لجن می‌گردد. به منظور شناسایی دلایل مشکل بالکینگ غیررشته‌ای یکی از کارخانه‌های نوشابه‌سازی به عنوان مطالعه موردی انتخاب شد و در مقیاس نیمه صنعتی از مخازن فلزی به عنوان انتخابگر بیولوژیکی، حوضچه‌های هوازنی و ته‌نشین کننده ثانویه استفاده گردید و در نهایت مشخص شد که افزایش بار آلی فاضلاب خام و عدم تنظیم نسبت یون‌های تک ظرفیتی به دو ظرفیتی از مهم‌ترین عوامل بودند. در انتخابگر بیولوژیک با زمان اقامت ۲۰ ساعت ضمن کاهش بارآلی فاضلاب ورودی به حوضچه هوازنی به میزان ۵۰ درصد و تأثیر بر کاهش حالت ویسکوز بالکینگ به دلیل تولید اسیدهای چرب ، pH پساب ورودی به حوضچه‌های هوادهی از ۱۲ به ٦/۵ کاهش یافت. تنظیم نسبت یون‌های تک ظرفیتی به دو ظرفیتی در پساب ورودی حوضچه هوازنی ضمن افزایش آب گریزی سطحی باکتری‌ها از تخریب توده‌های بیولوژیک جلوگیری نموده و منجر به بهبود ته‌نشینی در سیستم می‌گردد. در این تحقیق بهترین نسبت یون‌های تک ظرفیتی به دو ظرفیتی تعیین گردید. ثبات شاخص SVI و کاهش میزان بار آلودگی در پساب خروجی به کمتر از ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بیانگر حالت پایدار سیستم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کارخانه‌های نوشابه‌سازی، قابلیت ته‌نشینی، لجن فعال، انتخابگر بیولوژیک.

Pilot Control of Viscous Bulking in the Activated Sludge Treatment of Industrial Effluent from Soft Drink Plants

Mohammad Mehdi Esfahani[1]   Majid Soheili[2]

(Received Nov. 7, 2006   Accepted Apr. 4, 2007)

Abstract

Viscous bulking is a typical problem arising in activated sludge facilities treating effluent from soft drink plants. The drawbacks associated with this phenomenon include increased effluent organic loading and undesirable sludge settlement. In order to investigate this phenomenon, a soft drink factory was selected as a pilot plant for a case study (where metal tanks were used as a biological selector, an aeration basin, and a clarifier). The study shows that the major causes of viscous bulking are high organic loading and undesirable ratio of monovalent to divalent cations. In the biological selector (with a retention time of 20 hours), while the organic load in the influent to the aeration basin decreased by about 50%, with an impact on reduced viscous bulking, pH value decreased from 12 to 6.5 due to fatty acids production. Adjustment of Na/Ca ratio improved bacterial surface hydrophobicity and prevented degradation of biological flocs. This resulted in improved sludge settleability. Application of this method improved sludge settling, made flocs stronger, and reduced effluent organic load (COD) to less than 150 mg/l, indicating stability of the system.

Keywords: Soft Drink Industry, Viscous Bulking, Activated Sludge, Biological Selector.

۱- عضو هیئت علمی واحد تصفیه و بازیافت آب پژوهشگاه حفاظت صنعتی و محیط زیست پژوهشگاه صنعت نفت، esfahanimm@ripi.ir
۲-پژوهشگر واحد تصفیه و بازیافت آب پژوهشگاه حفاظت صنعتی و محیط زیست پژوهشگاه صنعت نفت

1. Faculty Member, Treatment and Recovery Unit, Industrial and Environmental Protection Research Center, Oil Industry Research Institute, esfahanimm@ripi.ir
2. Researcher, Treatment and Recovery Unit, Industrial and Environmental Protection Research Center, Oil Industry Research Institute

۱- مقدمه

تخلیه پسابهای تصفیه نشده واحدهای صنعتی به محیط زیست سبب اثراتی زیانبار بر اکوسیستم‌ها می‌گردد. پسابهای صنعتی مختلف به لحاظ میزان آلودگی و سمیت، دارای تنوع فراوانی می‌باشند. مناسب‌ترین روش تصفیه پسابها استفاده توأم از روشهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک می‌باشد.

متداول‌ترین روش بیولوژیک مورد استفاده در اکثر سیستم‌های تصفیه، فرآیند لجن فعال می‌باشد. در این فرآیند به دلیل تجمع سلول‌های میکروارگانیسم‌ها در قالب فلاک[1]ها درصد بالایی از عوامل آلاینده موجود در فاضلابها به سرعت تخریب می‌گردند. در اکثر کشورهای دنیا از جمله کشورهای آمریکای شمالی این سیستم‌ها کاربرد فراوانی دارند. متأسفانه تعداد زیادی از سیستم‌های لجن فعال دچار مشکلات عملیاتی ناشی از ته‌نشینی ضعیف لجن در زلال کننده‌ها بوده که با کنترلی دقیق می‌توان این مشکل را برطرف نمود [۱].

مشکل بالکینگ از مهم‌ترین معضلات سیستم‌های لجن فعال می‌باشد که گستردگی وسیعی در سطح جهان دارد. در هلند بیش از ۴۰ تا ۵۰ درصد تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری دچار حالت بالکینگ هستند [۲و۳]. این مشکل حتی در تصفیه‌خانه‌هایی که فاضلاب صنایع فرآیند گوشت را تصفیه می‌کنند بیش از ۴۰ تا ۵۰ درصد است. در کشورهای آلمان و انگلستان نیز آمار قابل مقایسه‌ای وجود دارد[۳].

به طور کلی دو شکل مهم از بالکینگ شامل بالکینگ رشته‌ای و بالکینگ غیررشته‌ای (ویسکوز بالکینگ) می‌باشد. بالکینگ غیررشته‌ای (ویسکوز بالکینگ) در اثر عوامل متعددی صورت می‌پذیرد. یکی از مهم‌ترین عوامل ایجاد کننده ویسکوز بالکینگ، رشد بی‌رویه و سریع باکتری‌های تشکیل دهنده فلاک می‌باشد. یکی از شاخص‌ترین باکتری‌ها در این زمینه زئوگلا[2] است که نقش عمده‌ای در ایجاد حالت ویسکوز بالکینگ دارد. تحت این شرایط فلاک‌های ریز و ضعیف شسته شده و از سیستم خارج می‌گردد و فلاک‌های غیرمنسجم و ضعیف شناور نیز حالت مشخصی از ته‌نشینی ضعیف را در زلال‌کننده نشان می‌دهند. در این حالت محتمل است که کف سفیدی روی سطح حوضچه هوادهی را بپوشاند و علاوه بر آن فیلمی لزج و سفید و یا تیره بر روی سرریز و دیواره‌های زلال کننده تشکیل گردد[۱و۴].

از عوامل دیگری که در ایجاد حالت ویسکوز بالکینگ تأثیر بسزایی دارد، تولید پلی ساکاریدهای خارج سلولی توسط میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. در تجربیات صورت گرفته پلی ساکاریدهای خارج سلولی که از رشد میکروارگانیسم Tauera (Mzit) بر روی محیط حداقل سوکسینات به روش کروماتوگرافی استخراج گردیده، مورد مطالعه واقع شده است. وزن مولکولی پلی‌ساکارید استخراج شده در حدود ۲۶۰ کیلو دالتون می‌باشد. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته به روش کروماتوگرافی گازی این پلی‌ساکارید از ۴- مونومر رامنوز، گالاکتورونیک اسید، N-استیل گلوکز آمین و N- استیل فوکوزآمین به وجود می‌آید. اطلاعات به دست آمده در این مطالعه می‌تواند به عنوان پایه‌ای جهت بررسی‌های عمیق‌تر و دقیق‌تر در ارتباط با نقش پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی در ایجاد حالت ویسکوز بالکینگ مورد توجه قرار گیرد[۴و۵].

از دیگر عوامل مؤثر بر ایجاد حالت ویسکوز بالکینگ می‌توان به نقش کاتیون‌های یک ظرفیتی و دو ظرفیتی و نسبت این دو نوع کاتیون در کاهش آب گریزی سطحی سلول‌ها و در نتیجه عدم تشکیل فلاک‌های مناسب، اشاره نمود. در این حالت فلاک‌ها تخریب شده و ته‌نشینی در زلال‌کننده به شدت کاهش یافته و حالت نامناسبی خواهد داشت[۶].

از سایر عوامل مؤثر بر ایجاد حالت ویسکوز بالکینگ می‌توان از وجود بارآلی (BOD محلول) بالا و افزایش موادمغذی (فسفر و ازت) و کاهش شدید اکسیژن محلول نام برد. قابل ذکر است که پس از ایجاد حالت ویسکوز بالکینگ در حوضچه هوادهی، مایع مخلوط هوازنی حالت ژلاتینی و لخته‌ای پیدا نموده و این حالت پدیده‌ای غیرقابل بازگشت می‌باشد. گزارشهای متفاوتی از کشورهای هلند، آلمان، انگلیس، آمریکا و ژاپن در ارتباط با وجود مشکل ویسکوزبالکینگ در واحدهای تصفیه فاضلاب کارخانه‌های نوشابه‌سازی به روش لجن فعال در دست می‌باشد [۴و۵].

کارخانه‌های نوشابه‌سازی در ایران با توجه به فرآیند تولید دارای شرایط قلیایی بوده و بارآلی آنها ناشی از شست و شوی بطریها و ریخت و پاش ناشی از ایستگاههای پرکننده شربت می‌باشد. میزان COD این پسابها نسبتاً زیاد بوده و شامل ترکیبات قندی و ریزش روغنهای صنعتی می‌باشد. با توجه به میزان آلودگی مزبور می‌بایست از فرآیند مناسب تصفیه استفاده نمود.

این بررسی در مورد مجموعه پسابهای صنعتی کارخانه نوشابه‌سازی ساسان قزوین صورت پذیرفته است. میزان پسابهای تولیدی این واحد صنعتی ۲۵ متر مکعب در ساعت و مقادیر TSS، BOD_5 و COD به ترتیب ۲۰۰۰، ۳۵۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم در لیتر، pH برابر۱۲ و دمای آن ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. در زمان بررسی، تصفیه‌خانه پساب شامل حوضچه‌های پمپاژ، هوازنی،ته‌نشین کننده، هاضم هوازی و سیستم کلر زنی و فیلتر شنی بود. مشکل این

---

[1] Floc
[2] Zooglea

تصفیه‌خانه با توجه به تجارب قبلی افزایش بار آلی در خروجی تصفیه‌خانه می‌باشد. افزایش بار آلی ناشی از عملکرد نامناسب تصفیه بیولوژیکی لجن فعال در اثر تخریب فلاک‌ها، ته‌نشینی ضعیف و در نهایت ویسکوز شدن لجن می‌باشد.

هدف از این بررسی رفع مشکلات فوق از طریق جلوگیری از ایجاد پدیده ویسکوز بالکینگ و کاهش بار آلی خروجی تصفیه‌خانه در حد استاندارد آب آبیاری می‌باشد.

بر اساس تحقیقات و مطالعات صورت پذیرفته استفاده از روش بی‌هوازی و هوازی به صورت توأم در فرآیندهای بیولوژیک به حل مشکل ویسکوز بالکینگ کمک قابل ملاحظه‌ای می‌نماید. استفاده از فرآیندهای توأم بی‌هوازی و هوازی دارای سه مزیت مهم نسبت به روشهای هوازی به شرح زیر می‌باشد[۷].

۱- در فرآیند بی‌هوازی- هوازی به دلیل تجمع گلیکوژن و پلی‌هیدروکسی الکانوات جهت حذف بارآلی به میزان کمی فسفر نیاز است (کمتر از ۲۰درصد).

۲- تجمع بیشتر کربوهیدرات‌های درون سلولی نسبت به پلی ساکاریدهای خارج سلولی در فرآیند بی‌هوازی- هوازی سبب ایجاد وقفه در به وجود آمدن ویسکوز بالکینگ می‌گردد.

۳- غلظت فسفر در پساب تصفیه شده خروجی از فرآیند بی‌هوازی- هوازی کمتر از فرآیند هوازی می‌باشد.

از روشهای دیگری که جهت رفع معضل ویسکوز بالکینگ مورد توجه و بررسی قرار گرفته است ضرورت حضور یون‌های کلسیم و منیزیم جهت اتصال و تجمع باکتری‌ها و تنظیم نسبت کاتیون‌های دو ظرفیتی به یک ظرفیتی می‌باشد. عدم تنظیم نسبت یون‌های تک ظرفیتی به دو ظرفیتی باعث تخریب فلاک‌ها و ته‌نشینی ضعیف در زلال‌کننده می‌گردد [۸].

۲- مواد و روشها

کلیه آزمایش‌های COD ، pH، MLSS و SV براساس کتاب استاندارد متد انجام گرفته است [۹].

کلیه مواد مورد نیاز آزمایش‌ها از شرکتهای Merck، Fluka و Aldrich با درجه خلوص آزمایشگاهی تهیه شده است. مواد مغذی مانند دی آمونیوم فسفات و کلرید کلسیم با درجه تجارتی تهیه شدند.

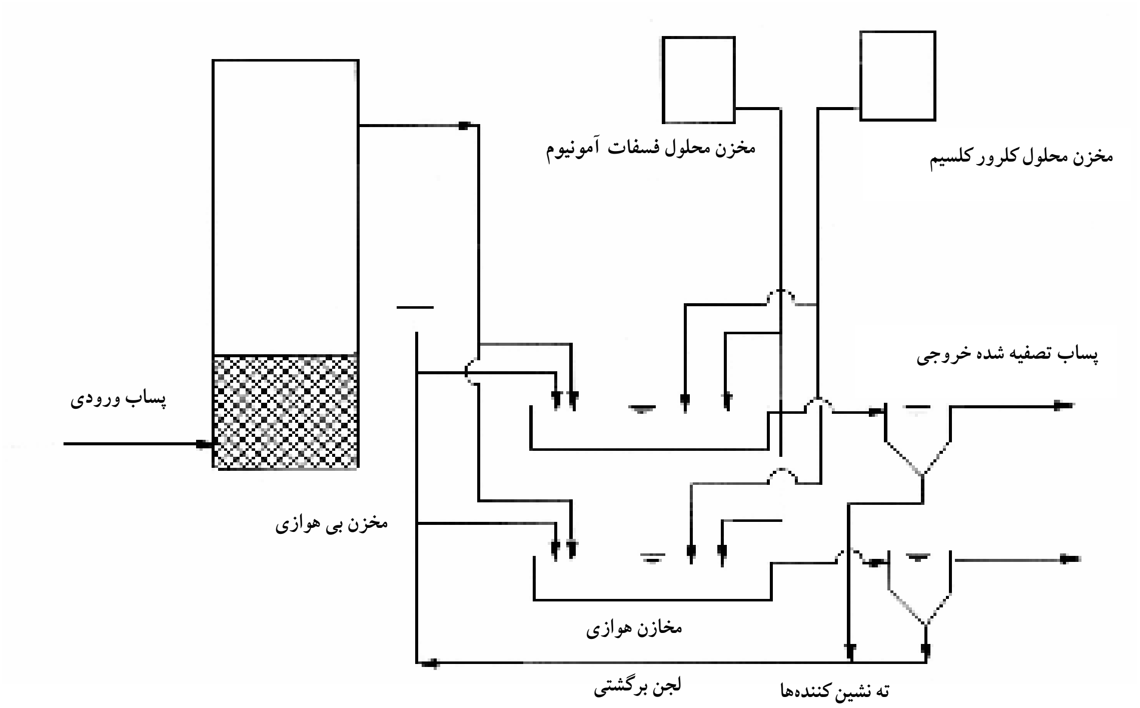
۲-۱- مطالعات نیمه صنعتی

به منظور ارزیابی فرآیند تصفیه این نوع پساب از یک واحد نیمه- صنعتی مطابق شکل ۱ استفاده گردید. این واحد شامل یک مخزن بی‌هوازی از جنس کربن استیل به حجم ۱۴۰۰ لیتر (قطر یک متر و ارتفاع مؤثر ۱/۷۵ متر) و دو حوضچه هوادهی از جنس فولاد گالوانیزه هر یک به حجم ۲۴۰ لیتر به شکل مکعب مستطیل (ابعاد ۱/۲ × ۰/۶ × ۰/۳۵ متر) بود. هوای مورد نیاز جهت اختلاط مایع مخلوط موجود در هوادهی و تأمین اکسیژن محلول توسط یک پخش کننده تأمین می‌گردید. دو زلال‌کننده از جنس فولاد ضد زنگ با قطر ۰/۶ متر و ارتفاع ۰/۵ متر و لجن برگشتی از کف زلال‌کننده به روش مکش توسط هوا[1] به داخل حوضچه‌های هوادهی برگشت داده می‌شد.

قطر مخزن تزریق مواد مغذی (دی آمونیوم فسفات) برابر ۰/۲۵ متر و ارتفاع آن ۰/۴ متر و قطر مخزن تزریق کلسیم کلراید برابر ۰/۲۵ متر و ارتفاع آن ۰/۴ متر و جنس هر دو مخزن از نوع پلی‌اتیلن بود. پس از آماده‌سازی لجن بیولوژیک بی‌هوازی با استفاده از سیستم لجن فعال شرکت پاکسان و سیستم تصفیه فاضلاب شهرک اکباتان در حوضچه بی‌هوازی فاضلاب خروجی از واحد روغن‌گیر تصفیه‌خانه (API)، لجن با pH برابر ۱۲ و COD حدود ۳۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و به صورت مداوم و با زمانهای ماند هیدرولیکی ۱۲، ۱۸ و ۲۴ (بارهای آلی ۸/۹۶، ۵/۹۷ و ۴/۴۸ کیلو گرم COD در روز) توسط پمپ از کف مخزن وارد حوضچه بی‌هوازی گردید. فاضلاب ورودی پس از تماس با بستر لجن از خروجی بالای مخزن خارج می‌گردید. هدف از اجرای این مرحله کاهش بار آلی به منظور افزایش راندمان مرحله هوازی از طریق تثبیت نسبت F/M و تنظیم مقدار pH فاضلاب ورودی به هوازنی بود. تنظیم pH در حدود ۶/۵ تا ۷/۵ و کاهش بار آلی خروجی سیستم بی‌هوازی در حدود ۱۵۰۰تا ۱۷۰۰ مؤید شرایط پایدار سیستم بی‌هوازی بود.

در مرحله دوم از فعالیتهای نیمه‌صنعتی، خروجی مخزن بی‌هوازی با pH برابر ۶/۵ و COD حدود ۱۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (بار آلی ۰/۴۶ کیلو گرم COD) به صورت مداوم با مقدار جریان ۱۲ لیتر در ساعت (با توجه به مبانی طراحی تصفیه خانه موجود) وارد هر یک از حوضچه‌های هوادهی می‌گردید. لجن موجود در حوضچه‌های هوادهی از سیستم لجن فعال شرکت پاکسان و سیستم تصفیه فاضلاب شهرک اکباتان تهیه و جهت انجام فعالیتهای نیمه‌صنعتی آماده گردید. با توجه به مطالعات صورت گرفته و ضرورت وجود نسبت اکی والانی تقریبی ۲ به ۱ کاتیون‌های تک ظرفیتی به دو ظرفیتی مقادیر ۲۵، ۳۲/۵، ۳۷/۵ و ۴۵ گرم در روز کلرید کلسیم که به ترتیب معادل ۰/۴۵، ۰/۵۸، ۰/۶۷۵ و ۰/۸۱ اکی- والان کلسیم می‌باشد، برای هر یک از حوضچه‌های هوادهی استفاده گردید [۶]. پارامترهای MLSS، COD و SVI برای بررسی میزان تغییرات ته‌نشینی لجن و بهبود راندمان سیستم،

[1] Air Lift



شکل ۱- شمای پایلوت سیستم بی‌هوازی- هوازی تصفیه بیولوژیکی

مورد بررسی قرار گرفت. کاهش نوسان شاخص SVI و COD خروجی هوازنی‌ها در هر مرحله بیانگر پایداری سیستم می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- سیستم بی هوازی

در اکثر سیستم‌های لجن فعال موجود در کارخانه‌های نوشابه‌سازی پس از ایجاد حالت بالکینگ رشته‌ای به دلیل بالا بودن بار آلودگی مواد قندی و رشد بی‌رویه باکتری‌های رشته‌ای و تلاش در جهت کنترل این نوع بالکینگ، راهبران سیستم با شکل تازه‌ای از بالکینگ لجن به نام بالکینگ غیررشته‌ای یا ویسکوز بالکینگ مواجه می‌گردند. در بالکینگ غیررشته‌ای میزان حجم لجن به شدت افزایش یافته و ته‌نشینی به ضعیف‌ترین شکل ممکن در آمده و میزان بار آلی موجود در خروجی سیستم نیز تا حدودی افزایش می‌یابد.

افزایش حجم لجن و کاهش شدید ته‌نشینی نهایتاً منجر به پیدایش حالت ژلاتینی در مایع مخلوط حوضچه هوادهی می‌گردد، به نحوی که به صورت ظاهری نیز افزایش گرانروی مایع مخلوط حوضچه هوادهی مشهود می‌باشد[۸ و ۱۰]. از این به بعد کاهش حجم لجن و افزایش ته‌نشینی امکان نداشته و تنها راه ممکن تخلیه و دورریز مایع مخلوط موجود در حوضچه هوادهی و شروع مجدد کار با لجن فعال جدید می‌باشد. هارپر و همکاران[1] در سال ۲۰۰۳ بر نقش سیستم‌های بی‌هوازی در کاهش بارآلودگی ناشی از موادی مانند هیدرات‌های کربن تأکید داشته و معتقدند کاهش بارآلودگی در جلوگیری از حالت ویسکوز بالکینگ می‌تواند مؤثر باشد[۷].

در این بررسی با توجه به اهمیت نقش سیستم‌های بی‌هوازی که در مقالات و توسط محققین مختلف مورد تأکید قرار گرفته است از یک سیستم انتخابگر بیولوژیک[2] جهت ایجاد شرایط بی‌هوازی استفاده گردید. این سیستم پس از پیدایش شرایط پایدار و بهینه به مدت ۹ روز مورد بررسی قرارگرفت. عملکرد سیستم بی‌هوازی منجر به کاهش شدید pH و بارآلودگی فاضلاب ورودی به مخزن بی‌هوازی گردید. میزان تغییرات pH و COD نسبت به تغییرات زمان ماند هیدرولیکی در شکلهای ۲و ۳ نشان داده شده است.

۳-۲- سیستم هوازی

هینگز و همکاران در سال ۱۹۹۷ تأثیر غلظت یون‌های دو ظرفیتی و نسبت میزان یون‌های تک ظرفیتی به دو ظرفیتی مانند کلسیم و منیزیم را در ایجاد حالت ویسکوز بالکینگ مورد بررسی قرار داده و آن را از جمله عوامل مؤثر در بروز حالت ویسکوز بالکینگ می‌دانند. با در نظر گرفتن این موضوع استفاده از محلول کلرید

---
1 Haper et al.
2 Biological Selector

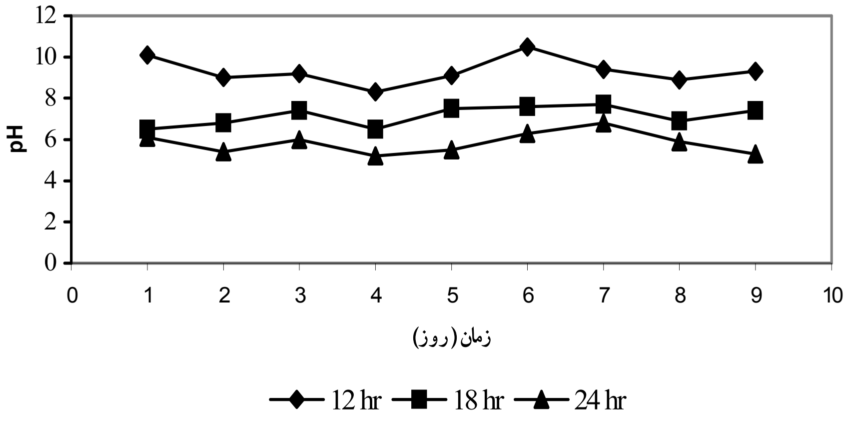
کلسیم به منظور تنظیم نسبت یون‌های تک ظرفیتی به دو ظرفیتی در سیستم هوازی مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به میزان کلرید کلسیم تزریق شده، نسبت اکی والانی یون‌های سدیم به کلسیم در مطالعات پایلوت مطابق جدول ۱ می‌باشد.

نتیجه آزمایش‌های SV، COD و پارامتر SVI با توجه به تغییر میزان تزریق کلرید کلسیم و در نتیجه تغییر نسبت اکی والانی یون‌های سدیم به کلسیم در شکلهای ۴ و ۵ نشان داده شده است.

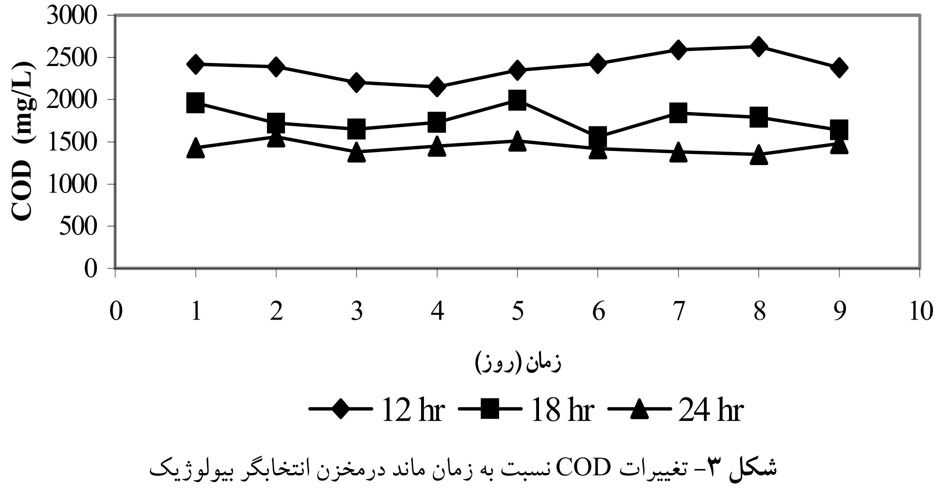
با توجه به داده‌های شکل ۳، زمان ماند هیدرولیکی بهینه در مخزن بی‌هوازی ۲۰ ساعت انتخاب شد. همان گونه که شکلهای ۲ و ۳ نشان می‌دهند، در زمان ماند ۱۸ ساعت حدود ۵۰ درصد بارآلی ورودی به حوضچه بی‌هوازی کاهش یافته و pH نیز بنا بر داده‌های شکل ۲ در حدود ۶/۵ تا ۷/۵ ثابت می‌ماند. این نتایج در زمان ماند هیدرولیکی ۲۴ ساعت تغییر محسوسی نمی‌نماید. جهت طراحی مناسب حوضچه بی‌هوازی، زمان ماند هیدرولیکی ۲۰ ساعت انتخاب گردید. عملکرد انتخابگر بیولوژیک در این مرحله دارای آثار بسیار شدید در جلوگیری از رشد غیرقابل کنترل باکتری‌های رشته‌ای می‌باشد و با اطلاعات موجود در مقالات و مراجع مبنی بر وابستگی رشد باکتری‌های رشته‌ای با نسبت F/M همخوانی دارد.

جدول ۱- میزان اکی والانی یون‌های سدیم و کلسیم و نسبت اکی والانی یون‌های سدیم به کلسیم

اکی والان سدیم	۱/۳۷۵	۱/۳۷۵	۱/۳۷۵	۱/۳۷۵
اکی والان کلسیم	۰/۴۵	۰/۵۸	۰/۶۷۵	۰/۸۱
نسبت اکی‌والانی سدیم به کلسیم	۳/۰۵	۲/۳۷	۲	۱/۷



شکل ۲- تغییرات pH نسبت به زمان ماند درمخزن انتخابگر بیولوژیک



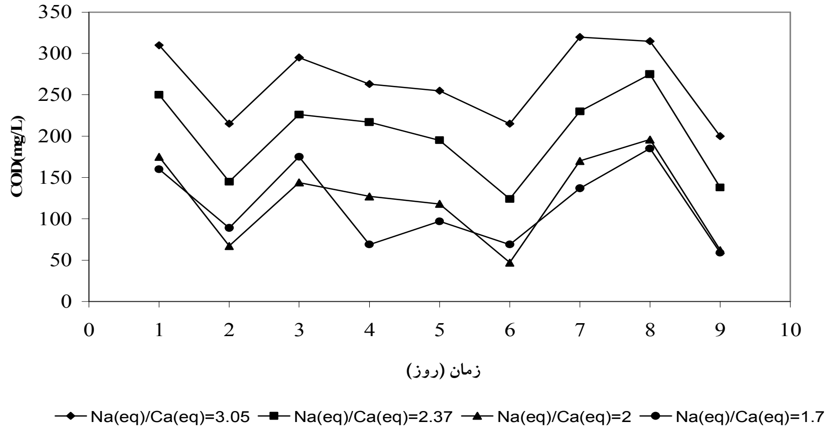
شکل ۳- تغییرات COD نسبت به زمان ماند درمخزن انتخابگر بیولوژیک

زیرا قبل از استفاده از انتخابگر بیولوژیک به دلیل نسبت F/M بزرگ‌تر از ۱/۲، باکتری‌های رشته‌ای به سرعت در سیستم رشد نموده و حالت فراگیر در سیستم پیدا می‌نمایند. در حالی که پس از استفاده از انتخابگر بیولوژیک با توجه به کاهش ۵۰ درصدی در میزان COD ، نسبت F/M کاهش می‌یابد و به حدود ۰/۵ می‌رسد که منجر به کنترل میزان باکتری‌های رشته‌ای در سیستم می‌گردد. با توجه به کاهش ۵۰ درصدی بارآلی ورودی به حوضچه بی‌هوازی و متناسب بودن این میزان بارآلی با وضعیت حوضچه هوادهی، رشد بیش از حد باکتری‌های رشته‌ای کنترل شده و نیازی به استفاده از هیپوکلریت کلسیم نمی‌باشد. از طرفی زمان وقوع بالکینگ غیررشته‌ای نیز به تعویق می‌افتد. این نتایج با اطلاعات موجود در منابع منطبق بوده و همخوانی دارد. زیرا افزایش ترکیبات کلره به منظور کنترل رشد باکتری‌های رشته‌ای به صورت همزمان سبب از بین بردن باکتری‌های تشکیل دهنده فلاک نیز می‌گردد و روند تشکیل فلاک را کُند می‌کند و از این طریق بر شدت بخشیدن به حالت ویسکوز بالکینگ مؤثر است. از طرفی کاهش pH فاضلاب ورودی از ۱۲ به حدود ۶/۵ در خروجی سیستم بی‌هوازی، واحد تصفیه را از مصرف اسید و تأسیسات لازم به منظور تنظیم pH فاضلاب ورودی به حوضچه‌های هوادهی بی‌نیاز می‌نماید.

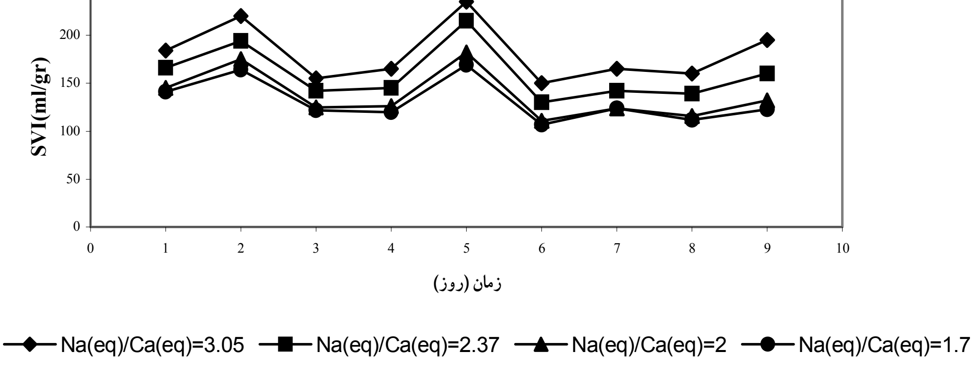
به منظور بررسی اثر نسبت یون‌های تک ظرفیتی به دو ظرفیتی بر ایجاد ویسکوز بالکینگ غلظتهای متفاوتی از یون‌های دوظرفیتی با استفاده از محلول کلرید کلسیم در مقابل یون‌های تک ظرفیتی سدیم موجود در فاضلاب خام مورد استفاده و ارزیابی قرار گرفت.

مطابق شکلهای ۴ و ۵ میزان ته‌نشینی لجن با در نظر گرفتن آزمایش SV در نسبت اکی‌والانی ۲ به ۱ یونها بهترین وضعیت را داشته و پارامتر SVI در این نسبت اکی والانی وضعیت قابل قبولی دارد. با توجه به بهبود نتایج SV و پارامتر SVI ، ته‌نشینی وضع نسبتاً مطلوبی پیدا نموده و در آزمایش‌های میکروسکوپی نیز فلاک‌ها منسجم و دارای اندازه قابل قبول بودند.

همچنین مطابق شکل ۴ میزان بارآلودگی خروجی از سیستم هوازی پس از بهبود ته‌نشینی به نحو مطلوبی کاهش می‌یابد. حالت ویسکوز بالکینگ با توجه به شرایط اعمال شده هرگز مشاهده نشد، که این امر نتایج تحقیقات صورت گرفته توسط سایر محققین را تأیید می‌نماید.



شکل ۴- تغییرات COD خروجی حوضچه هوادهی برحسب زمان



شکل ۵- تغییرات پارامتر SVI لجن بیولوژیکی حوضچه هوادهی برحسب زمان

۴- نتیجه‌گیری

یکی از مشکلات سیستم‌های لجن فعال در سرتاسر دنیا وجود مشکل بالکینگ می‌باشد. با توجه به مطالعات انجام شده دو عامل مهم در پیدایش این حالت شامل بارآلی بالا ناشی از مواد قندی و بالا بودن غلظت یون‌های سدیم ناشی از مصرف محلول سود، به منظور شست‌وشوی ظروف در کارخانه‌های نوشابه سازی می‌باشد. نتایج حاصل از این بررسی کاملاً با نتایج به دست آمده از بررسی هارپر و همکاران در سال ۲۰۰۳ مبتنی بر کاهش حالت ویسکوز بالکینگ با استفاده از سیستم بی‌هوازی برای کاهش بار آلی اولیه منطبق بوده و آنها را تأیید می‌نماید [۷]. همچنین نتایج به دست آمده از فعالیتهای هینگز و همکاران در سال ۱۹۹۷ مبنی بر تأثیر تنظیم نسبت یون‌های یک ظرفیتی به دو ظرفیتی در کاهش و حذف حالت ویسکوز بالکینگ با نتایج به دست آمده در این پژوهش کاملاً مطابقت داشته و مؤید یکدیگرند. در ضمن علاوه بر برطرف شدن معضل بالکینگ در اثر تجربیات به دست آمده طی بررسی‌های نیمه‌صنعتی، کارخانه از مصرف هیپوکلریت به عنوان کنترل کننده رشد بی‌رویه باکتری‌های رشته‌ای و اسید سولفوریک به منظور تنظیم pH ورودی به حوضچه‌های هوادهی بی‌نیاز شده و هزینه‌های راهبری سیستم تا حد قابل توجهی کاهش یافته است. نتایج به دست آمده در این تحقیق و بررسی را می‌توان در سایر کارخانه‌های نوشابه‌سازی یا کارخانه‌های مواد غذایی که دارای مشکل ویسکوز بالکینگ هستند اجرا نمود.

۵- مراجع

1-Gerardi, M. H. (2002). *Activated sludge microbiology,* Water Pollution Control Federation, Part 12.

2- Eikeboom, D. H. , and Van Buysen. (1981). *Microscopic sludge investigation manual*, IMG- TNO Report , A94A. Delft, the Netherlands.

3- Chambers, B., and Tomlinson, E. J. (1982). *Bulking of activated sludge preventative and remedial methods*, Ellis Horwoodlimited, chapters: 1,2,4.

4-Takiguchi, Y. (1998). “Wastewater treatment without bulking of activated sludge occurring mechanism of viscous bulking.” *Water Purification and Liquid Waste Treatment*, 39 (7), 349-358

5- Boyette, S. M., and Lovett, J. M. (2001). “Cell surface and exopolymer characterization of laboratory stabilized activated sludge from a beverage bottling plant.”*Wat. Sci. Tech.,* 43 (6), 175-184.

6 – Zita, A., and Hermansson, M. (1994). “Effects of ionic strength on bacterial and stability of flocs in a wastewater activated sludge system.” *Applied and Environmental Microbiolgy*, 60 (9), 3041-3048.

7- Harper, W. F. (2003). “The effect of an initial anaerobic zone on the kinetics and stoichiometry of acetate removal during nutrient limiting conditions.” *Wat. S. A.,* 29 (4), 443-450.

8- Higgins, M. J., and Novak, J. T. (1997). “The effect of cations on the settling and dewatering of activated sludge- laboratory result.” *Water Environment Research*, 69 (2), 215-223.

9- APHA, AWWA and WEF. (1998). *Standard method for the examination of water and wastewater*, 20th Ed., Washington, D.C.

10- Takiguchi, Y. (2002). “Progress in elucidation of the bulking of activated sludge and its measures biopolymers related to viscous bulking and bioflocculation.” *Yosui to Haisui*, 42 (12), 1104-1112.