

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

بررسی کاهش غلظت یون سولفات در پساب خروجی واحد ABS به روش تصفیه بیولوژیکی غیر هوازی

علی علیزاده اوصالو¹، فردین سید نجفی²

شرکت ملی صنایع پتروشیمی، مرکز پژوهش پتروشیمی تبریز
Email:aaosalu@gmail.com

چکیده

در راستای تعهد به توسعه پایدار و ضرورت های زیست محیطی و با توجه به بالاتراز حد مجاز بودن میزان غلظت یونهای سولفات در پساب خروجی واحدهای انعقاد سازی پلیمری به دلیل استفاده از عامل انعقاد ساز اسید سولفوریک، لازم است میزان یون سولفات تحت کنترل قرار گیرد. با توجه به فرایندهای مختلف حذف یونهای معدنی و اسیدی (مانند یونهای سولفات) از پساب، مانند روشهای شیمیایی (روشهای آهک زنی و استفاده از نمکهای باریم و ...) و روشهای غشایی و هزینه های بسیار زیاد اجرای برخی از فرایندهای فوق و تبعات زیست محیطی فراوان برخی از روشهای اشاره شده (مانند روشهای آهک زنی)، تصفیه بیولوژیکی غیر هوازی روش بهینه ای برای کاهش و حذف یونهای سولفات به نظر می رسد. در این راستا با تهیه یک setup آزمایشگاهی با حجم 500 میلی لیتر و کشت گونه های مختلف باکتری SRB و افزایش مداوم یون سولفات به مجموعه و محاسبه تغییرات غلظت تجمعی یون سولفات و بررسی و آنالیز میزان غلظت یون سولفات نهایی موجود در هر یک از نمونه ها نتایج زیر به دست آمد. در این طرح در مرحله اول با شناسایی روشهای بیولوژیکی موجود برای کنترل غلظت یونهای معدنی و سولفات، اقدام به کشت نمونه های میکروارگانیسمها نموده و میکروارگانیسم مناسب مورد استفاده مانند SRB (Sulfate Reducing Bacteria) از محیط کشت شده استخراج می گردد. در ادامه با تامین شرایط محیطی لازم برای رشد میکروارگانیسمها، جمعیت میکروبی افزایش یافته و زمینه برای ورود خوراک محتوی یونهای سولفات آماده می شود. در ادامه با کاهش خوراک میکروارگانیسمها و افزایش غلظت یونهای سولفات در محیط، تحمل پذیری میکروارگانیسمها تقویت گردیده و در ادامه با قطع خوراک آنها، این میکروارگانیسمها شروع به استفاده از یونهای سولفات به عنوان منبع غذایی می نمایند. تحلیل نتایج آزمایشات حاکی از آن است استفاده از روشهای بیولوژیکی یکی از مناسبترین گزینه ها برای کنترل پساب محتوی یون سولفات می باشد و میزان غلظت یون سولفات در نمونه ها پس از زمان ماند 40 ساعت به 12٪ مقدار اولیه کاهش یافته است.

کلمات کلیدی: پساب اسیدی؛ تصفیه بیولوژیکی؛ تصفیه غیر هوازی؛ Sulfate Reducing Bacteria(SRB)

1- مقدمه

جمع آوری و دفع پساب چه از نقطه نظر بهداشتی و چه از نظر اقتصادی در دیدکلان از اهمیت خاصی برخوردار بوده و انجام تصفیه و رها سازی پساب تصفیه شده و یا استفاده مجدد از پساب از موضوعات مهم جوامع صنعتی و رو به رشد

می باشد. صرف نظر از چگونگی مصرف پساب تصفیه شده، تصفیه فاضلاب را می توان از اصلی ترین و مهمترین معضلات جوامع امروزی به شمار آورد.

1- دانشجوی دکتری مهندسی شیمی

2- کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی

انتخاب نامناسب تکنولوژی و طراحی و راه اندازی غیر اصولی اغلب طرح های تصفیه پساب های صنعتی بدون توجه به شرایط اقتصادی، اجتماعی و توانایی های علمی و فنی می تواند خطرات و آسیب های جبران ناپذیر به محیط زیست وارد کند. فاضلاب همان آب مصرفی جامعه می باشد که در نتیجه کاربردهای مختلف آلوده شده است. اگر فاضلاب تصفیه نشده انبار گردد، تجزیه مواد آلی آن ممکن است منجر به تولید مقادیر زیادی از گازهای بدبو گردد. علاوه بر آن فاضلاب تصفیه نشده معمولاً حاوی میکروارگانیسم های بیماریزای فراوانی است که در دستگاه گوارش انسان زندگی می کنند و یا در برخی از فضولات صنعتی موجود هستند. فاضلاب همچنین شامل مواد مغذی نیز می باشد که باعث تحریک رشد گیاهان آبی می گردد. همچنین فاضلاب می تواند ترکیبات سمی نیز داشته باشد. بنابراین انتقال سریع فاضلاب از منابع تولید و سپس تصفیه و دفع آن نه تنها مطلوب، بلکه ضروری می باشد.

با توجه به راه اندازی واحد پساب مجتمع در سال 1376 و شروع به کار واحد ABS در سال 1382، عملاً امکان ارسال پساب خروجی واحد ABS بصورت بدون تصفیه به واحد پساب مرکزی وجود نداشته و واحد پساب مرکزی برای تصفیه این پساب طراحی نشده بود. همچنین با توجه به مشخصات پساب تولیدی واحد ABS، امکان آسیب رسانی به سیستم های جمع آوری و انتقال فاضلاب وجود دارد. بنابر این لازم است یک سیستم تصفیه مستقل متناسب با مشخصات پساب تولیدی از قسمت های مختلف واحد ABS در نظر گرفته شده و پساب تصفیه شده خروجی از این قسمت، به واحد پساب مرکزی ارسال گردد. واحد تصفیه پساب خط E که با نام خط SST نامیده می شود برای تصفیه مواد جامد معلق و کاهش بار آلی پساب تولیدی واحد به کار می رود. مشخصات طراحی ورودی واحد پساب از قسمت های مختلف واحد ABS در جدول یک آورده شده است.

2- روش های تصفیه پساب صنعتی

2-1- روش تصفیه فاضلاب

در خصوص نحوه تصفیه فاضلاب های صنعتی مجتمع پیشنهاد می شود که از روش های نوین تصفیه فاضلاب با رویکرد به حداقل رساندن میزان مصرف انرژی و تولید لجن و استفاده از روش های تلفیقی بی هوازی - هوازی و استفاده از روش های بیولوژیکی استفاده گردد. یکی از مهمترین روش های تصفیه بیولوژیکی روش لجن فعال می باشد. تعدادی از روش های بیولوژیکی دیگر تصفیه پساب عبارتند از:

جدول 1- مشخصات طراحی ورودی واحد پساب از قسمت های مختلف واحد ABS

Process	Flow Rate (m ³ /day)	Temperature (°C)	pH	COD _{MN} (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	SS (mg/l)
---------	------------------------------------	---------------------	----	-----------------------------	----------------------------	--------------

G-ABS	520.4	60 ~ 80	3	1300~210	500~1800	200~250
Compound	70.3	Ambient	6.5	300~1300	100~700	410~500
SAN	190	Ambient	7	100~700	90~500	250~300
PBL	14	Ambient	8	300~1800	800~1800	2400
TOTAL	794.7	57 ~ 68		947~1717	387~1434	256~307

1. روش راکتور ناپیوسته با عملیات متوالی (SBR)
2. فرآیند UASB (بستر لجن بی هوازی با جریان رو به بالا)
3. فرآیند UAFB (Up Flow Anaerobic Fixed Bed)
4. فرآیند UABR (راکتورهای بافل دار بی هوازی)
5. فرآیند رشد تماسی Contact process
6. سیستم تلفیقی رشد ثابت و لجن فعال (IFAS) (Integrated Fixed film / Activated Sludge)

2-2- روشهای موجود در تصفیه پسابهای حاوی یون سولفات

روشهای شیمیایی

1. استفاده از آهک /سنگ آهک (Lime/Limestone)
2. استفاده از نمکهای باریم (BaS)
3. استفاده از روش ترکیبی آهک و سولفات آلومینیوم (روش SAVMIN)
4. استفاده از روش ترکیبی آهک و اخته سازهای انحصاری دیگر (CESR)

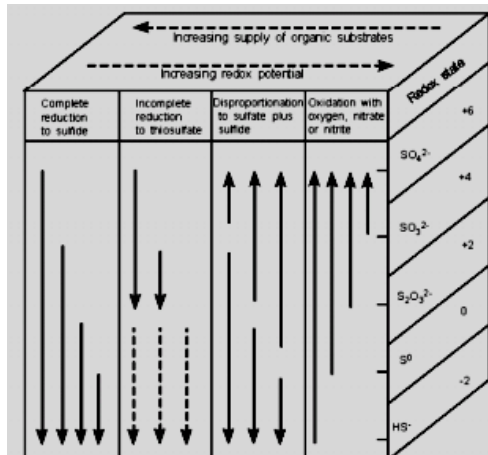
روشهای غشایی

1. استفاده از غشاهای اسمز معکوس (RO)
2. استفاده از غشاهای الکترودیالیزی (ED)
3. استفاده از رزینهای تبادل یونی (GYP-IX)
4. استفاده از غشاهای فیبری اسمز معکوس (SPARRO)

روشهای بیولوژیکی

1. استفاده از بیوراکتورها (Bioreactors)
2. استفاده از تالابهای ساختار یافته (Constructed Wetland)
3. استفاده از روش ترکیبی آهک و تصفیه خاک (Alkaline systems)
4. استفاده از غشاهای بازدارنده زیر زمینی (Permeable Barriers)

با توجه به نقش احیا کنندگی ناقص باکتری *Desulfovibrio* در احیاء یونهای سولفات پساب، این باکتری از میان انواع فوق انتخاب و در آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت. شکل زیر نحوه احیاء یونهای سولفات را نشان می دهد.

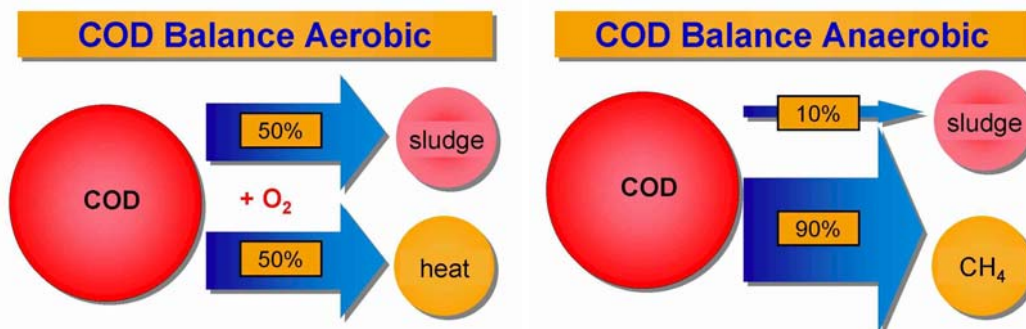


شکل یک- مکانیزم احیاء یونهای سولفات

در طرح امکان سنجی حذف بیولوژیکی یونهای سولفات پساب واحد ABS میکروارگانیزمهای از خانواده SRB (Sulfate Reducing Bacteria) انتخاب گردیده و با کشت آن در محیط آزمایشگاهی، مقدار مناسبی از جمعیت میکروبی جهت انجام آزمایشات مختلف در دسترس قرار گرفت در ادامه با انجام آزمایشات در مقیاس آزمایشگاهی (500 میلی لیتر) و مقیاس پایلوت (200 لیتری) موارد ذیل مشخص گردید:

باکتری مورد استفاده از نوع *Desulfonovibrio* بوده و در شرایط دمایی وسیع (15-90C) عملکرد مناسبی داشته و با توجه به نوع گرمازی بودن آن و دمای بالای پساب خروجی واحد g-ABS (در حدود 70 C)، استفاده از این باکتری در مقیاس صنعتی نیز امکان پذیر می باشد. شکل میکروسکوپی این باکتری بصورت زیر می باشد.

با توجه به اینکه عملکرد مناسب باکتری در محیطی با حضور بار آلی مناسب روی میدهد ($SO_4/COD > 0.67$) و پساب واحد g-ABS نیز دارای بار آلی می باشد، بنابراین در هزینه های بهره بردار از طرح که شامل هزینه های تامین بار آلی نیز می باشد، به مقدار قابل توجهی کاسته خواهد شد. (به علت پایین بودن این نسبت در پساب این بخش، باید نسبت به جبران کمبود COD در پساب راه حل مناسبی انتخاب گردد که احتمالاً این مسئله باعث افزایش هزینه های بهره برداری خواهد شد). در شکل زیر مقایسه ای بین دو فرایند هوازی و غیر هوازی نشان داده می شود:

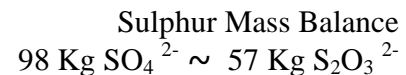


شکل سه - مقایسه ای بین دو فرایند هوازی و غیر هوازی

در جدول زیر تاثیر افزایش دما بر عملکرد این باکتری نشان داده شده است.

جدول 4-1- تاثیر افزایش دما بر عملکرد باکتری		
0C	SRB Activity as mg S / lit.Hr	%
30	34.4	100
50	45.1	131
70	60.7	177
95	80.2	233

باکتری مورد استفاده از نوع خاصی بوده که منجر به احیای ناقص یونهای سولفات خواهد شد ، بنابراین احتمال تولید گاز سولفید هیدروژن بعد از گذشت 5 روز عملا به حداقل مقدار خود (زیر حد مجاز 1 ppm مطابق استانداردهای بین المللی) خواهد رسید. کلیه واکنشهایی که ممکن است یونهای سولفات در سیستم بیولوژیکی با آن مواجه باشند در زیر آورده می شود. واکنش انجام گرفته توسط باکتری Desulfonovibrio در زیر نشان داده شده است.
مطابق فرایند غیر کامل احیای یونهای سولفات خواهیم داشت:



$$\Delta C = 2000 \text{ ppm}$$

$$Q = 30 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

Thus

$$\text{Removed Sulfur mass: } 60 \text{ kg / hr SO}_4^{2-} \sim 36 \text{ Kg/ Hr S}_2\text{O}_3^{2-}$$

میزان تولید لجن در این نوع تصفیه در مقایسه با روشهای شیمیایی بسیار کم می باشد. (میزان تولید لجن در روش آهک در حدود 2100 تن در سال می باشد در حالیکه با استفاده از بیوراکتور میزان لجن حداکثر 300 تن در سال خواهد بود) .

Reaction	ΔG_r° (kJ/mol)
Complete reduction of sulfur compounds	
$SO_4^{2-} + 4 H_2 + 1.5 H^+ \rightarrow 0.5 HS^- + 0.5 H_2S + 4 H_2O$	-155
$0.5 SO_4^{2-} + 0.5 HSO_3^- + 3 H_2 + H^+ \rightarrow 0.5 HS^- + 0.5 H_2S + 3 H_2O$	-175
$S_2O_8^{2-} + 4 H_2 + H^+ \rightarrow HS^- + H_2S + 3 H_2O$	-179
$S + H_2 \rightarrow 0.5 HS^- + 0.5 H_2S + 0.5 H^+$	-30
Incomplete reduction of sulfate	
$SO_4^{2-} + 2 H_2 + H^+ \rightarrow 0.5 S_2O_3^{2-} + 2.5 H_2O$	-65
Disproportionation of sulfur compounds	
$S_2O_8^{2-} + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 0.5 HS^- + 0.5 H_2S + 0.5 H^+$	-25
$2 SO_3^{2-} + 2 HSO_3^- \rightarrow 3 SO_4^{2-} + 0.5 HS^- + 0.5 H_2S + 0.5 H^+$	-236
$4 S + 4 H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 1.5 HS^- + 1.5 H_2S + 3.5 H^+$	+33 ¹⁾
Oxidation of sulfur compounds	
$0.5 HS^- + 0.5 H_2S + 2 O_2 \rightarrow SO_4^{2-} + 1.5 H^+$	-794
$0.5 HS^- + 0.5 H_2S + NO_3^- + 0.5 H^+ + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + NH_4^+$	-445
$S_2O_8^{2-} + 2 H_2O + 2 O_2 \rightarrow 2 SO_4^{2-} + 2 H^+$	-818
$0.5 SO_4^{2-} + 0.5 HSO_3^- + 0.5 O_2 \rightarrow SO_4^{2-} + 0.5 H^+$	-257 ²⁾

¹⁾ Promoted by precipitation of H₂S
²⁾ Incomplete reduction may result in the formation of H₂O₂

بمنظور دستیابی به نتایج دقیق و مطمئن، در ابتدا با تهیه یک مجموعه آزمایشگاهی شامل ظروف شیشه ای با حجم 500 میلی لیتر و خوراک دهی مناسب به آن و تنظیم دما و pH نمونه ها، شرایط لازم برای رشد باکتریهای احیا کننده سولفات فراهم گردید. پس از آنالیز نمونه ها و کنترل جمعیت میکروبی تولیدی، اقدام به افزایش مقدار یون سولفات تجمعی در نمونه ها گردید. در ادامه با کنترل شرایط واکنش بیولوژیکی و کاهش خوراک به سیستم و افزایش مقدار یون سولفات ورودی به مجموعه نمونه ها، قابلیت تحمل پذیری میکروارگانیزم ها تا غلظت 8000 ppm یون سولفات افزایش یافت. در این طرح در مرحله اول با شناسایی روشهای بیولوژیکی موجود برای کنترل غلظت یونهای معدنی و سولفات، اقدام به کشت نمونه های میکروارگانیزمها نموده و میکروارگانیزم مناسب مورد استفاده مانند SRB (Sulfate Reducing Bacteria) از محیط کشت شده استخراج می گردد. در ادامه با تامین شرایط محیطی لازم برای رشد میکروارگانیزمها، جمعیت میکروبی افزایش یافته و زمینه برای ورود خوراک محتوی یونهای سولفات آماده می شود. در ادامه با کاهش خوراک میکروارگانیزمها و افزایش غلظت یونهای سولفات در محیط، تحمل پذیری میکروارگانیزمها تقویت گردیده و در ادامه با قطع خوراک آنها، این میکروارگانیزمها شروع به استفاده از یونهای سولفات به عنوان منبع غذایی می نمایند.

روش تحقیق

بمنظور بررسی سیستماتیک امکان حذف بیولوژیکی یونهای سولفات پساب واحد ABS آزمایشات در سه مقیاس مختلف به شرح زیر انجام گرفت:

جدول 2- مشخصات شش نمونه مقیاس آزمایشگاهی

نمونه شماره یک	میزان یون سولفات در نمونه ppm :	340
	حجم نمونه 500 میلی لیتر	
آزمایش بصورت غیر هوازی	pH= 7.5	

- الف - مقیاس آزمایشگاهی در حجم 500 میلی لیتر و با دو روش هوازی (Aerobic) و غیر هوازی (Anaerobic)
- ب- مقیاس Bench در حجم 20 لیتر و با دو روش هوازی و غیر هوازی
- ج - مقیاس پایلوت با حجم 1000 لیتر و به روش غیر هوازی
- مشخصات نمونه های آزمایشگاهی در جدول دو آورده شده است. آزمایشات مقیاس Bench نیز در دو نمونه و بصورت هوازی و غیر هوازی با مشخصات زیر انجام گرفت .

جدول 3- مشخصات دو نمونه مقیاس bench

320	میزان یون سولفات در نمونه ppm :	نمونه شماره یک
	حجم نمونه 20 لیتر	محل تهیه نمونه: اختلاط نمونه های قسمت غیرهوازی مرحله آزمایشگاهی
	pH= 8.7	آزمایش بصورت غیر هوازی
280	میزان یون سولفات در نمونه ppm :	نمونه شماره دو
	حجم نمونه 20 لیتر	محل تهیه نمونه: اختلاط نمونه های قسمت هوازی مرحله آزمایشگاهی
	pH= 8.5	آزمایش بصورت هوازی

آزمایشات مقیاس پایلوت نیز با یک نمونه با مشخصات زیر آغاز گردید:

جدول 4- مشخصات آزمایشات مقیاس پایلوت

170	میزان یون سولفات در نمونه ppm :	نمونه شماره یک
	حجم نمونه 1000 لیتر	محل تهیه نمونه: اختلاط نمونه های غیرهوازی مراحل آزمایشگاهی و Bench و پرورش میکروارگانیسمهای مورد نیاز
	pH= 8.1	آزمایش بصورت غیر هوازی
		دمای کارکرد: دمای محیط

میکروارگانیسم مورد استفاده از نوع Sulfate Reducing Bacteria (SRB) می باشد که از نوع Disulfonovibrio بوده و متجر به احیاء ناقص یونهای سولفات خواهد شد. شرایط هیدرودینامیکی پایلوت نیز مطابق جدول زیر می باشد:

جدول 5- شرایط هیدرودینامیکی پایلوت

type	pH	RT (Hr)	Type
SRB	4-10	40	anaerobic

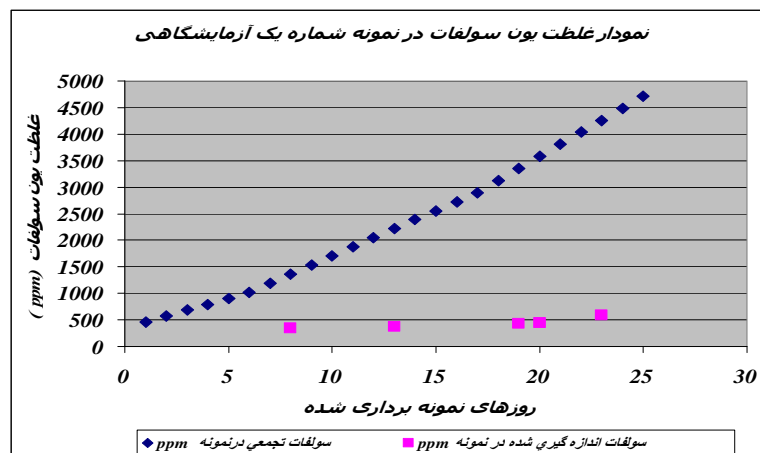
نتایج آزمایشات

نتایج آزمایشات شش نمونه آزمایشگاهی و دو نمونه Bench و نمونه پایلوت با توجه به مدت زمان اجرای آزمایشات در دامنه های زمانی زیر تعریف گردیده و به صورت زیر ارایه می گردد:

الف- نتایج آزمایشات شش نمونه آزمایشگاهی بصورت جداول داده ماهیانه و سه ماهه

ب- نتایج آزمایشات دو نمونه Bench بصورت جداول و نمودارهای ماهانه

ج - نتایج آزمایشات نمونه پایلوت به صورت جداول و نمودارهای دو ماهه



شکل چهار- نمودار غلظت یون سولفات در نمونه شماره یک آزمایشگاهی

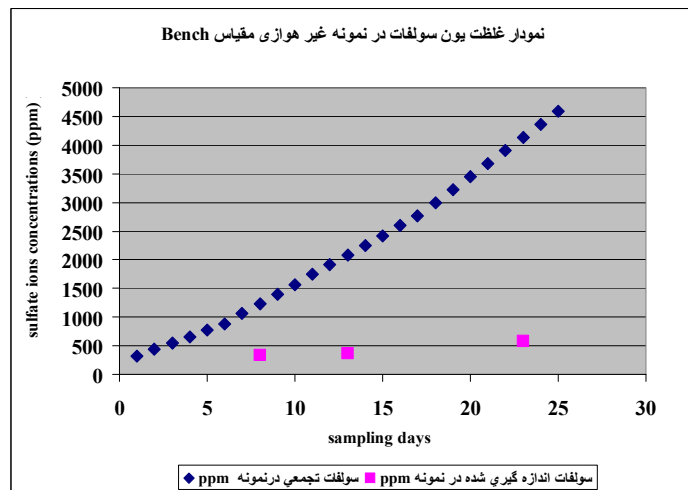
نتایج آزمایشات شش نمونه آزمایشگاهی و دو نمونه Bench و نمونه پایلوت با توجه به مدت زمان اجرای آزمایشات در دامنه های زمانی زیر تعریف گردیده و به صورت زیر ارایه می گردد:

الف- نتایج آزمایشات شش نمونه آزمایشگاهی بصورت جداول داده ماهیانه و سه ماهه

ب- نتایج آزمایشات دو نمونه Bench بصورت جداول و نمودارهای ماهانه

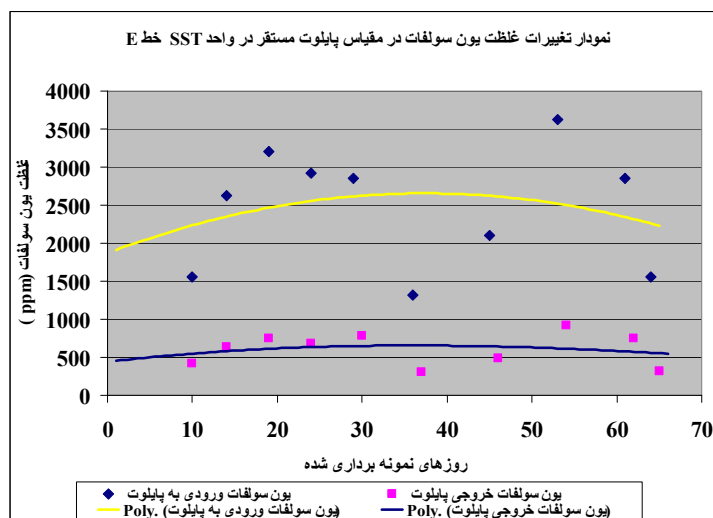
ج - نتایج آزمایشات نمونه پایلوت به صورت جداول و نمودارهای دو ماهه

تحلیل نتایج آزمایشات حاکی از آن است استفاده از روشهای بیولوژیکی یکی از مناسبترین گزینه ها برای کنترل پساب محتوی یون سولفات می باشد و میزان غلظت یون سولفات در نمونه ها پس از زمان ماند 40 ساعت به 12٪ مقدار اولیه کاهش یافته است



شکل پنج- نمودار غلظت یون سولفات در نمونه غیر هوازی مقیاس bench

در ادامه ، بعد از انجام موفقیت آمیز آزمایشات حذف سولفات در مقیاسهای آزمایشگاهی و Bench ، آزمایشات در مقیاس پایلوت 1000 لیتری نیز با موفقیت کامل اجرا گردیده و سیستم بیولوژیکی غیر هوازی پرورش یافته در پایلوت، قادر به حذف هم زمان 71٪ یونهای سولفات ورودی ، 73٪ آکریلو نیتریل ورودی و 68٪ بار آلی (COD) ورودی به پایلوت گردیده است .



شکل شش - نمودار غلظت یون سولفات در پایلوت

بحث و تحلیل نتایج

تحلیل نتایج آزمایشات مربوط به امکان سنجی حذف و کاهش یونهای سولفات در پساب واحد ABS حاکی از آن است استفاده از روشهای بیولوژیکی یکی از مناسبترین گزینه ها برای کنترل پساب محتوی سولفات می باشد با توجه به زمان اقامت تقریبی 40 ساعت، زمان نمونه برداری از خروجی پایلوت یک و نیم روز بعد از نمونه برداری از ورودی پایلوت صورت گرفته است. نتایج مرحله آزمایشات در مقیاس آزمایشگاهی حاکی از امکان حذف بیش از 86 درصد یونهای سولفات موجود در پساب به روش بیولوژیکی غیر هوازی می باشد.

نتایج آزمایشات در مقیاس Bench نیز حاکی از موفقیت در حذف یونهای سولفات به روش بیولوژیکی غیر هوازی به میزان 78 درصد می باشد. نتایج آزمایشات در مقیاس پایلوت نیز حاکی از موفقیت در حذف یونهای سولفات به روش بیولوژیکی غیر هوازی به میزان 71 درصد می باشد. با توجه به نتایج اندازه گیری مقادیر COD و ACN در ورودی و خروجی پایلوت، مشخص است که علاوه بر میکروارگانیزمهای حذف کننده سولفات، سایر میکروارگانیزمهای حذف کننده بار آلی و اکریلونیتریل نیز در پایلوت و در شرایط عملیاتی SRB پرورش یافته اند که این امر با توجه به نیازمندی فرایند برای کاهش این دو پارامتر، بسیار قابل توجه می باشد

با توجه به شرایط موجود در بهره برداری از پایلوت موجود، اصلاحات ذیل ضروری می باشد:

- 1- تعبیه یک مسیر کویل بخار و یا تزریق بخار در مسیر پساب با توجه به دمای عملیاتی بالای SRB
- 2- رفع نواقص پایلوت شامل رفع نشتی از قسمتهای مختلف و اصلاح محل تزریق خوراک و پساب ورودی .
- 2- انتقال پایلوت به مسیر خروجی قسمت Coagulator ها به دلیل مساعد بودن شرایط دمایی و بار آلی مناسب در آن محل (دمای 70 درجه سانتیگراد و بار آلی 6000 ppm)
- 3- افزایش سطح تماس در پایلوت با packing های مستعمل آغشته به مواد هیدروکربنی
- 4- با توجه به تمایل زیاد این نوع میکروارگانیزمها برای واکنش با فلزات و خوردگی آنها در بتن مسلح معمولی، لازم است کلیه کانالهای انتقال و حوضچه مورد استفاده در فرایند تصفیه غیر هوازی دارای پوشش ضد خوردگی باشند
- 5- با تکمیل مستندات لازم و تدوین دانش فنی این فرایند ، کلیه اطلاعات لازم برای طراحی پایه در اختیار قرار دارد.

مراجع

1. "HANDBOOK OF INDUSTRIAL WATER CONDITIONING", Betz., Eighth Edition., Pennsylvania, USA.
2. "US-Patents No. 4966704", October 1996 ,Sarner



3. "How WASTEWATER IS TREATED", SRWTF Profile., Borgatti, Douglas., Director of Operations.
4. "US-Patents No. 5354545", October 1998, Buisman
5. "US-Patents No. 5366633", November 1999, Buisman
6. "US-Patents No. 5518619" و May 2000, Buisman
7. "US-Patents No. 6495047B1", December 2002, CenGupta
8. "SEDIMENTATION FACILITIES FOR THE ACTIVATED SLUDGE PROCESS", Toprak, Hakim, Science Traveller International., Wastewater World Wide., 2004.
9. "ELIMINATION OF CYANIDE COMPOSITIONS VIA BIOLOGICAL TREATMENT", Tarverdipour, Ali., First Report., TPC., 2004.
10. "INTRODUCTION TO ENVIRONMENTAL ENGINEERING", Mackenzie L., Third Edition., McGraw-Hill., Boston, Massachusetts., 1998.
11. Burton, L. Franklin., WASTEWATER ENGINEERING, DISPOSAL AND REUSE., TATA McGraw-Hill Co.
12. "WASTEWATER TREATMENT HANDBOOK", Degremont., Vol. 1&2., Lavoisier Publishing Inc., Rueil-Malmaisen Cedex, France., 1991.
13. "HOW A WASTEWATER TREATMENT PLANT WORKS", Friedman, Kenneth., Environmental and Technical Writing., Department of Journalism & Communication., Lehigh University., Bethlehem, Pa.
14. "The Qualitative and Quantitative Analysis of ABS Exit Wastewater and Its Impact on Utility's Inlet wastewater", Tabriz Petrochemical Company-R&D Center, July 2006

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله