

بررسی سیستم ته نشینی گرانول های صعود کرده از راکتورهای UASB

داود اویسی، کارشناس ارشد مهندسی عمران و محیط زیست، شرکت آب و فاضلاب استان قم
oveysi.eng@gmail.com

چکیده

راکتور UASB به سرعت جای خود را در بین سیستم های متداول تصفیه فاضلابها، خصوصاً فاضلابهای سخت تصفیه شونده مثل فاضلاب صنایع و شیرابه محل دفن زباله باز کرده است. این راکتور، رایج ترین هاضم با بیومس ماندگار است. راکتور UASB یک تانک یا مخزن پر از توده های بیولوژیکی و فاضلاب است که بیشتر در تصفیه پروسه های کربوهیدراتها حاصل از صنایع غذایی (میوه و سبزیجات) و همچنین پسابهای پتروشیمی و صنایع کاغذ و شیرابه زباله کاربرد دارد. اساس عمل ایجاد یک blanket از باکتریها به صورت گرانول و عبور فاضلاب از کف راکتور که محل فعل و انفعالات بی هوازی است، می باشد. فاضلاب توسط ورودی های متعدد، به صورت پایین به بالا با زمان توقف مناسب، وارد و ضمن تصفیه از طریق حرکت به سمت بالا و تماس با توده های بیولوژیکی، در نهایت از خروجی راکتور که در قسمت فوقانی آن قرار دارد، خارج می گردد. در حقیقت اعمال تجزیه بیولوژیکی مواد آلی به صورت بی هوازی بعد از چسبیدن مواد آلی به لجنها شروع می گردد. راکتورهای UASB احتیاج به باکتریهای فعال به شکل لجن گرانوله با دانسیته بالا دارند (گرانوله شدن یک فرآیند پیچیده و نامعلوم است و جهت ساخته شدن به زمان زیادی نیاز دارد که در برخی موارد از مواد تلقیحی استفاده می گردد). با توجه به اهمیت گرانول ها در راندمان تصفیه فاضلاب ها در راکتورهای UASB در این مقاله به بررسی سیستم ته نشینی گرانول های صعود کرده از راکتورهای UASB پرداخته می شود.

کلید واژه ها: تصفیه بی هوازی، UASB، لجن، گرانول، سیستم ته نشینی

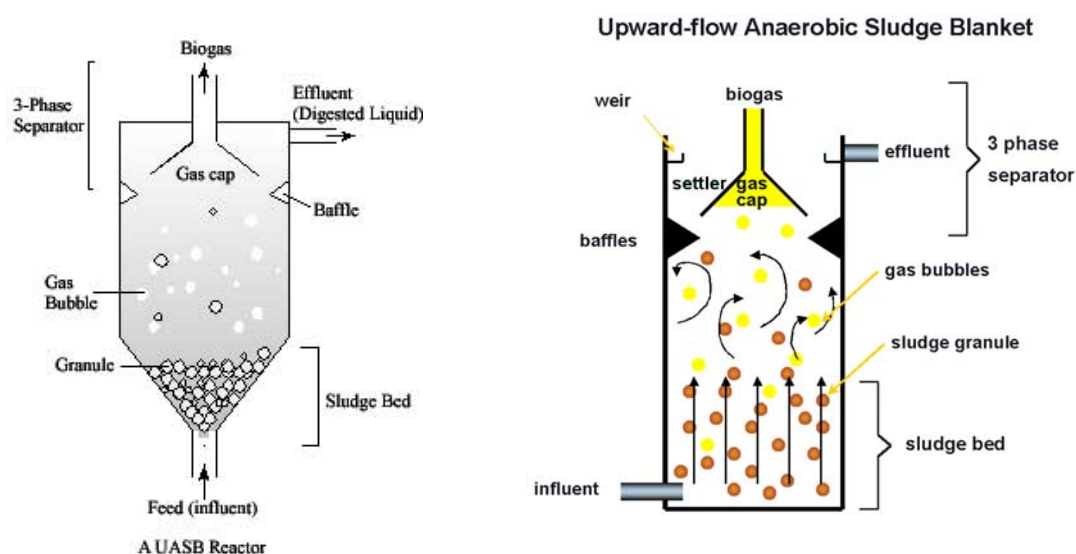
مقدمه

این فرایند برای اولین بار در سال ۱۹۷۱ در دانشکده کشاورزی Wageningen هلند ساخته شده و در سالهای ۱۹۷۹ و ۱۹۸۰ توسط دکتر Gatzke Lettinga و همکارانش توسعه داده شد. با الهام از تألیفات دکتر Perry McCarty (از استانفورد امریکا)، تیم Lettinga در حال آزمایش روی نظریه فیلتر بی هوازی بودند. در طول آزمایشات روی فیلتر بی هوازی، دکتر Lettinga مشاهده نمود که علاوه بر بیو ماس چسبیده به مدیا، بخش اعظم بیو ماس، بصورت دانه های آزاد گرانول درآمده است. نظریه UASB زمانی شکل گرفت که دکتر Lettinga در سفری به آفریقای جنوبی، در بازدیدی که از یک تصفیه خانه فاضلاب داشت، متوجه تشکیل دانه های متراکم گرانول شده لجن، گردید. راکتوری که وی از آن بازدید کرده بود یک Clarigester بود و در واقع می توان آنرا بعنوان جد بزرگ راکتور UASB دانست. فرق راکتور Clarigester با راکتور UASB، در بخش گازگیر می باشد ولی هردو دارای بخش فوقانی ته نشینی، می باشند. البته پروسه ای مشابه با پروسه UASB با نام Biolytic Tank در سال ۱۹۱۰، توسط Winslow و Phleps، ارائه شده بود که در همان مراحل اولیه باقی مانده و توسعه نیافت.

عوامل اصلی تشکیل گرانول اولاً، اعمال رژیم جریان رو به بالا در راکتور و ثانیاً تعبیه جداکننده فازی مناسب و جلوگیری از شسته شدن و خروج گرانولها از داخل راکتور می باشد. بنابراین کلید طراحی UASB عبارت بود از کشف این نکته که لجن

بی‌هوایی به شرط آنکه شرایط فیزیکی و شیمیایی برای لخته سازی آن مهیا باشد، توانایی لخته سازی و تولید لجن متراکم با غلظت بسیار بالا را دارد. بنابراین کارایی راکتور بستگی به تشکیل چنین لجنی دارد. اولین راکتور UASB، بصورت Pilot Plant، در هلند برای تصفیه فاضلاب کارخانه قند، مورد استفاده قرار گرفت و پس از آن تعداد زیادی از این دست راکتورها در صنایع شکر، تولید نشاسته از سیب زمینی و دیگر صنایع غذایی و سپس در صنایع بازیافت کاغذ در کشور هلند، بکار گرفته شدند. در حال حاضر راکتور UASB، بطور فزاینده ای برای تصفیه اغلب انواع فاضلاب ها در هلند، آمریکا، کلمبیا، برزیل، هند، ژاپن و به تدریج در آسیای جنوب شرقی و خاورمیانه مورد استفاده قرار می گیرد (Hulshoff Pol & Lettinga, 1995, 1996; Kato et al., 1994; Lettinga & Hulshoff Pol, 1991; 1986). یک راکتور UASB مطابق شکل (۱) از سه ناحیه مجزا، تشکیل شده است: [۱ و ۲ و ۳]

۱. ناحیه بستر لجن (Sludge Bed)
۲. ناحیه پوشش لجن (Sludge Blanket)
۳. ناحیه ته نشینی و جدا سازی گاز (Settler/Gas Separation)



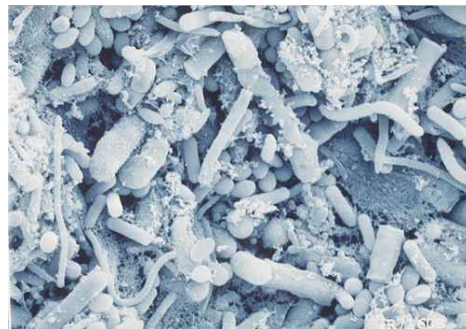
شکل ۱- اجزای مختلف راکتور UASB [۴]

در ۲۰ سال گذشته، بیش از ۱۵۰ واحد تصفیه فاضلاب با روش UASB در دنیا ساخته شده است. بیشتر این واحدهای تصفیه در مورد فاضلابهای صنعتی با BOD خیلی بالا اعمال گردیده اند که نزدیک به ۳۵ واحد از این تأسیسات در کشور هند ساخته شده اند. مهمترین صنایعی که در تصفیه فاضلاب آنها از UASB استفاده گردیده می توان به الکل سازی، صنایع لبنی، کاغذ سازی، دارو سازی، نشاسته سازی، نساجی و چرمسازی اشاره نمود. بعد از سال ۱۹۸۲ کاربرد UASB در تصفیه فاضلاب شهری با BOD کم در حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی گرم در لیتر نیز متداول شد. اولین واحد در تصفیه فاضلاب شهری در اشل بزرگ برای Kanpur هند با ظرفیت ۵ میلیون لیتر در سال ۱۹۸۹ توسط کمپانیهای هندی-آلمانی احداث گردید.

بعدها در میرزاپور واحدی از UASB برای تصفیه ۳۶ میلیون لیتر در روز فاضلاب شهری که در آن فاضلاب چرمسازی نیز تخلیه می شد، احداث گردید. در حال حاضر نیز واحدی با ظرفیت ۵۰ میلیون لیتر در حیدر آباد در دست طراحی است. در Pandichery تصفیه خانه ای با بکارگیری UASB ساخته شده که در آن از واحدهای تصفیه با عدسک آبی (Duckweed) و لاگون پرورش ماهی به عنوان تکمیل تصفیه فاضلاب با UASB استفاده کرده اند. [۵]

در فرایند UASB راکتور شامل یک تانک استوانه ای ($h/d=2$) است که در آن فاضلاب بطور یکنواخت در سطح مقطع راکتور توزیع شده، جریان رو به بالایی داشته و ابتدا از ناحیه بستر لجن بی‌هوایی (لجن متراکم با رسوب دهی بالا) عبور می کند. غلظت جامدات به واسطه تشکیل لجن گلوله ای یا لخته ای در این قسمت بیش از ۱۰۰ الی ۱۵۰ گرم بر لیتر بوده و رمز موفقیت راکتور UASB در تصفیه انواع مختلف فاضلاب ها، به تشکیل بستر متراکمی از لجن که از تجمع ذرات جامد معلق

ورودی و باکتری های رشد کرده تشکیل شده، در قعر رآکتور وابسته است؛ چون کلیه پروسه های بیولوژیکی در بستر لجن انجام می گردد. در راکتورهای بی هوازی با جریان رو به بالا، تحت شرایط خاص، دیده شده است که باکتری ها می توانند بطور طبیعی تشکیل فلوک و گرانول بدهند. گرانولها تجمع میکروارگانیسمهای تشکیل شده در طول فرایند در راکتور با جریان هیدرولیکی رو به بالا می باشد. این دانه های متراکم و به هم چسبیده، خصوصیات ته نشینی خوبی داشته و انتظار خروج آنها از رآکتور، در شرایط عملی بهره برداری، نمی رود (شکل ۲). در مدت راه اندازی رآکتور، مواد جامد بیولوژیکی بخوبی ته نشین نمی شوند ولی همینکه لجن گرانول شده بوجود آمد، ته نشینی به خوبی صورت می پذیرد و لجن فعال داخل رآکتور، نگاه داشته می شود. قطر دانه های گرانول ۰/۵ تا ۲ میلیمتر و یک گرم گرانول خشک قادر است ۰/۵ تا ۱ گرم COD را به متان تبدیل کند.



شکل ۲- گرانولهای لجن بی هوازی در UASB

تشکیل گرانول در لجن UASB همواره یکی از مسائل مورد بحث بوده و هست. باقی ماندن لجن فعال چه بصورت فلوک و چه بصورت گرانول در داخل رآکتور، منجر به اجرای هرچه بهتر تصفیه حتی در سرعتهای بالای بار دهی مواد آلی، می شود. گاز تولیدی توسط میکرو ارگانیسم ها و دبی ورودی سبب اختلاط بهتر فاضلاب با بیوماس و حذف فضاهای مرده درون راکتور می شود. هرچه غلظت مواد آلی فاضلاب بیشتر باشد، میزان تولید گاز زیاد بوده و اختلاط به نحو مطلوبی صورت می گیرد. از این رو در این رآکتورها می توان بار آلی بیشتری نسبت به پروسه های هوازی اعمال نمود (Kato, 1994)، لذا حجم راکتور و فضای مورد نیاز برای احداث آن، کمتر خواهد بود. میزان اختلاط به سرعت جریان خطی نیز بستگی دارد اما باید توجه شود که هر نوع اختلاط مکانیکی در قسمت بستر لجن باید می نیمم باشد (به استثنای زمان راه اندازی) زیرا ممکن است گرانولها از هم بپاشند. ۸۰ الی ۹۰ درصد تجزیه در این ناحیه (ناحیه بستر لجن) صورت می گیرد حال آنکه حجم این ناحیه حدود ۳۰٪ حجم کل رآکتور می باشد. در فاضلاب های رقیق اختلاط بوسیله سرعت جریان خطی ایجاد می شود و میزان تولید گاز کم است، البته در زمان راه اندازی باید میزان اختلاط برای جلوگیری از متلاشی شدن دانه های لجن تشکیل شده، کنترل گردد. برای حفظ پوشش لجن در حالت معلق، سرعت جریان خطی رو به بالا $0.9 \text{ m/h} - 0.6 \text{ m/h}$ در نظر گرفته می شود.

فاضلاب پس از عبور از ناحیه بستر لجن وارد ناحیه پوشش لجن که از لجن لخته شده تشکیل شده است، می شود. این ناحیه در حدود ۷۰٪ حجم کل رآکتور را شامل می شود و غلظت خیلی کمی از ذرات، در مقایسه با ناحیه بستر لجن، دارا می باشد. با تجزیه مواد آلی موجود در فاضلاب، گازهایی تولید می شود. حبابهای گاز از میان ناحیه بستر لجنی و پوشش لجنی در حرکت رو به بالای خود، ضمن ایجاد اختلاط، مقداری از ارگانیسمهای چسبیده بخود را به قسمت فوقانی راکتور، انتقال می دهند. برای تأمین زمان ماند مناسب ارگانیسمها، لازم است این ذرات صعود کرده، از حبابهای گاز جدا شده و تحت اثر ثقل خود، ته نشین شوند. عمل جدا سازی توسط تلفیقی از یک دستگاه ته نشین کننده جامد و جمع کننده گاز در بالای رآکتور انجام می شود. بدین ترتیب ذرات لجن فرصت کافی پیدا نموده و به همدیگر می چسبند و ته نشین می گردند. سپس فاضلاب تصفیه شده از طریق سرریزها، از رآکتور خارج می شود.

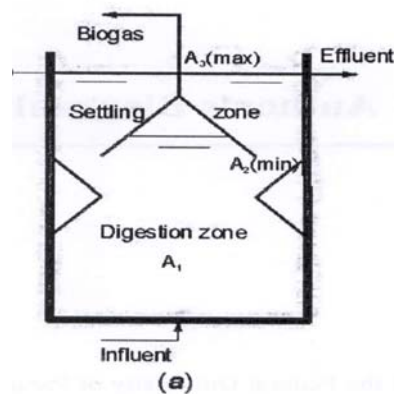
با این رآکتور می توان فاضلابهای صنعتی که بیشتر بخش جامد آنها بصورت محلول است (نظیر فاضلاب صنایع سبب زمینی) با بارگذاری بالا تا $40 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{d}$ و زمان ماند خیلی کوتاه (۳/۵ ساعت) تصفیه نمود. در این شرایط میزان گاز می تواند تا ۸/۰ مترمکعب گاز بر مترمکعب رآکتور در روز، برسد، [۷] (Lettinga et al., 1980). از آنجاکه در این پروسه برای نگه

داری بیوماس نیازی به مدیا نیست، میزان کل بخش جامد فاضلاب می تواند تا ۳ درصد فاضلاب، باشد. بهره برداری از آن، مخصوصاً در مدت راه اندازی پروسه نیاز به افراد متخصص دارد.

علی رغم پتانسیل بالای سرعت های باردهی که می توانند در راکتور UASB مورد استفاده قرار گیرند، در حال حاضر طراحی های عملی شامل ضرایب اطمینان بسیار زیادی می باشند، به طوریکه اغلب راکتور های UASB برای بارهای بین $5 - 18 \text{ kg COD} / \text{m}^3 \text{ day}$ طراحی شده اند. همچنین در سالهای اخیر مطالعاتی در مورد استفاده از صفحات موازی مورب در بالای بخش جداسازی فازی، صورت گرفته است. کاربرد این نوع راکتورها، برای فاضلابهای با درصد مواد جامد بالا (تا ۸٪) در اشل آزمایشگاهی، نتایج مثبتی داده است. این امر بخاطر افزایش سن لجن یا (ϕ) می باشد. دیده شده که با کاربرد صفحات موازی (زاویه با افق ۴۵ درجه، ارتفاع صفحات ۳۵ سانتی متر و فاصله بین آنها ۷ سانتی متر) ظرفیت تصفیه راکتور UASB اصلاح شده با صفحات موازی، دوبرابر می شود.

سیستم ته نشینی گرانولهای صعود کرده

دو شرط اصلی یک سیستم تصفیه بیولوژیکی فاضلاب: (۱) حصول اطمینان از برخورد مناسب بین فاضلاب ورودی و جرم لجن موجود در سیستم و (۲) نگهداری جرم بیشتری از لجن در داخل سیستم می باشد. در راکتور UASB برخورد بین فاضلاب و لجن بدلیل حرکت رو به بالای فاضلاب و عبور آن از میان لجن بی هوازی، بطور خود بخود، انجام می شود. جهت نگهداری جرم بالایی از لجن در راکتور UASB نیز، یکسری جداکننده فازی طراحی می شود، در این حالت مواد جامد پخش شده، در صورت صعود به بخش بالایی گاز گیر و جداکننده فازی، در محفظه ته نشینی، نشست نموده و به داخل راکتور بازگردانده می شود، لذا خروجی راکتور فاقد هرگونه ماده جامد قابل ته نشینی، خواهد بود. به علت ساخت مداوم بیوگاز و ته نشینی ذرات، جرم لجن در قسمت پایین راکتور مرتباً در حال افزایش است. لازم به ذکر است که بعنوان نتیجه ای از مکانیزم ته نشینی مواد جامد داخل راکتور، زمان ماند مواد جامد یا سن لجن (R_s) همیشه از زمان ماند مایع داخل راکتور (R_h)، بیشتر خواهد بود. این تفاوت به خصوص پس از افزایش کارایی تولید بیوگاز بیشتر خواهد بود. بعنوان مثال در راکتورهای UASB که در مناطق گرمسیری بهره برداری می شوند، معمولاً زمان ماند هیدرولیکی (R_h) در محدوده ۴ تا ۶ ساعت بوده و سن لجن در رنج ۲۰ تا ۵۰ روز می باشد، (Van Haandel & Lettinga, 1994)، بنابراین نسبت R_h/R_s حدوداً بین ۱۲۰ تا ۳۰۰ خواهد بود. با کاهش زمان ماند هیدرولیکی، در اجرای پروسه UASB، با مسایلی نظیر افزایش عدم توانایی جداکننده فازی در برگشت لجن، بعلت دوره زمانی کوتاه و کاهش زمان داده شده به لجن جهت تجزیه و هضم COD قابل تجزیه و محلول، روبرو خواهیم بود. لذا افزایش COD در خروجی، به علت حضور مواد قابل تجزیه بیولوژیکی در خروجی است که آن هم در اثر کاهش R_h حاصل می شود. همچنین با کاهش R_h ، تولید لجن نیز کاهش خواهد یافت چراکه قسمتی از مواد قابل تجزیه و دانه ای فاضلاب ورودی، قبل از هیدرولیز شدن، از راکتور خارج می شوند. جهت جلوگیری از خروج لجن از داخل راکتور، لازم است ارتفاع بخش ته نشینی در حد مناسبی طرح گردد. یک راه حل مناسب برای رسیدن به زمان ماند بهینه لجن، استفاده از تعدادی صفحات موازی در ناحیه بالای جداکننده فازی (ناحیه ته نشینی) می باشد. راکتورهای UASB، که با چنین صفحاتی اصلاح شده اند، راندمان بهتری از راکتورهای عادی داشته و می توانند جوابگوی بارگذاری های آلی بالاتری، باشند. حال آنکه از نظر اجراء، مشابه انواع مرسوم بوده و فقط با بهبود و اصلاح قسمت ته نشینی در این راکتورها، می توان مقدار R_h را کاهش داد بدون آنکه در راندمان پروسه، تأثیر کاهنده ای داشته باشد. قسمتهای جداکننده فازی موجود در راکتور UASB سنتی در شکل (۳) نشان داده شده اند.



شکل ۳- راکتور UASB سنتی و قسمت‌های جدا کننده فازی آن

جداسازی فاز مایع از جامد، در منطقه نشست انجام می شود، بدین ترتیب که ذرات با سرعت ته نشینی کافی، بر نیروی drag وارده بر اثر حرکت رو به بالای مایع، غلبه نموده و سرانجام، روی عناصر جداسازی، نشست می نمایند و از آنجا، پس از تشکیل لایه ای لخته ای، با جرم کافی، به سمت منطقه هضم، فرومی افتند. در زیر اثر کارگذاری صفحات موازی در راکتور UASB، مورد بررسی قرار می گیرد. سرعت مایع در راکتور UASB، در مسیر رو به بالای خود، تا خروج از سیستم، بعلت وجود وسایل مختلفی چون موانع (Baffle)، گاز گیر و سرریزهای تعبیه شده جهت خروج فاضلاب تصفیه شده از سیستم (Wier)، دستخوش تغییرات زیادی می باشد.

Van Haandel و Lettinga در سال ۱۹۹۴، سه مقدار اصلی برای سرعت سیال در داخل راکتور، در دبی مشخص Q ،

پیشنهاد نمودند:

- (a) سرعت در منطقه هضم (V_1) که با سطح A_1 در این منطقه تعریف می شود،
- (b) سرعت V_2 ، در دهانه جداکننده فازی با سطح مقطع A_2 ، عموماً A_2 کمترین سطح در داخل راکتور می باشد،
- (c) سرعت V_3 در قسمت خروجی فاضلاب از راکتور که توسط سطح A_3 ، معین می گردد (A_3 ماکزیمم مقدار ممکن انتخاب می شود)

ملاک اصلی طراحی، تعیین سرعت سیال در منطقه هضم (V_1) می باشد. بطور تجربی، این سرعت معمولاً کمتر از 1 m/h ، انتخاب می شود، (Van Haandel & Lettinga, 1994)، بقیه سرعتها را می توان با توجه به معادله پیوستگی جریان، بدست آورد: $Q = V_1 A_1 = V_2 A_2 = V_3 A_3$ و $V_3 = Q/A_3$ (معادله ۱)

اگرچنانچه لجن داخل راکتور بخوبی لخته نشود، فقط ذرات با سرعت ته نشینی بیشتر از حداقل سرعت بالا برنده سیال، خواهند توانست داخل راکتور، باقی بمانند. فلوک های با سرعت ته نشینی کمتر از سرعت رو به بالای سیال، از سیستم شسته شده و همراه با فاضلاب تصفیه شده، از راکتور خارج خواهند شد. لذا شرط باقی ماندن ذرات فلوک داخل راکتور، توسط معادله زیر، بیان می شود:

$$S_e \geq V_3 = (Q / A) \quad (2)$$

که در آن S_e ، سرعت بحرانی نشست برای باقی ماندن فلوکها داخل راکتورهای معمولی UASB، می باشد. در طراحی که در شکل (۴)، نشان داده شده است، از صفحات موازی در بخش ته نشینی، استفاده شده است. این صفحات برای تسریع نشست فلوکها تعبیه شده اند و بنابراین با کاربرد آنها، فرار فلوکها از داخل راکتور، کاهش یافته و سرعت بحرانی نشست برای باقی ماندن فلوکها داخل راکتور، بسیار کمتر از حالت بدون استفاده از صفحات موازی در بخش ته نشینی، خواهد بود.

شکل (۵) مسیر حرکت لجن بین دو صفحه را نشان می دهد: ذره ای که وارد این بخش می شود، ابتدا نزدیک صفحه اول قرار دارد و به صورت مایع در فضای بین دو صفحه جریان می یابد و سپس در تماس با صفحه دوم، قبل از خروج مایع خروجی، ته نشین می شود.

برای محاسبه سرعت بحرانی ته نشینی در منطقه با صفحات موازی، با فرض ضخامت ناچیز صفحات، داریم :

$$V_1 = V_l / \sin a$$

$$S'_c = V_1 \cdot e \cdot \tan a / ((H/\sin a) + (e/\cos a))$$

لذا می توان نسبت سرعت بحرانی در رآکتورهای با صفحات موازی (S'_c) و بدون صفحات موازی (S_c) را، بصورت زیر بدست آورد :

$$S'_c / S_c = [V_1 \cdot e \cdot \tan a / ((h/\sin a) + (e/\cos a))] / V_l$$

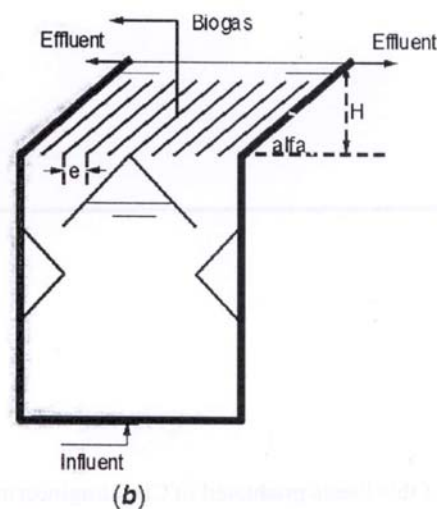
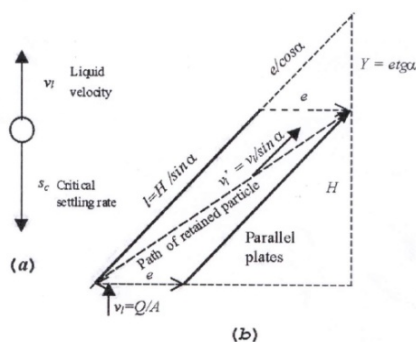
$$= 1 / (1 + L \cos a)$$

که در آن ($L=l/e$) می باشد، مشاهده می شود نسبت (S'_c / S_c)، همواره کمتر از یک خواهد بود، لذا هرچه زاویه a کوچکتر و L بزرگتر انتخاب گردد، اختلاف بین S'_c و S_c ، بیشتر خواهد شد. بدین ترتیب برای رسیدن به حالت بهینه از نظر ماندگاری فلوکها داخل رآکتور، می توان اقدامات زیر را انجام داد :

۱. انتخاب فاصله کمتر بین صفحات (e)

۲. انتخاب زاویه a (زاویه با افق) کوچکتر

۳- انتخاب صفحات با طول (l) بیشتر



شکل ۵- حرکت ذرات بین صفحات در حالت برگشت آنها

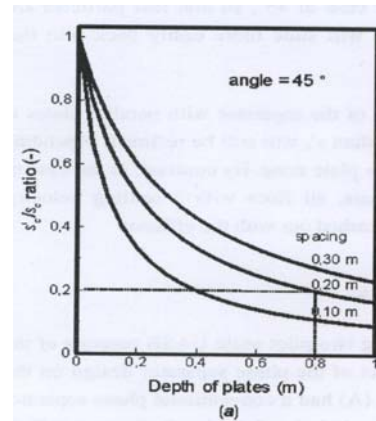
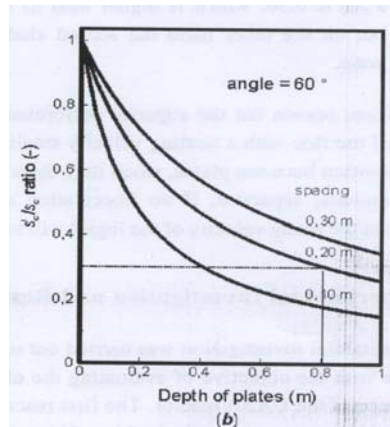
پس از برخورد به صفحات، به داخل رآکتور [۶]

شکل ۴- رآکتور UASB با صفحات بحرانی و موازی

بخش ته نشینی [۶]

ولی در هر کدام از موارد فوق محدودیت هایی وجود دارد. فاصله بین صفحات را نمی توان خیلی کم انتخاب نمود چرا که در غیر این صورت احتمال بوجود آمدن پدیده مسدود شدن (Clogging)، وجود داشته و برگشت لجن ته نشین شده روی صفحات ممکن نخواهد بود. زاویه صفحات با افق را نیز باید به حدی انتخاب نمود که فلوکهای لجن ته نشین شده روی صفحات بتوانند براحتی سر خورده و به منطقه هاضمه، بیافتند و در نهایت بنا به مسائل اقتصادی، طول صفحات را نمی توان خیلی زیاد، انتخاب نمود. اشکال (۶) و (۷)، نسبت (S'_c/S_c) را بصورت تابعی از عمق H ، در منطقه با صفحات موازی برای زوایای ۴۵ و ۶۰ درجه، نشان می دهد. این نسبتها برای سه فاصله مشخص بین صفحات ($e=0.1, 0.2, 0.3$ m)، محاسبه شده اند.

با توجه به نمودارهای فوق، می توان با انتخاب مناسب e, H و a ، سرعت نشست حداقل یا بحرانی را، برای باقی ماندن ذرات داخل رآکتور، کاهش داد. عامل دیگری که استفاده از صفحات موازی در بخش ته نشینی رآکتور UASB را، تشویق می نماید، این است که بخشی از فلوکها که سرعت نشست آنها کمتر از S'_c می باشد، بسته به موقعیتشان بین صفحات، ممکن است ته نشین شوند، حال آنکه در رآکتورهای معمولی، اگر هیچ گونه لخته شدن اتفاق نیافتد، تمام فلوکها با سرعت نشست کمتر از سرعت بالا برنده V_1 ، با فاضلاب خروجی، شسته خواهند شد. [۶]



شکل ۷- نمودار ($S'c / Sc$) بر حسب H ، برای $a = 60^\circ$

شکل ۶- نمودار ($S'c / Sc$) بر حسب H ، برای $a = 45^\circ$

جمع بندی و نتیجه گیری

زمان ماند میکروبی یا زمان ماند لجن در راکتور UASB، به شدت به راندمان وسایل و تجهیزات نگهداری لجن در داخل راکتور، وابسته است. استفاده از صفحات موازی به همراه جداکننده فازی معمولی، در افزایش نرخ ته نشینی لجن و به تبع آن افزایش سن لجن یا SRT، بسیار مؤثر بوده است. جهت جلوگیری از خروج لجن از داخل راکتور، لازم است ارتفاع بخش ته نشینی در حد مناسبی طرح گردد. یک راه حل مناسب برای رسیدن به زمان ماند بهینه لجن، استفاده از تعدادی صفحات موازی در ناحیه بالای جداکننده فازی (ناحیه ته نشینی) می باشد. راکتورهای UASB، که با چنین صفحاتی اصلاح شده اند، راندمان بهتری از راکتورهای عادی داشته و می توانند جوابگوی بارگذاری های آلی بالاتری، باشند.

مراجع

- [1] Heidi Au (chemical Engineering), La revue Project Magazine, Waste water? Clean it!, Winter Issue, Volume 21
- [2] Vieira.S.M.M. & Garcia Jr. A.D., (1992), Sewage treatment by UASB reactor. Operating results recommendations for design and utilization, water science and technology, 25(7), 143-157
- [3] مرتضی حسینیان، تصفیه بی هوازی فاضلابها در UASB، انتشارات فنی حسینیان، ۱۳۷۹
- [4] METCALF & EDDY (Wastewater Engineering Treatment & Reuse, fourth edition), McGraw-Hill, 2003
- [5] J.Keller and K.Hartley "Greenhouse Gas Production in Wastewater Treatment: Process Selection is the Major Factor", Water Science and Technology Vol.47 No.12 pp.43-48, 2003
- [6] Paula Frassinetti Feitosa Cavalcanti (Integrated Application of the UASB Reactor & Ponds for Domestic Sewage Treatment in Tropical Regions), Thesis Wageningen University, The Netherlands, 2003
- [7] Lettinga.G. et al, (1980) Use of the upflow sludge blanket reactor concept for biological wastewater treatment, especially for anaerobic treatment. Biotechnology and Bioengineering, 22, 699-734