

برخی از مشکلات بهره‌برداری
از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب
(به روش لجن فعال)



مدیریت
بهداشت، ایمنی و محیط زیست

به نام خدا

**برخی از مشکلات بهره‌برداری از
تصفیه‌خانه‌های فاضلاب (به روش لجن فعال)**

۱۳۹۱

تهران: خیابان طالقانی - شماره ۳۷۸ تلفن ۶۶۴۹۱۳۱۱ مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست

عنوان: پالایش خاک و آب زیرزمینی

تهیه کننده: مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست شرکت ملی پالایش و پخش

ناشر: انتشارات روابط عمومی شرکت ملی پالایش و پخش

نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۱

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

فهرست عناوین

صفحه	عنوان
.....	پیشگفتار
۱	مقدمه
۲	مشکلات ایجاد شده در حین بهره برداری
۳	رشد پراکنده
۴	فلاک‌های ریز
۵	حجیم شدن لزج
۶	تشکیل کف
۷	کف ناشی از میکروارگانسیم‌های رشته‌ای
۷	کف ناشی از نوکاردیا
۸	روش‌های کنترل نوکاردیا
۸	کف ناشی از دترجنت و مواد شوینده
۹	کف سفید موج‌دار
۱۰	کف قهوه‌ای تیره در سطح حوض هوادهی
۱۰	بالا آمدن لجن
۱۱	بالکینگ رشته‌ای
۱۶	منابع

پیشگفتار:

محیط‌زیست، جلوه‌ای است از پهن‌دشت بزرگ جهان آفرینش که خداوند سبحان آن را با قدرت شگرف و لایزال خود ساخته و پرداخته است. با توجه به رویارویی بشر امروزی با چالش‌های متعدد زیست‌محیطی از جمله آلودگی منابع آب، خاک، هوا، پدیده گرم شدن زمین، تخریب لایه اوزون و... همچنین مطابق با آموزه‌های دینی و همچنین اصل پنجاهم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، حفاظت از محیط زیست یک وظیفه عمومی تلقی می‌شود؛ به این معنی که کلیه افراد حقیقی و حقوقی موظف به حفظ محیط زیست هستند.

مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HS) شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی در جهت ارتقای فرهنگ محیط زیست اقدام به انتشار مجموعه کتابچه‌های زیست‌محیطی با هدف آموزش مطالب علمی کاربردی و در عین حال ساده و روان در مقوله محیط زیست نموده است.

این مجموعه بی‌شک خالی از اشکالات فنی، نگارشی نیست. لذا مدیریت HSE از خوانندگان گرامی خواهشمند است نقطه نظرات و پیشنهادهای سازنده خود را در راستای غنای مطالب و ترویج فرهنگ عمومی زیست‌محیطی به این مدیریت منعکس نمایند.

پاییز ۱۳۹۰

مقدمه

فاضلاب و پس آب‌های مراکز صنعتی، کشاورزی و همین‌طور محل‌های مسکونی از آلوده‌کننده‌های عمده آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی به ویژه آب‌های رودخانه‌ها، دریاها و دریاچه‌ها هستند. یکی از سیستم‌های رایج در تصفیه این پساب‌ها استفاده از روش‌های هوازی و سیستم لجن فعال است. امروزه بسیاری از تصفیه‌خانه‌های شهری و صنعتی بخشی از بار آلودگی را به روش بیولوژیکی لجن فعال تصفیه و پاکسازی می‌کنند. راهبری این بخش و مشکلاتی که اغلب در این نوع تصفیه‌خانه‌ها به وجود می‌آید، یکی از اساسی‌ترین بخش‌هایی است که باید برای رفع آن اقدام کرد. در این نوشتار به برخی از انواع مسائل و مشکلات ناشی از راهبری و بهره‌برداری از سیستم‌های تصفیه فاضلاب به روش بیولوژیکی لجن فعال و راهکارهای کنترل و رفع آن‌ها پرداخته می‌شود.

مشکلات ایجاد شده در حین بهره‌برداری

این مشکلات را می‌توان به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

- رشد پراکنده^۱
- فلاک‌های ریز^۲
- حجیم شدن لزج^۳
- حجیم شدن رشته‌ای^۴
- تشکیل کف^۵

رشد پراکنده

در رشد پراکنده، لخته‌سازی رخ نمی‌دهد، که این عامل اغلب ناشی از انتخاب باکتری‌های غیر لخته‌ساز مثل سلول‌های منفرد یا میکروارگانیسم‌های رشته‌ای در شرایط خاص رشد لجن فعال است. سورفکتانت‌های^۶ غیر قابل حل نیز با رشد پراکنده باعث ایجاد این پدیده می‌شوند. همانطور که گفته شد در رشد پراکنده سلول‌ها به صورت منفرد هستند و لخته تشکیل نمی‌دهند، لذا بازده جداسازی بسیار پایین و پساب کدر است. علت این پدیده نخست به دلیل غلظت زیاد مواد غذایی یا سوبسترای^۷ قابل تجزیه سریع است و در چنین شرایطی سلول‌ها قادر به ساخت تولیدات ذخیره نیستند. دوم اینکه وجود مواد سمی باعث می‌شود بیوپلمرها ساخته نشوند. این پدیده در لجن فعال متعارف و یا واحدهای حذف

^۱. Dispersed growth

^۲. Pinpoint flocs

^۳. Viscous bulking

^۴. Filamentous bulking

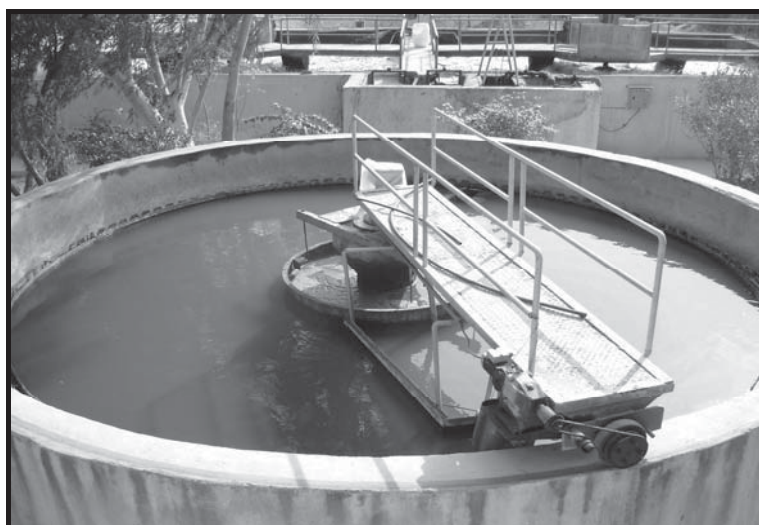
^۵. Foam

6. Surfactant

7. Substrate

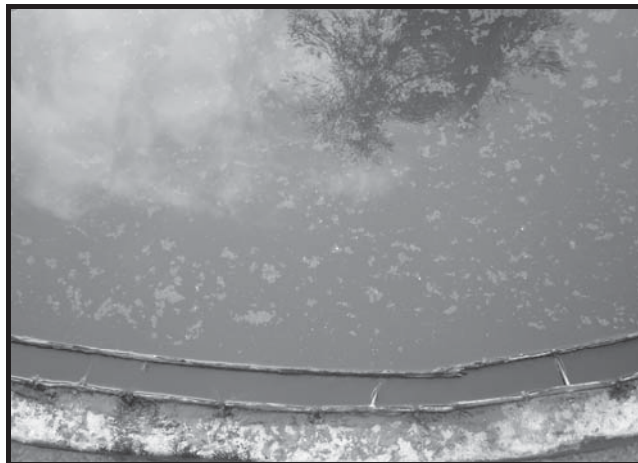
برخی از مشکلات بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب / ۳

مواد مغذی دیده نمی‌شود، زیرا زمان ماند بیولوژیکی در این سیستم‌ها بیشتر از سه روز است.



فلاک‌های ریز

علت پدیده فلاک‌های ریز کاملاً نسبت به حالت قبلی متفاوت است. آزمایش‌های میکروسکوپی و تست ته نشینی اختلاف چشمگیری را با رشد پراکنده نشان می‌دهد. در رشد پراکنده، قطر لخته‌ها ۱۰ تا ۲۰ میکرومتر است، در صورتی که در پدیده فلاک‌های ریز، قطر لخته‌ها ۵۰ تا ۱۰۰ میکرومتر است. در تست ته‌نشینی، لجن فعال به سرعت به دو ناحیه تقسیم می‌شود. علت این امر خلاف حالت رشد پراکنده ناشی از سن بالای لجن است. به عبارتی لخته‌ها با غلظت کم سوبسترا مواجه هستند. این پدیده اغلب در سیستم حذف مواد مغذی که ساختمان لخته‌ها به واسطه ناپدید شدن فیلامنتوس‌ها در هم می‌ریزد، دیده می‌شود.



شکل ۲:

در ماند سلولی در مدت زمان طولانی (MCRT) این نوع از لخته‌ها شناور شده و ایجاد فلاک‌های ریز می‌کند. این نوع از لجن به سرعت ته‌نشین می‌شود ولی پس از مدتی شناور شده و ایجاد کدورت زیاد می‌نماید. فلاک‌های بزرگ‌تر متراکم شده و به سرعت ته‌نشین می‌شوند و آنهایی که کوچکتر هستند از بین لخته‌های بزرگ‌تر جدا شده و به آرامی ته‌نشین می‌شوند. این حالت باعث ایجاد کدورت زیاد می‌شود.

ذرات کوچک‌تر لخته‌های لجن فعال به وسیله میکروارگانیسم‌های رشته‌ای حمایت می‌شوند. این میکروارگانیسم‌ها یک شبکه محکم بین باکتری‌های لخته‌ای ایجاد می‌کنند و باعث می‌شوند این باکتری‌ها به هم بچسبند.

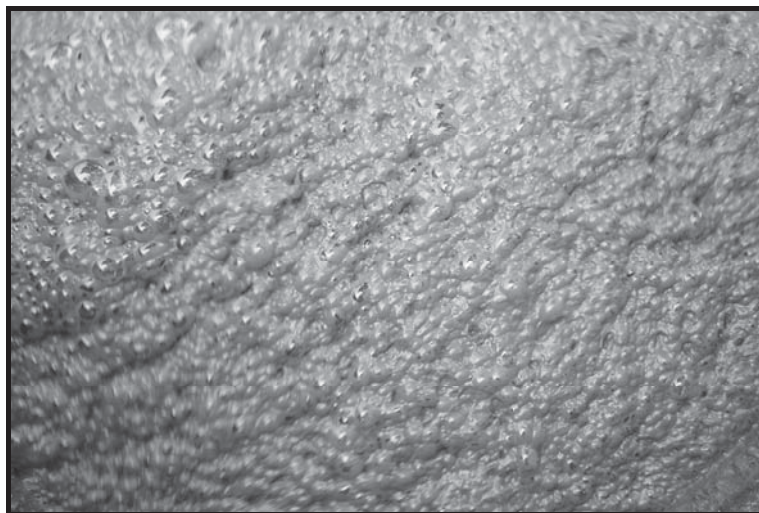
عدم وجود میکروارگانیسم‌های رشته‌ای باعث شکست ساختمان ماکروسکوپی به دلیل بارگذاری کم مواد آلی می‌شود. ولی گاهی نیز در فاضلاب‌های صنعتی به دلیل دخالت مواد شیمیایی در ساختمان لخته‌ها ایجاد می‌شود. به طور اساسی در این حالت هیچ ساختمان میکروبی به دلیل عدم وجود باکتری‌های رشته‌ای وجود ندارد.

حجیم شدن لزج

این پدیده بر اثر پراکنده شدن سلول‌های میکروبی در مواد خارج سلولی که نگهدارنده بیشتر آب هستند ایجاد می‌شود.

در شرایط عادی، میکروارگانیسم‌های لخته‌ای مقداری بیوپلیمر تولید می‌کنند که دارای خاصیت چسبندگی است و برای تشکیل لخته لازم است. ولی در شرایط خاصی باکتری‌های Zoogloea به میزان زیادی از این بیوپلیمرها تولید می‌کنند که باعث تولید کلونی‌های چسبنده می‌شود.

این مشکل ته نشینی، به جهت اینکه بر اثر حضور بیش از حد کلونی‌ها Zoogloea به وجود می‌آید به نام بالکینگ زوگلوایی مشهور است که عوامل زیر باعث ایجاد چنین مشکلی می‌شود:



شکل ۳: حجیم شدن یا بالکینگ

- حضور سوبسترای قابل تجزیه سریع به خصوص اسیدهای چرب.
- وجود گرادیان بالای غلظت مواد قابل تجزیه سریع.

این نوع حجیم شدن لجن ممکن است زمانی اتفاق بیفتد که برای بهبود ته‌نشینی سیستم از گرادیان غلظت استفاده می‌شود. از آنجا که پلیمرهای مذکور کلوئیدهای آب دوست هستند، در نتیجه، آب را به مقدار زیادی در خود نگه می‌دارند. همین عامل، سرعت ته‌نشینی و تجمع را پایین می‌آورد. از طرفی این بیوپلیمرها نوعی سورفکتانت هستند و زمانی که هوادهی زیاد است، کف چسبنده ایجاد می‌کنند و اگر این لایه ضخیم به هم نخورد، لجن فعال قدرت جریان یافتن را از دست می‌دهد. این مشکل به وسیله افزایش پلیمر یا پراکسید هیدروژن قابل حل نیست. حتی کلرزنی هم نتایج خوبی نداشته است.

تشکیل کف

احتمال وقوع انواع مختلف کف در سیستم لجن فعال وجود دارد که آن‌ها را می‌توان به سه دسته کلی زیر تقسیم کرد:

الف) کف ناشی از میکروارگانسیم‌های رشته‌ای

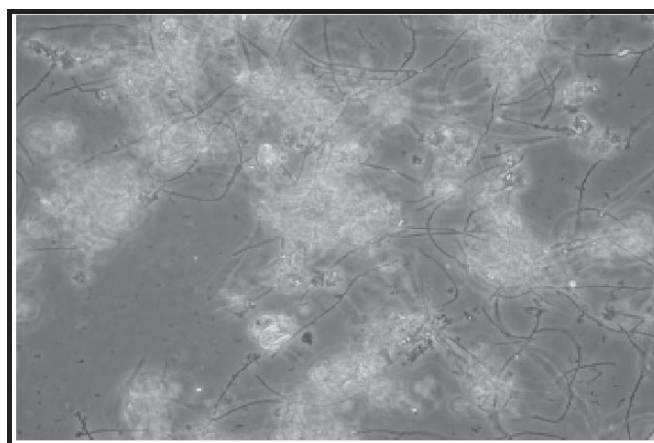
کف لجن فعال که بر اثر نوعی از میکروارگانسیم‌های رشته‌ای ایجاد می‌شود، به وضوح از کف ناشی از مواد سورفکتانت مانند چربی و گریس متمایز است. این کف که به وسیله فیلامنتوسی‌های تشکیل دهنده کف^۱ ایجاد می‌شود، به رنگ قهوه‌ای شکلاتی بوده و حاصل عمل فیزیکیوشیمیایی و بیوشیمیایی است و باعث می‌شود سه فاز هوا، آب و سلول‌های میکروبی در سیستم ایجاد شود. مشکلاتی که کف ایجاد می‌کند به شرح زیر است:

- کف ایجاد شده در حوض هوادهی ممکن است از حوض خارج شده و ظاهری ناخوشایند همراه با بو ایجاد کند.
- کف از حوض هوادهی وارد حوض ته‌نشین شده و غلظت مواد معلق و میزان BOD_5 را افزایش می‌دهد.

1. Foam Forming

برخی از مشکلات بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب / ۷

• وقتی ساختمان حوض هوادهی طوری باشد که اجازه ندهد کف از آن خارج شود، کف مدت زمان زیادی در داخل حوض می‌ماند و توده‌های سلولی جدید در داخل آن به دام می‌افتند (حتی به میزان ۳۰ درصد). در نهایت وقتی مقداری از لجن فعال در داخل کف نگهداری شود، باعث می‌شود که زمان ماند سلولی کم شده و این حالت بخصوص برای حذف مواد مغذی بسیار خطرناک است.



شکل ۴:

ایجاد کف در هر دو نوع هوادهی دیفیوزر^۱ و مکانیکی اتفاق می‌افتد ولی عموماً در هوادهی‌های دیفیوزر به دلیل میزان هوای بیشتر، رخ می‌دهد.

ب) کف ناشی از نوکاردیا

کف نوکاردیا در لجن فعال می‌تواند در هاضم‌های هوازی و بی‌هوازی به دلیل اینکه به آن‌ها لجن وارد می‌شود، وجود داشته باشد. این دو نوع باکتری در سن بالای لجن و در حضور چربی و روغن اتفاق می‌افتد.

1. Diffuser

فاکتور دیگر در رشد نوکاردیا و M. Parvicella، کم بودن میزان اکسیژن محلول یا سپتیک بودن است. هر سه فاکتور زیر برای رشد بیش از اندازه میکروارگانیسم‌ها و در نتیجه، ایجاد کف ضروری است.

- وجود چربی و روغن
- بالا رفتن سن لجن
- کم بودن اکسیژن محلول

روش‌های کنترل نوکاردیا

- جلوگیری از ورود چربی و روغن به سیستم لجن فعال
- کاهش سن لجن از طریق دفع لجن به صورت لجن مازاد همان‌طور که در ادامه خواهیم دید استفاده از این روش و کلرزنی بر روی سطح کف می‌تواند برای حذف کف ناشی از باکتری‌های رشته‌ای مناسب باشد.
- استفاده از اسپری کلر بر روی سطح کف نوکاردیا
- جلوگیری از کم شدن میزان DO حوض هوادهی از طریق افزایش هوادهی یا کاهش MLSS
- افزودن مقداری پلیمر کاتیونیک

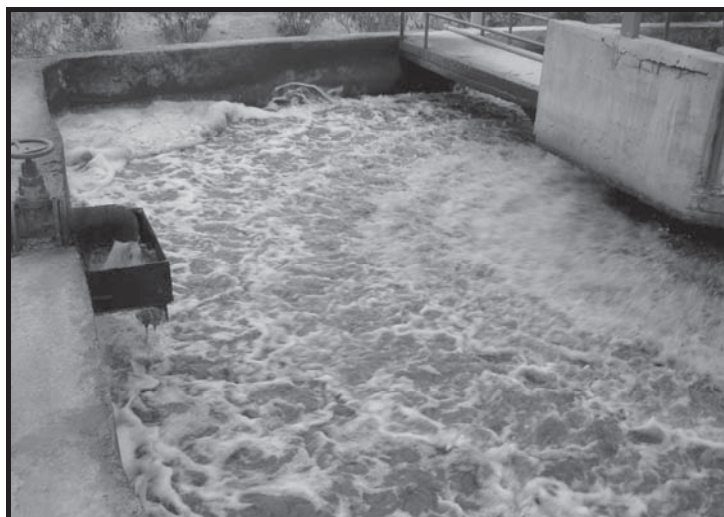
ج) کف ناشی از دترجنت و مواد شوینده

- راه‌های کنترل کف ناشی از دترجنت‌ها عبارت است از :
- نگهداری غلظت¹ MLSS حوض هوادهی در حد بالا
- کاهش هوادهی در زمان‌هایی که دبی فاضلاب کم است. به طوری که اکسیژن محلول ثابت باقی بماند
- تخریب کف با آب‌پاش
- استفاده از مواد ضد کف

1. Mixed Liquor Suspended Solids

د) کف سفید موج‌دار

وجود کف روشن موج‌دار در حوض هواده‌ی، شاخصی است که نشان می‌دهد لجن خیلی جوان است و حذف BOD به خوبی صورت نمی‌گیرد. بنابراین، باید مقدار لجن دفعی از سیستم را کاهش داد تا میزان لجن برگشتی افزایش یابد. گاهی اوقات بر اثر قطع برق یا خرابی پمپ‌های لجن برگشتی، انتقال لجن برگشتی به حوض هواده‌ی قطع می‌شود که اگر این مشکل به مدت حداکثر ۵ تا ۱۰ ساعت طول بکشد، کف سفید موج‌دار در سطح حوض هواده‌ی پدیدار می‌شود.



شکل ۵: کف سفید موج‌دار

راه‌های کنترل

- افزایش میزان لجن برگشتی و کاهش لجن دفعی از سیستم
- افزایش کود حیوانی جهت افزودن مواد مغذی به سیستم و افزایش MLSS
- هواده‌ی مناسب

ه) کف قهوه‌ای تیره در سطح حوض هوادهی

این کف بر اثر بالا رفتن سن لجن و افزایش بیش از اندازه MLSS در حوض هوادهی و یا ورود مواد سمی به سیستم ایجاد می‌شود. این کف، حجیم و چرمی مانند است و تمام سطح حوض را فرا می‌گیرد.



شکل ۶: کف قهوه‌ای تیره

راه کنترل

- افزودن میزان لجن دفعی

بالا آمدن لجن

پدیده بالا آمدن لجن اغلب در حوض ته‌نشینی ثانویه مشاهده می‌شود که طی آن لجن فعال بالا آمده و شناور می‌شود. زمانی که این پدیده مشاهده می‌شود، دو فاز در سیلندر شیشه‌ای قابل تشخیص است. در ابتدا لجن فعال به سرعت ته‌نشین می‌شود و یک لایه فشرده لجن ته‌نشین شده در عمق و لایه شفاف در قسمت بالا دیده می‌شود.

بعد از یک دوره زمانی (که در درجه حرارت بالا ممکن است کمتر از ۳۰ دقیقه است)، یک قسمت از لجن تغلیظ شده، شناور گشته و به سمت سطح آب حرکت می‌کند.

مواد شناور پر از گاز هستند؛ زمانی که این گاز آزاد می‌شود، قسمتی از لجن دوباره ته‌نشین شده و قسمت قابل ملاحظه‌ای از مواد شناور به همراه پساب از تانک ته‌نشینی خارج می‌شوند. از آنجا که غلظت لجن فعال در لایه بالا در مقایسه با لایه زیری چشمگیر است، باید سعی شود از این پدیده برای جداسازی و تغلیظ استفاده شود.

طبیعت این پدیده، دینیتریفیکاسیون بوده و زمانی که میکروارگانیسم‌ها در مرحله خود خوری هستند، در لایه‌های عمقی لجن فعال اتفاق می‌افتد. عامل این پدیده، غلظت بالای توده سلولی، بالا رفتن سن لجن، کاهش اکسیژن محلول و ایجاد شرایط آنوکسی است.

از آنجا که زمان ماند در حوض ته‌نشینی ثانویه اغلب بیشتر از یک ساعت است، چنین پدیده‌ای را به طور معمول مشاهده می‌کنیم.

بالکینگ رشته‌ای

ایجاد پدیده بالکینگ فیلامنتوسی ناشی از فشردگی ضعیف لجن فعال است که شرایط زیر را فراهم می‌آورد:

- لجن برگشتی و دفعی دارای غلظت پایینی است.
- تأمین غلظت مورد نیاز برای لجن فعال در راکتور مشکل است.
- آبگیری از لجن مشکل است.
- بار هیدرولیکی تجهیزات تصفیه لجن، بالا می‌رود.

اثر منفی بالکینگ رشته‌ای بر روی تغلیظ لجن بیشتر از اثر آن بر روی تفکیک فاضلاب تصفیه شده از لجن است، زیرا ممکن است سرعت ته‌نشینی در حد قابل قبولی برای به دست آوردن بازده مناسب جداسازی کافی باشد، با وجود

این، وقتی لجن دارای فشردگی خیلی ضعیفی است، ممکن است لجن از سطح حوض خارج شود. زمانی که توده‌های سلولی از محیط در حال فرار هستند، دیگر برای رفع این مشکل دیر شده است.



شکل ۷: بالکینگ رشته‌ای

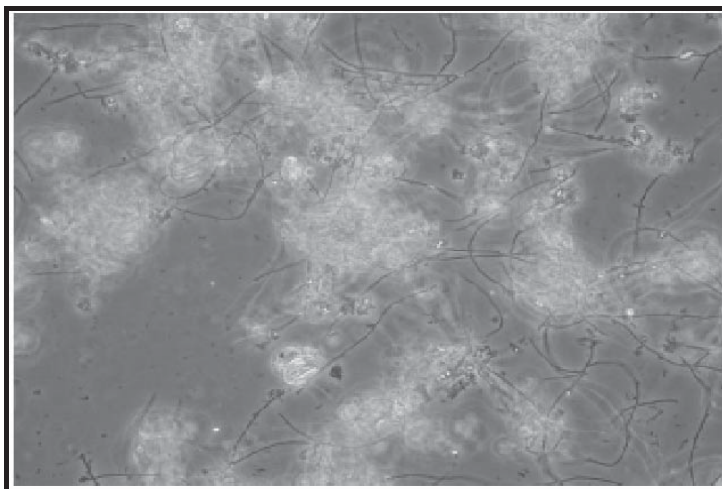
دلایل فشردگی ضعیف لخته‌های لجن فعال در زمانی که تعداد میکروارگانیزم‌ها زیاد است، این است که میکروارگانیزم‌های رشته‌ای به تعداد کافی حضور دارند. لخته‌های لجن به خوبی به یکدیگر می‌چسبند و آب نیز از فاصله بین آن‌ها بر اثر نیروی جاذبه دفع می‌شود. میکروارگانیزم‌های رشته‌ای به دو روش در ته‌نشینی و فشردگی لجن فعال دخالت می‌کنند:

بعضی از انواع آن‌ها در داخل لخته‌ها بهتر رشد می‌کنند و لخته‌هایی با ساختمان پراکنده تولید می‌کنند که در داخل این لخته‌ها فضایی برای نگهداری آب ایجاد می‌شود.

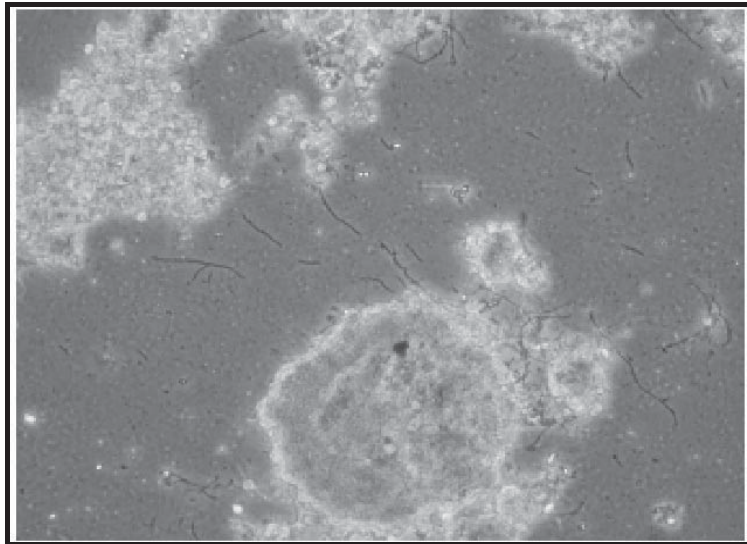
در حالت طبیعی وقتی فیلامنتوس‌ها به تعداد کم در داخل لخته‌ها وجود دارند،

باعث استحکام ساختمانی لخته‌ها می‌شود، ولی وقتی تعداد آن زیاد باشد به صورت مکانیکی از فشرده شدن لخته‌های منفرد جلوگیری می‌کند و این زمانی است که رشته‌های فیلامنتوس‌ها از لخته‌ها بیرون زده است. این حالت در بالکینگ رشته‌ای بیشتر عمومیت دارد.

ته‌نشینی ضعیف نه تنها مشکل واحدهای لجن فعال ابتدایی مانند سیستم‌هایی با جریان منقطع بوده، بلکه امروزه نیز با وجود اینکه عامل آن شناخته شده است، در واحدهای پیشرفته لجن فعال با جریان دایم دیده می‌شود.



شکل ۸- پدیده بالکینگ رشته‌ای (رشته‌های فیلامنتوس از داخل لخته‌ها بیرون زده است)



شکل ۹ - بهبود وضعیت بالکینگ رشته‌ای

جدول زیر مشکلات ایجاد شده در حین بهره‌برداری سیستم لجن فعال را نشان می‌دهد.

مشکلات ایجاد شده در حین بهره‌برداری سیستم لجن فعال

نام مشکل	دلیل مشکل	اثر مشکل
کدورت پساب ناحیه ته‌نشینی وجود ندارد.	میکروارگانسیم‌ها به صورت لخته در نمی‌آیند و فقط به صورت دسته‌های کوچک متراکم شده و یا به صورت منفرد هستند.	رشد پراکنده
کاهش ته‌نشینی و سرعت تراکم در موارد مختلف باعث می‌شود پتوی لجن و جامدات جدا شده به حوضچه ته‌نشینی انتقال یابد.	میکروارگانسیم‌ها به صورت مقدار زیادی از سلول‌های گل مانند دیده می‌شوند و در مواردی لجن به شکل ژل وجود دارد.	بالکینگ لزج یا چسبیده و یا بالکینگ غیر رشته‌ای
کدورت پساب مقدار کم SVI	لخته‌های فشرده کوچک لجن و کم‌دوام شکل می‌گیرد. لخته‌های بزرگ‌تر به سرعت ته‌نشین شده و لخته‌های کوچک‌تر به آرامی ته‌نشین می‌شود.	فلاک‌های ریز
بالارفتن میزان SVI کاهش میزان SS برگشتی و مازاد در مواردی پتوی لجن از حوضچه ته‌نشینی ثانویه منتقل می‌شود. برای تأمین مواد جامد، بار هیدرولیکی افزایش می‌یابد.	میکروارگانسیم‌های رشته‌ای از بین ذرات فلاک گسترش پیدا کرده و در ایجاد تراکم ته‌نشینی و حجیم‌شدن لجن فعال دخالت می‌کنند.	بالکینگ رشته‌ای
لجن بر روی سطح حوضچه ته‌نشینی دیده می‌شود.	پدیده دی نیتریفیکاسیون در حوض ته‌نشینی ثانویه باعث ایجاد گاز N ₂ شده که به ذرات لجن برخورد کرده و آن‌ها را بر روی سطح حوض شناور می‌کند.	بالآ آمدن لجن
لخته‌های شناور کف بر روی سطح حوضچه دیده می‌شود. کف ناشی از نوکاردیا و M. Parvicell به سختی به صورت مکانیکی شکسته می‌شوند و کف، باعث جمع‌شدن و گندیده شدن میکروارگانسیم‌ها می‌شود و همچنین حجیم شدن کف باعث سرریز شدن آن از دیواره‌های حوض بر روی مسیر عبور می‌شود.	به وسیله رشد میکروارگانسیم Nocardia Microthrix parvicella یا Type 1863 به وجود می‌آید.	وجود کف

منابع

- دایرةالمعارف علوم مهندسی و محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست
- مهندسی محیط زیست نوشته پوی، روو، و چپانوگلاس، ترجمه دکتر محمد علی کی‌نژاد و مهندس سیروس ابراهیمی، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند،
- پایان نامه کارشناسی ارشد " روش‌های کنترل بالکینگ در تصفیه خانه‌های فاضلاب جزیره کیش " تألیف مریم اله مرادی
- Wastewater Treatment Plants Planning, Design, on 4 Operation, SYED R. QASIM.
- جمع آوری فاضلاب، م. ت. منزوی، نشر دانشگاه تهران، ۱۳۶۶.

