

As بررسی استفاده از روش بی هوازی (UASB در صنایع لبنی و تولید گاز زیستی)

1390/06/23

تصفیه بی هوازی فاضلاب ، روش تصفیه بیولوژیکی فاضلاب بدون استفاده از هوا یا اکسیژن است و بیشترین کاربرد آن در حذف مواد آلی داخل فاضلاب و لجن می باشد. در تصفیه بی هوازی مواد آلی آلوده کننده به وسیله میکروارگانیسم ها به گازهایی مانند متان و دی اکسیدکربن تبدیل می شود که به عنوان بیوگاز شناخته شده اند.

سیستم بی هوازی برای جمع آوری گازهای تولیدی و سوزاندن آن و نیز جلوگیری از انتشار بدبو مانند سولفیت هیدروژن بایستی آرایش خاصی داشته باشد.

• کاربرد سیستم بی هوازی در صنعت شیر

در چند سال اخیر به دلیل افزایش هزینه های تصفیه هوازی ، افزایش اطلاعات درباره مکانیسم تصفیه بی هوازی ، پیشرفت در سیستم های راکتور و تولید لجن کمتر ، به کارگیری سیستم های بی هوازی در تصفیه فاضلاب صنعت شیر و آب پذیر بیشتر شده است.

علاوه بر این ، سیستم های بی هوازی برای انجام مرحله پیش تصفیه فاضلاب به منظور تخلیه آن در تصفیه خانه های شهری یا صیقل دادن سیستم هوازی به طور قابل ملاحظه ای مفیدند.

توسعه و بهبود سیستم های بی هوازی سرعت بالا به افزایش بازده در حذف COD و کاهش زمان ماند مورد نیاز برای تصفیه خانه های شهری و فاضلاب بعضی از جمله صنعت شیر منجر شد. با پیشرفت های اخیر در زمینه سیستم های بی هوازی دارای بستر لجن ، استفاده از این سیستم ها برای تصفیه فاضلاب در صنعت شیر کاملاً توسعه یافته و تاکنون نیز باقی مانده است.

در یک سیستم بالا رونده بی هوازی ، از طریق مشابه سازی فاضلاب این صنعت ۹۰ درصد کاهش در میزان COD حاصل شد (شیر رقیق شده بدون چربی با COD حدود ۱۵۰۰ میلی گرم برلیتر و بارگذاری حجمی معادل ۷ تا ۸ گرم COD بر متر مکعب در روز ، در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد) در یک سیستم بی هوازی با بستر شناور نیز در حدود ۸۰ درصد کاهش COD در آب پنیر رقیق شده به دست آمد. (با COD بین ۸ هزار تا ۱۴ هزار میلی گرم بر لیتر ، بارگذاری ۴۰ کیلوگرم COD برمتر مکعب و دمای ۳۵ درجه سانتیگراد). براساس تحقیقات انجام شده ، متوسط بارگذاری در ۶۸۲ دستگاه راکتور بی هوازی در نقاط مختلف جهان ، ۱۰ کیلوگرم COD برمتر مکعب در روز بوده است. فاضلاب صنعت شیر دارای BOD بسیار بالایی است که ناشی از وجود انواع هیدرات ، چربی و پروتئین است و باتوجه به خاصیت تجزیه پذیری آسان مواد آلی موجود در صنعت شیر ، به رغم چربی زیاد آن برای تولید بیوگاز بسیار مناسب است. از این رو ، سیستم بالا رونده از بستر لجن (UASB) در سطح وسیعی در فاضلاب صنعت شیر کار گرفته شد.

سیستم تصفیه فاضلاب بی هوازی سرعت بالا

سیستم های تصفیه بی هوازی سرعت بالا ، شامل بیوراکتورهایی است که در آنها زمان بنا د لجن (زمانی که توده سلولی لجن از سیستم عبور می کند) از زمان ماند هیدرولیکی (زمانی که مایع از سیستم عبور می کند) جدا شده است. این کار باعث رشد آهسته باکتری های بی هوازی با غلظت بالا در داخل راکتور شده ، مواد آلی موجود در فاضلاب را به عبور سریع از سیستم وادار می کنند.

مکانیسم اصلی ماندگار لجن در داخل راکتور ، به تحرک کم و به احاطه شدن آن به وسیله مواد (میکروارگانیسم ها به سطح آن چسبیده و لجن مانند سطوح صافی در سیستم های بی هوازی عمل می کنند) یا خود تجمعی منتج به گلوله شدن (میکروارگانیسم ها به یکدیگر می چسبند و لجن گرانوله ایجاد می شود) مربوط می شود.

در حقیقت ، سیستم تصفیه فاضلاب بی هوازی سرعت بالا وقتی کامل است که بتواند برای تصفیه انواع فاضلاب های رقیق و غلیظ که محتوی مواد آلی (مانند صنایع تقطیری ، کارخانجات کاغذسازی ، پتروشیمی ، صنایع غذایی و غیره) و حتی برای تصفیه فاضلاب شهری در مناطق گرمسیری به کار گرفته شود.

این سیستم تصفیه ، یک تکنولوژی کاملی است و در سراسر دنیا حداقل حدود ۱۲۰۰ تصفیه خانه در صنایع مختلف به ثبت رسیده که از این سیستم تصفیه استفاده می کنند ، برخی شمار واقعی این نوع سیستم را حدود دو برابر تخمین می زنند.

این آمار ، نشان دهنده اهمیت زیاد و موفقیت فراوان بستر لجن گرانوله بی هوازی ، در سطحی بالاتر از میزان مورد انتظار می باشد.

UASB چیست؟

از دیدگاه سازه ای ، راکتور UASB چیزی به جز یک مخزن خالی با طراحی ساده به نظر نمی رسد در داخل UASB لوازم مکانیکی یا اجزای متحرکی که خراب یا پاره شوند ، وجود ندارد از این رو ، نگهداری آن تقریباً بدون هزینه است.

UASB با سیستم تصفیه بی هوازی رو به بالا از بستر لجن ، تکنولوژی خاصی در تصفیه فاضلاب سرعت بالا محسوب می شود که از بستر لجن گرانوله بی هوازی در یک راکتور آغاز می شود.

هاضم UASB یکی از مؤثرترین و اقتصادی ترین روش های هضم بی هوازی فاضلاب است.

این سیستم علاوه بر دارا بودن همه مزایای سایر سیستم های بی هوازی مانند تولید لجن کمتر ، مصرف انرژی کم ، تولید بیوگاز و غیره مزایای دیگری از قبیل حجم کم راکتور به علت تراکم بودن راه اندازی آسان ، هزینه بسیار کم در طول نگهداری بلند مدت ، بیصدا بودن و کارکرد اصولی و رضایت بخش را نیز داراست.

مروری مختصر بر تاریخچه و توسعه سیستم UASB

سیستم UASB در اواسط دهه هفتاد قرن گذشته در دانشگاه Wageningen هلند به وسیله دکتر گاتس لیتنگا و همکارانش اختراع شد.

اولین پابلوت UASB در یک کارخانه قند در ایجاد شد و پس از موفقیت این پابلوت ، نصب و اجرای آن در مقیاس صنعتی در کارخانه های قند ، سیب زمینی ، نشاسه ، صنایع غذایی و کارخانه های بازیافت کاغذ در سراسر هلند آغاز شد.

اولین مقالات درباره UASB ، به زبان هلندی و در مجله های فنی در همان سالها به چاپ رسید و انتشار بین المللی آنها در سال ۱۹۸۰ به وسیله لیتنگا و دیگران آغاز شد.

سیستم های UASB ، امروزه از سیستم های خوب بی هوازی و مورد پسند عمومی محسوب می شود.

تحقیقاتی که اخیر انجام شد نشان می دهد که از دهه هفتاد تاکنون ۱۲۱۵ راکتور بی هوازی سرعت بالا برای تصفیه فاضلاب در صنایع مختلف جهان به ثبت رسیده است و ۷۲ درصد از تمام سیستم های بی هوازی فوق UASB یا EGSB تشکیل می دهد.

در راکتور UASB با فاضلاب از کف وارد شده و در کف نیز توزیع می شود و پس از عبور از بستر لجن بی هوازی به سمت بالا جریان پیدا می کند. بستر لجن از میکروارگانیسم های گرانوله با ابعاد ۰/۵ تا ۲ میلی متر تشکیل شده که دارای سرعت ته نشینی بالا و پایداری در سیستم حتی در مقابل جریان های شدید هیدرولیکی است. مواد آلاینده فاضلاب با میکروارگانیسم های موجود در بستر لجن تماس پیدا می کنند. در این ، مواد آلی به صورت بی هوازی توسط میکروارگانیسم های موجود در بستر لجن ، تجزیه می شوند. تجزیه بی هوازی علاوه بر تبدیل مواد آلی به سلول های جدید ، منجر به تولید بیوگازهایی مانند گاز متان و دی اکسیدکربن به عنوان یک تولید جنبی می شود. حرکت رو به بالای حباب های گازی تولید شده ، بدون هیچگونه وسیله مکانیکی باعث آشفستگی و در نتیجه اختلاط داخل راکتور می شود.

در قسمت بالای راکتور ، فاز مایع (فاضلاب تصفیه شده) از فاز های گاز و جامد جدا می شود. جداکننده سه فاز ، معمولاً گازگیر گنبدی شکلی است که در بالای راکتور قرار گرفته است و سلول ها با باکتری های تولد شده در اثر برخورد با آن از مایع و گاز جدا شده و دوباره به کف راکتور باز می گردند. در زیر گازگیرها ، با فل هایی وجود دارند که گاز های تولید شده را جهت جمع آوری یا سوزاندن سوراخ های گازگیرها هدایت می کنند. آب تصفیه شده نیز با حرکت به سمت بالا از طریق کانال های تعبیه شده در بالای راکتور به بیرون هدایت می شود.

هاضم های تماسی در خصوص میزان بارگذاری و احتمال گرفتگی صافی ها در سیستم های بی هوازی با مشکلاتی مواجه اند. برای غلبه بر این مشکلات ، از رسوب باکتری های فعال شده بدون حمل کننده به شکل لجن گرانوله با دانسیته بالا به منظور تجزیه مواد آلی و تولید گاز در داخل راکتور UASB استفاده می شود پایداری و ماندگاری لجن گرانوله به رغم سرعت زیاد و جریان رو به بالای فاضلاب در مخزن هاضم ، رمز موفقیت سیستم UASB است.

غلظت بالای لجن در بستر لجن و غلظت کم مواد معلق در خروجی راکتور ، از خصوصیات مهم بارگذاری روزانه UASB به میزان ۱۰ تا ۱۵ کیلوگرم COD بر هر متر مکعب حجم راکتور صورت می پذیرد. UASB می تواند ۷۰ تا ۹۵ درصد COD را حذف کند و میزان متان تولید شده نیز در حدود ۰/۱۵ تا ۰/۳۵ نیوتن متر مکعب گاز بر کیلوگرم COD حذف شده است.

دامنه کاربرد سیستم بی هوازی سرعت بالا

اگر چه استفاده از سیستم راکتور بی هوازی در تصفیه فاضلاب صنایع شیمیایی ، پتروشیمی و نساجی ، کنترل نشت های حاصل از دفن زباله و مهم تر از همه در تبدیلات سولفور و بازیافت آن و بالاخره حذف فلزات سنگین ، به سرعت در حال افزایش است ، اما سیستم های راکتور بی هوازی سرعت بالا بیشتر در چهار صنعت زیر کاربرد یافته است.

۱. صنایع نوشابه سازی

۲. صنایع تقطیری و تخمیری

۳. صنایع غذایی

۴. صنایع کاغذسازی

این چهار صنعت ؛ حدود ۸۷ درصد از راکتورهای بی هوازی را به خود اختصاص داده اند. علاوه بر این ، سیتام UASB در مناطق آب و هوایی گرم ، برای تصفیه فاضلاب بهداشتی نیز به کار برده می شود.

لجن های گرانوله

لجن های گرانوله ، انباشتی از میکروارگانیسم ها هستند که در طول زمان تصفیه ، یا نظم یکسان در محیط و جریان هیدرولیکی ثابت رو به بالا تشکیل شده اند. لجن های گرانوله تشکیل دهنده هسته اصلی تکنولژی UASB است.

در هر محیط انتخابی ، چنانچه شرایط اجباب می کند تا بدون حضور هیچ کمک کننده ای ، فقط آن دسته از میکروارگانیسم ها که مقاوم و قادر به اتصال به یکدیگر بوده ، رشد و تکثیر یابند ، با تجمع و انباشت این میکروارگانیسم ها لجن گرانوله تشکیل شود.

تراکم بیوفیلم ها یا غلظت بالای میکروارگانیسم های فعال ، امکان بارگذاری بالا در داخل راکتور UASB را فراهم می سازد. (یک گرم از لجن گرانوله ماده آلی وزن خشک می تواند در روز ۰/۵ تا ۲ میلیمتر باعث پایداری گرانول ها در مقابل شسته شدن آنها و خروج از راکتور می شود.

فرآیند تشکیل گرانول

فرآیند تشکیل لجن گرانوله ، یک از جالب ترین و پیچیده ترین مباحث مورد علاقه دانشمندان است. هلندی ها مطالعات زیادی روی فرآیند تشکیل لجن گرانوله انجام داده اند و این فرآیند به عنوان موضوع تز دکترای بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. مکانیسم گرانوله شدن لجن بسیار پیچیده بوده هنوز هم به طور کامل کشف نشده است. بدیهی است که پر کردن راکتور و نحوه توزیع و شکل هاضم در نگهداری شکل صحیح گرانول بسیار مهم است.

نوع فاضلابی که تصفیه می شود ، حضور عناصری مانند کلسیم ، منیزیم ، آلومینیوم سیلیکون ، آلومینیوم و تعداد زیادی از میکروارگانیسم های رشته ای (همچون متانو تریکس SPP) ، مونتج داخل هاضم ، جداکننده فاز گاز و مایع و جامد در هاضم و حرکت سریع و رو به بالای مایعات نقش مهمی در تشکیل لجن گرانوله دارند.

برای شروع عمل اوریلجن گرانوله در داخل یک راکتور ، مقداری از لجن گرانوله خوب تطبیق داده شده (ب اندازه یک درصد حجم راکتور) جهت بارورزی و یا تلقیح مناسب است ، ولی بهتر است به مرور زمان این مقدار به ۱۰ تا ۱۵ درصد افزایش داده شود.

تنوری های زیادی ، در مورد اضافه شدن لایه های سلولی پلی ساکاریدها به کلسیم به عنوان کلید آغازگر فرآیند تجمع و گرد شدن لجن گرانوله وجود دارد ، اما تنوری رشته ای دکتر و ایگنت بیشتر از دیگر تنوری ها مورد توجه قرار گرفته است. طبق این تنوری میکروارگانیسم های رشته ای به طور همسان در یکدیگر پیچیده شده گلوله های قارچی را تشکیل می دهند.

۱. متان زایی غیر متراکم (ارگانیسم های رشته ای شرکت کننده در متان زایی)

۲. تشکیل لخته از طریق پیچیده شدن رشته ها در یکدیگر

۳. تشکیل گلوله (توپ های رشته ای)

۴. تشکیل گرانول اصلی ، از طریق وصل شدن سایر میکروارگانیسم ها به گلوله

همانطور که تولید متان از استات توسط باکتری های متان زا در غلظت های کم تولید می شود ، برای میکروارگانیزم های رشته ای نیز همین اتفاق می افتد. مرحله تولید متان از استات می تواند به عنوان مبدأ شروع گلوله ای شدن (توپ رشته ای) یا سطح چسبنده ، برای سایر میکروارگانیزم های درگیر در فرآیند تجزیه بی هوازی باشد.

ممکن است برای چسبیدن یا وصل شدن سایر میکروارگانیزم ها به توده گلوله شده ، لایه های لزج و کلسیم نقش مهمی را بازی کند.

خواص ته نشینی لجن گرانوله بی هوازی

لجن های گرانوله بی هوازی ، به علت اندازه بزرگ ذرات آنها ، دارای خاصیت ته نشینی بسیار سریع و استثنائی هستند.

همانطور که قبلاً نیز گفته شد ، ته نشین شدن سریع لجن های گرانوله ، امکان استفاده از راکتور UASB با بارگذاری هیدرولیکی بالا را بدون نگرانی از خروج ذرات لجن فعال بیولوژیکی فراهم می سازد و به علت تحمل بارگذاری هیدرولیکی بالا ، امکان به کارگیری سیستم UASB برای جریان های فاضلاب با غلظت کم ، حتی میزان COD کمتر از چند میلی گرم در لیتر (که تصفیه آن در سایر سیستم های بی هوازی ممکن نیست) نیز وجود دارد.

جهت شناخت بیشتر خواص ته نشینی لجن گرانوله ، بین لجن های غیر متراکم ؛ لخته شده و لجن گرانوله در مدت زمان مشابه ۵ دقیقه ای انجام شده است.

تفاوت زلال سازی حاصل از سرعت بالای ته نشینی لجن گرانوله در مقایسه با لجن غیر متراکم (مانند لجن های موجود که در هاضم بی هوازی تصفیه خانه های فاضلاب شهری) که در مدت مشابه حتی شروع به زلال سازی نیز نکرده است و نیز لجن لخته شده که عمل زلال سازی آن با سرعتی کمتر از لجن گرانوله صورت گرفته نشان داده شده است.

مزایای تصفیه فاضلاب با سیستم بی هوازی

این مزایا عبارتند از :

۱. فضای مورد نیاز برای ایجاد سیستم UASB چندان زیاد نیست. از آنجا که میزان بارگذاری در سیستم UASB ۱۰ برابر بیشتر از سیستم هوازی است ، فضای مورد نیاز برای ایجاد سیستم UASB ، نیز یک دهم فضایی است که سیستم هوازی برای تصفیه همان حجم فاضلاب نیاز دارد.
۲. در سیستم UASB انرژی قابل استفاده به شکل بیوگاز تولید می شود که معمولاً ۷۵ درصد آن گاز متان است. این گاز برای استفاده در سیستم های گرمایشی صنایع یا به عنوان منبعی برای گرم کردن فاضلاب هردو به کار برده می شود.
۳. سیستم UASB می تواند برای تصفیه فاضلاب های با شدت آلودگی بسیار زیاد و غلظت بین ۱۵۰۰ تا ۵۰ هزار میلی گرم COD در لیتر ، به کار برده شود.
۴. حدود ۹۵ درصد از COD تولید شده در این سیستم ، به بیوگاز شده تبدیل و ۵ درصد باقی مانده نیز به سلول های جدید یا لجن تبدیل می شود. مقدار لجن تولید شده در این سیستم ، حدود ۱۰ درصد لجنی است که توسط همان حجم فاضلاب ولی به روش تصفیه هوازی تولید می شود. کاهش تولید لجن باعث کاهش قابل توجه در هزینه دفع آن نیز می شود.

۵. تولید کمتر لجن هم چنین به مصرف مواد مغذی کمتری می انجامد.
در سیستم بی هوازی بر طبق قانون
THUMB نسبت نیتروژنی و فسفر مورد نیاز به COD (COD : N : P) از ۱ : ۵ : ۳۵۰ تا ۱ : ۵ : ۵۰۰ می باشد.
۶. در سیستم UASB لجن با پایداری بالا تولید می شود. بنابراین بعید به نظر می رسد که در مدت دفع ، بو ایجاد و سبب جذب و رشد حشرات و سایر میکروارگانیسم های بیماری زا شود.
۷. در سیستم UASB ، باکتری های گر انوله – که شبیه کرین فعال یا خاویار هستند – تولید می شود. این توده های سلولی گر انوله ، خاصیت ته نشینی بسیار خوبی دارند. سرعت ته نشینی یا نشست ، بستگی به اندازه گر انول و میزان دانسیته آن دارد که می تواند از ۲۰ تا ۸۰ متر در ساعت متغیر باشد.
۸. باکتری های بی هوازی قادرند در حالت خوابیده با خیسانده برای مدت زیادی انبار و نگهداری شوند.
۹. سیستم بی هوازی UASB از نظر مصرف انرژی بسیار با صرفه است ، زیرا در سیستم های بی هوازی نیاز به افزودن هوا که فرآیندی بسیار پرهزینه است وجود ندارد. هم چنین بیوگاز تولید شده ، می تواند محتویات راکتور را به هم بزند. انرژی مورد نیاز ، فقط به منظور پمپاژ فاضلاب به داخل سیستم و نگهداری آن دردمای بطن ۲۰ تا ۳۸ درجه سانتی گراد – بهترین دمایی بهره برداری – صرفه می شود.
۱۰. در سطستم های هوازی ، باکتری های مختلفی وجود دارند ولی در سیستم بی هوازی ، باکتری های تیپ (یکسان) وجود دارند و می توانند در هنگام تغییرات وسیع بار آلی نیز به کار برده شوند.

معایب سیستم تصفیه بی هوازی UASB

با وجود مزایای سیستم UASB ، معایبی نیز بر آن مترتب است که عبارتند از :

۱. راهبردی و هدایت آن بسیار حساس است و در صورت عدم رعایت موارد لازم از سوی بهره برداری ؛ استفاده از آن با مشکلات فراوانی همراه خواهد بود.
۲. فرآیند تصفیه بی هوازی – در مقایسه با سطستم تصفیه هوازی – نسبت به شوک های بار آلی و کاهش دما حساستر است.
۳. کیفیت پساب خروجی از فرآیند تصفیه بی هوازی ، عموماً فاقد استانداردهای لازم برای تخلیه در آب های سطحی است.

منابع :

مهندسی محیط زیست – دکتر ایوب ترکیا -2

تهیه کننده : رضا تازیکی
شماره :
منابع :