تعیین پارامترهای سینتیکی سودومونا آئروژنوزا در تجزیه نفت خام شناور بر روی سطح آب جهت کاربردهای صنعتی

امیر رضا طلایی[۱]، نعمت اله جعفرزاده[۲]، محمد رضا طلایی[۳]، مسعود بهشتی[۳]

۱- گروه مهندسی عمران و محیط زیست موسسه آموزش جامی

۲- گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

۳- گروه مهندسی شیمی دانشگاه اصفهان

خلاصه:

ورود ترکیبات نفتی به محیط از کلیه مراحل مختلف استخراج، حمل و نقل، نگهداری و... در صنایع نفت امکان پذیر است. بدین سبب محققین فراوانی بر روی حذف آن به روشهای گوناگون مطالعه نموده اند. از جمله روشهای حذف ترکیبات نفتی از محیط، روشهای بیولوژیکی می باشد. در این مطالعه با استفاده از میکروارگانیسمی به نام سودوموناس آئروژنوزا که قبلاً در تحقیقات منتشر شده قبلی از خاک پمپ بنزین جداسازی شده بود و برای تجزیه ترکیبات نفتی مورد مطالعه قرار گرفته بود جهت تعیین پارامترهای سینتیکی استفاده گردید. برای این امر از معادله اصلاح شده منود استفاده شد. در این مطالعه میزان k_d برابر ۰/۱۰۷ بر حسب معکوس روز، Y برابر با ۰/۸۸۲ میلی گرم بر لیتر، k برابر با ۹/۳۹ بر حسب معکوس روز و در نهایت K_s برابر با ۱۶۹/۳ میلی گرم بر لیتر در روز محاسبه گردید.

[1] - Corresponding author (Amirreza Talaie) atalaie@jami.ac.ir

۱- مقدمه

نشت و پخش شدن تصادفی ترکیبات نفتی دو عامل مهم ورود ترکیبات نفتی در هنگام اکتشاف، تولید، پالایش، حمل و نقل و نگهداری ترکیبات نفتی می باشند. ورود فرآورده های ناشی از نفت خام از طریق کشتی هایی که قادر به حمل بیش از هزاران تن فرآورده های نفتی می باشند یکی از عوامل آلاینده دریاها و اقیانوسها به اینگونه ترکیبات است که میزان آن نیز روز به روز افزایش می یابد [۱]. بخشهای مختلف نفت خام نیز می تواند به طرق متفاوت وارد محیط زیست گردد. گازوئیل، بنزین، نفت سفید، نفت کوره و... به طور گسترده ای در زندگی امروزی بشر مورد استفاده قرار می گیرند و رها شدن تصادفی و یانشت آنها منجر به آلودگی آب و خاک شده و مشکلات فراوانی را برای محیط زیست ایجاد می نماید. سوخت های متداول که از مشتقات نفت خام می باشند ترکیبی پیچیده شامل پارافین ها، الفین ها، هیدروکربن های آروماتیک، هیدروکربن های آلیفاتیک و مقادیر اندکی از ملکولهای حاوی سولفور، نیتروژن و اکسیژن می باشد[۲]. بطور معمول ترکیبات آروماتیک موجود در نفت خام سمی تر از ترکیبات آلیفاتیک با همان تعداد اتم کربن می باشند و در غلظت های بالاتری نیز در آب یافت می شوند که این امر به دلیل پنج برابر بالاتر بودن حلالیت آروماتیکها در مقایسه با آلیفاتیک ها می باشد [۳]. روشهای گوناگون برای حذف این ترکیبات در محیطهای آبی پیشنهاد شده است. روشهای فیزیکی مانند شناور سازی و روشهای شیمیایی مانند استفاده از سورفکتانتها بطور معمول پرهزینه و دارای محدودیتهای فراوانی هستند. تحقیقات بسیاری بر روی تجزیه بیولوژیکی ترکیبات نفتی به انجام رسیده و نشان داده است که این روش کاملاً امکان پذیر بوده و می تواند یکی از اقتصادی ترین و موثر ترین روشهای حذف ترکیبات نفتی از محیطهای آبی می باشد [٤، ٥، ٦، ٧، ٨، ٩، ١٠]. در این زمینه مطالعات مشابهی نیز به انجام رسیده است. بطور مثال لی[2] و همکارانش [۱۱] در مطالعه ای بر روی تجزیه بیولوژیک فاضلابهای تولیدی در مناطق نفت خیز توانستند تعدادی میکروارگانیسم را شناسایی نمایند که قادر به مصرف نفت خام به صورت محلول در آب و یا به صورت قطرات ریز بودند. با کمک این میکروارگانیسم ها لی توانست ۸۵٪ نفت خام موجود در این گونه پس آبها را در مدت زمان ۷ روز تجزیه نماید. تلز[3] و همکارانش به بررسی یک سیستم لجن فعال در حذف کل ترکیبات هیدروکربنی (TPH) از آبهای شور خارج شده از چاههای نفت که در حد اشباع

[2] Li
[3] Tellez

حـاوی نفـت خـام بـه صورت محلول و قطرات ریز بودند پرداختند. تلز از روش سازگارسازی[4] برای افـزایش قابلیت میکروارگانیسم های موجود در لجن فعال برای تجزیه ترکیبات نفتی استفاده نمود. وی موفـق شـد در مدت زمان ۲۰ روز ۹۸٪ کل ترکیبات نفتی موجود در این پس آبها را تجزیه نماید و در نهایـت نیـز بـه بررسـی ضرایب بیوسینتیک پرداخت [۱۲]. دیبل[5] و همکارش بارتا[6] [۱۳] نیز در مطالعه خـود بـه بررسی تاثیر حضور نیتروژن، فسفر و آهن در حذف ترکیبات نفتی در آب دریا پرداختند. آنها دریافتـند آب دریا حاوی مقادیر مورد نیاز آهن برای رشد میکروارگانیسم های نفت خوار می باشد ولی نیتـروژن و فـسفر کافـی را در اختـیار نـدارد. ویرا[7] و همکارانش [۲] نیز در مطالعه‌ای به مقایسه تجزیه بـیولوژیک گازوئـیل توسـط دو دسـته از میکروارگانیـسم‌هـای جدا شده از خاک دریاچه ای که حاوی مقادیـر زیادی از گازوئیل بود پرداختند. آنها موفق به حذف ۹۰٪ گازوئیل موجود در آب در مدت زمان ٤٠ روز شدند و در ادامه کار بهینه سازی شرایط رشد این میکروارگانیسم ها را نیز انجام دادند. طلایی[8] و همکـاران [١٤] در سـال ۱۳۸۸ نیـز در مطالعه خود موفق به جداسازی میکروارگانیسم هایی از خاک آلـوده بـه بنـزین و گازوئـیل در یک پمپ بنزین شدند که قادر به تجزیه گازوئیل بود. همچنین آنها در سـال ۱۳۸٦ [۱۵] نیـز موفـق به جداسازی میکروارگانیسم دیگر شده بودند که قادر به تجزیه نفت خام شناور بر روی آب بود.

در ایـن مطالعـه محققـین میکروارگانیـسم هـای جـدا شـده در تحقیق قبلی خود را که از نوع سـودوموناس آئروژنوزا بود و در تجزیه نفت خام شناور بر روی سطح آب به کار گرفته شده بود مورد استفاده قرار داده و پارامترهای سینتیکی آن را توسط معادله مونود مورد بررسی قرار دادند.

۲- مواد و روشها

۲-۱- جداسازی میکرو ارگانیسم ها

میکروارگانیسم های مورد استفاده در این مطالعه قبلا در تحقیق دیگری توسط نویسندگان مقاله از خاک اطـراف یـک پمپ بنزین در شهر اهواز جداسازی شده بود [۱۵]. جهت جداسازی و خالص سازی این میکروارگانیـسم از خـاک از روش کشت در محیط مایع برای جداسازی میکروارگانیسم ها و پس از آن

[4] Adaptation
[5] Dibble
[6] Bartha
[7] Vieira
[8] Talaie

استفاده از کشت خطی برای خالص سازی آنها استفاده گردید [۱٦]. پس از بررسی کارائی میکروارگانیسم های جدا شده و خالص شده از نظر کارائی در حذف نفت خام شناور بر روی سطح آب بهترین آنها مشخص و مورد شناسایی قرار گرفت [۱۵]. میکروارگانیسم مورد نظر سودوموناس آئروژنوزا نام داشت که کارائی بالایی در تجزیه ترکیبات نفتی را از خود نشان داده بود. از میکروارگانیسم مذکور جهت نگهداری طولانی و استفاده در مطالعات بعدی اسلنت تهیه گردید و در دمای ٤ درجه سانتیگراد نگهداری شد. میکروارگانیسم ها هر ٤ ماه یک بار پس از مرحله فعال سازی به اسلنتهای جدید منتقل می شدند [۱۵، ۱٦، ۱۷]. جهت به کارگیری میکروارگانیسم حاصله در مقیاس صنعتی، با کمک معادله تحصیح شده مونود تحقیقات لازم برای تعیین پارامترهای سینتیکی آن انجام شد.

۲-۲- معادله مورد استفاده

در این معادله از مدل اصلاح شده مونود استفاده گردید [۱۷]. معادله مورد استفاده در این مطالعه به صورت زیر بدست آمد:

$$r_{su} = -\frac{kXS}{K_s + S} = -\frac{S_0 - S}{\theta} \quad (۱-۲)$$

با تقسیم معادله فوق بر X معادله شماره ۲-۲ بدست می آید:

$$\frac{kS}{K_S + S} = \frac{S_0 - S}{\theta X} \quad (۲-۲)$$

معادله ۵-۳ با معکوس نمودن معادله شماره ۲-۲ بدست آمد:

$$\frac{X\,\theta}{S_0 - S} = \frac{K_S}{k}\frac{1}{S} + \frac{1}{k} \quad (۳-۲)$$

مقدار K_s و $\frac{1}{k}$ را می توان با رسم $\frac{X\,\theta}{S_0 - S}$ در مقابل $\frac{1}{S}$ محاسبه نمود. مقدار Y و k_d توسط معادله زیر محاسبه می گردد:

$$\frac{1}{\theta_c} = -Y\,\frac{r_{su}}{X} - k_d \quad (٤-۲)$$

با توجه به $r_{su} = -\frac{S_0 - S}{\theta}$ معادله ۲-٤ به صورت زیر به کار گرفته شد:

$$\frac{1}{\theta_c} = Y\frac{S_0 - S}{X\theta} - k_d \qquad (۵-۲)$$

با رسم $\frac{1}{\theta_c}$ در مقابل $\frac{S_0 - S}{X\theta}$ شیب خط حاصل برابر با Y و عرض از مبداء آن برابر با $-k_d$ می باشد.

۲-۳- تولید محیط کشت معدنی

برای انجام آزمایش ها در محیطی فاقد هرگونه منبع کربن محیط کشت زیر طراحی و در آزمایش ها برای تعیین ضرایب بیوسینتیک مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که در طول این مطالعه از نفت خام به عنوان تنها منبع کربن استفاه می گردد.

۰/۱ گرم در لیتر $MgSO_4$، ۰/۵ گرم در لیتر KH_2PO_4، ۰/۰۱ گرم در لیتر $CaCl_2.2H_2O$، ۰/۰۰۱ گرم در لیتر $FeSO_4$، ۱ گرم در لیتر $NaNO_3$، ۰/۵ گرم در لیتر K_2HPO_4 و pH نمونه به کمک محلول هیدروکسید سدیم بر روی ۷/۲ تنظیم شد.

۲-۳- افزایش تعداد میکروارگانیسم ها

جهت بررسی پارامترهای سینتیکی از اسلنتهای تهیه شده برای نگهداری سودوموناس آئروژنوزا به کمک لوپ آزمایشگاهی و در شرایط استریل مقدار میکروارگانیسم به محیط کشت مایع نوترینت آگار انتقال یافت. از ارلن مایرهای ۲۵۰ میلی لیتری که ۱۰۰ میلی لیتر از آن با محیط کشت مذکو پر شده بود برای کشت سودوموناس استفاده شد. کلیه مراحل انتقال و تلقیح باید در زیر هود میکروبی و در مقابل شعله انجام پذیرد تا از انتقال سایر میکروارگانیسم های موجود در هوا به محیط کشت جلوگیری شود. ارلن مایر حاوی محیط کشت در یک شیکر انکوباتور با شدت هوادهی ۱۵۰ دور در دقیقه و دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲٤ ساعت نگهداری شد. پس از این مدت میکرو ارگانیسم ها به شدت شروع به رشد نموده و محیط کشت به دلیل رشد آنها به شدت کدر شد. جهت جداسازی میکروارگانیم ها از محیط کشت طبق روشهای استاندارد از سانتریفوژ با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه استفاده گردید [۱۵، ۱٦، ۱۷]. مقدار میکروارگانیسم های اولیه اندازه گیری شد و از آنها در غلظت های یکسان برای تعیین پارامترهای سینتیکی استفاده شد.

۲-٤- تعیین پارامترهای سینتیکی

بـرای تعیین پارامترهای سینتیکی ۱۰ عدد ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری حاوی ۱۰۰ میلی لیتر محیط کشت معدنـی اسـتریل آمـاده گـردید و pH آن دقـیقاً بر روی ۷ تنظیم شد و در هر یک ۱ میلی لیتر نفت خام تـزریق شـد. ۵ عـدد از ارلـن مایـرها بدون تلقیح میکروارگانیسم و به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شـدند و ۵ عـدد دیگـر مـورد تلقـیح با میکرو ارگانیسم ها قرار گرفتند. کلیه ارلن مایرها در یک شیکر انکوباتـور بـا شـده هوادهـی ۱۵۰ دور در دقـیقه قرار گرفتند. در زمان های ٢٤ ساعت، ٣٦ ساعت، ٤٨ سـاعت، ٦٠ سـاعت و ٧٢ سـاعت دو ارلـن مایـر (یکـی نمـونه حاوی میکروارگانیسم و دیگری نمونه شـاهد) از شـیکرانکوباتور خـارج مـی شدند. و مقدار میکروارگانیسم های موجود در آن و مقدار نفت خـام باقی مانده اندازه گیری می شد [۱۵]. پس از گذشت ۷۲ ساعت و بدست آوردن مقادیر مورد نیاز میکروارگانیـسم مذکـور به تعداد کافی، اطلاعات بدست آمده در معادله اصلاح شده مونود قرار گرفت و میزان پارامترهای مورد نظر محاسبه گردید.

۲-۵- روشهای انجام آزمایش ها

برای اندازه گیری pH در این مطالعه از pHمتر دیجیتال استفاده شد. جهت اندازه گیری مقدار نفت خام موجـود در محیط از روش استاندارد ارائه شده توسط طلایی و همکارانش استفاده شد [۱۵، ١٦]. بدین مـنظور از یـک دسـتگاه اسـپکتروفتومتر بـا طـول مـوج قابـل تنظـیم ۱۹۰ الی ۲۵۰۰ نانومتر و ساخت JascoV-570 در طول موج ٤٠٠ نانومتر استفاده گردید. اندازه گیری میکروارگانیسم ها نیز به دوروش اسـپکتروفتومتری در طـول مـوج ٦٠٠ نانومتـر و انـدازه گیری کل جامدات معلق و به روش استاندارد انجام پذیرفت [١٦، ١٥].

۳ - نتایج

تحقیق در ضرایب بیوسینتیک پل ارتباطی تحقیقات آزمایشگاهی و صنعت می باشد. به همین دلیل بسیاری از محققین به ارزیابی این ضرایب نیز پرداخته اند. نتایج انجام آزمایش ها در این مطالعه برای تعیین ضرایب بیوسینتیک در جدول ۱ نمایش داده شده است که با کمک این اطلاعات و سایر جداول موجود در ادامه این گزارش ضرایب بیوسینتیک محاسبه گردیدند.

جدول۱- مقادیر بدست آمده از آزمایش های تعیین ضرایب بیوسینتیک

شماره	S_0 mg/l	S mg/l	$\theta = \theta$ d	X $mgVSS/l$
۱	۷	۱۲۶	٤	۷۸
۲	۱۳	۱۲۶	۲	۷۵
۳	۱۸	۱۲۶	۱/۵	۸۳
٤	۳۰	۱۲۶	۱	۷۹
۵	٤۱	۱۲۶	۰/۵	۷۱

برای تعیین ثوابت سینتیکی k و K_s در این مطالعه ابتدا از معادله زیر استفاده گشت:

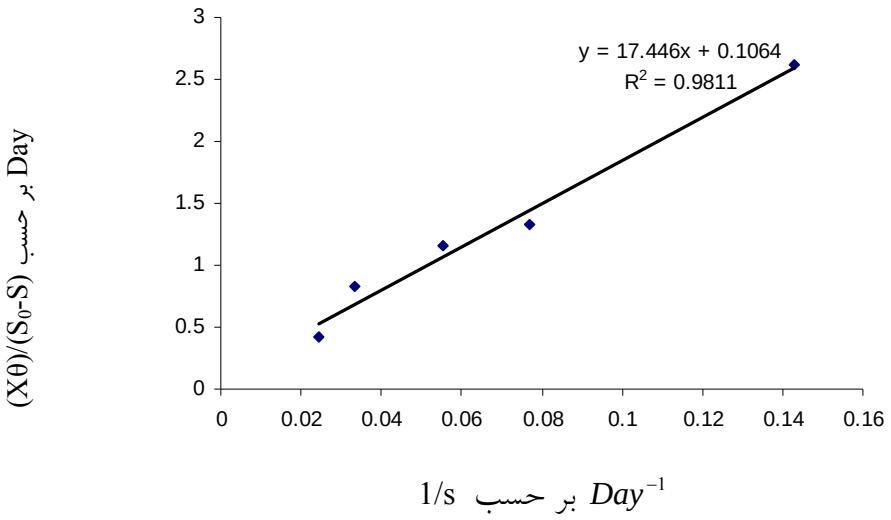
$$\frac{X\,\theta}{S_0 - S} = \frac{K_S}{k}\frac{1}{S} + \frac{1}{k} \qquad (۱-۳)$$

با استفاده از اطلاعات موجود در جدول ۲ معادله فوق را رسم گردید و با رسم $\frac{1}{S}$ برابر $\frac{X\theta}{S_0 - S}$ شیب خط حاصل از رگرسیون برابر $\frac{K_S}{k}$ و عرض از مبدا آن برابر $\frac{1}{k}$ می باشد.

جدول ۲- مقادیر مختلف $\frac{X\theta}{S_0 - S}$ و $\frac{1}{S}$ محاسبه شده

شماره	$\frac{1}{S}$	$\frac{X\theta}{S_0 - S}$
۱	۰/۱٤۲۸	۲/٦۲۱۸
۲	۰/۰۷٦۹	۱/۳۲۷٤
۳	۰/۰۵۵۵	۱/۱۵۲۷
٤	۰/۰۳۳۳	۰/۸۲۲۹
۵	۰/۰۲٤۳	۰/٤۱۷٦

در شکل ۱ نمودار رگرسیون بین $\frac{1}{S}$ و $\frac{X\theta}{S_0 - S}$ رسم گردیده و با کمک آن ضرایب k و K_s محاسبه گشته است.



شکل ۱- نمودار رگرسیون بین $\frac{1}{S}$ و $\frac{X\theta}{S_0 - S}$

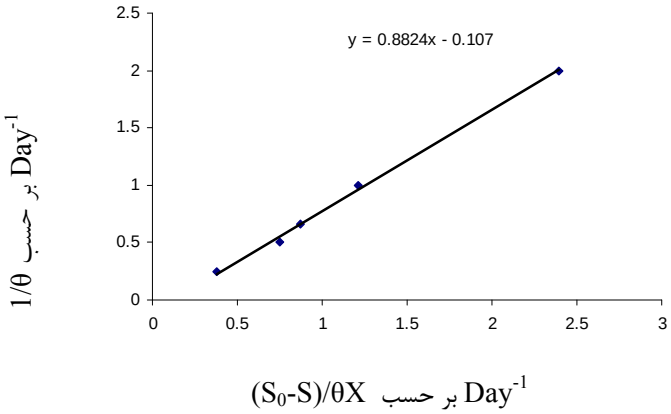
بنابر این میزان k برابر با d^{-1} ۹/۳۹ و میزان K_s برابر $mg/l.d$ ۱۶۹/۹۳ می باشد. در مرحله بعد به کمک معادله ۳-۲ مقدار Y و k_d با کمک معادله زیر و استفاده از داده های جدول ۳ تعیین می گردد. با رسم $\frac{(S_0 - S)}{X\theta}$ در برابر $\frac{1}{\theta}$ شیب خط برابر Y و عرض از مبدا برابر $-k_d$ می گردد.

$$\frac{1}{\theta_c} = Y\frac{S_0 - S}{X\theta} - k_d \qquad (۲-۳)$$

جدول ۳ - مقادیر مختلف $\frac{(S_0 - S)}{X\theta}$ و $\frac{1}{\theta}$ محاسبه شده

شماره	d^{-1} $\frac{1}{\theta}$	d^{-1} $\frac{(S_0 - S)}{X\theta}$
۱	۰/۲۵	۰/۳۸۱٤۱
۲	۰/۵	۰/۷۵۳۳۳
۳	۰/٦	۰/۸٦۷٤۷
٤	۱	۱/۲۱۵۱
۵	۲	۲/۳۹٤۳

در شکل ۲ نمودار رگرسیون خطی بین $\frac{1}{\theta}$ و $\frac{(S_0 - S)}{X\theta}$ رسم گردیده و مقادیر k_d و Y از آن محاسبه گردید.



شکل ۲- نمودار رگرسیون خطی بین $\frac{1}{\theta}$ و $\frac{(S_0 - S)}{X\theta}$

بنابر این میزان k_d برابر $۰/۱۰۷ d^{-1}$ و مقدار Y برابر با ۰/۸۸۲ محاسبه گردید. برای محاسبه $\mu_{\max}$ از معادله زیر استفاده شد:

$$\mu_{\max} = kY \qquad (۳)$$

با توجه به معادله فوق میزان $\mu_{\max}$ برابر $۸/۲۹۱\ d^{-1}$ محاسبه گردید.

٤- بحث و نتیجه گیری

مطالعات سینتیکی برای تعمیم امکان استفاده از نتایج تحقیقات در مقیاس صنعتی بسیار مهم می باشد. کنترل شرایط محیطی در تجزیه مواد آلی بسیار مهم است. شرایط محیطی را می توان با تنظیم pH، تنظیم دما، افزودن مواد مغذی یا عناصر کم یاب، افزودن یا کاستن اکسیژن محلول و اختلاط مناسب کنترل کرد. شرایط زیست محیطی سبب می شود که از وجود محیط مناسب برای رشد میکروارگانیسم ها اطمینان حاصل کرد.

برای اطمینان از رشد میکروارگانیسم ها باید اجازه دهیم میکروارگانیسم ها به مدت کافی در

سیستم باقی بمانند تا تکثیر شوند. این زمان به آهنگ رشد آنها بستگی دارد، که مستقیماً با آهنگ سوخت و ساز آنها یا آهنگ مصرف مواد زائد مرتبط است. اگر شرایط محیطی به درستی کنترل شده باشد، با کنترل آهنگ رشد میکروارگانیسم ها می توان از تثبیت موثر مواد زائد اطمینان یافت. به همین دلیل بیشتر محققین این مطالعات را نیز انجام می دهند.

در جدول ٤ مقادیر نمونه وار ضرایب بیوسینتیک مربوط به فاضلاب شهری نمایش داده شده است [۱۹]. همان طور که مشخص است مقادیر k_d و k در این مطالعه تقریباً در محدوده مقادیر مربوط به فاضلاب شهری در سیستم لجن فعال می باشد درحالی که مقادیر Y و K_s از حداکثر این مقادیر معمول، اندکی بیشتر است. میزان k محاسبه شده نشان دهنده این واقعیت می باشد که سرعت تصفیه فاضلابهای حاوی نفت خام محلول به کمک سودوموناس آئروژنوزا تقریباً در حدود سرعت تصفیه فاضلاب شهری در سیستم لجن فعال می باشد.

در سیستمهای باکتریایی مورد استفاده در تصفیه فاضلاب، توزیع سن سلولی به گونه ای است که همه سلولهای سیستم در مرحله رشد لگاریتمی نیستند. در نتیجه، رابطه رشد را باید به شکلی اصلاح کرد که انرژی لازم برای نگهداری سلول را توجیه کند [۱۹]. عوامل دیگری چون مرگ و میر و طعمه خواری را نیز باید در نظر داشت. معمولاً این عوامل را با هم یکی می کنند و فرض می کنند که کاهش جرم سلولی ناشی از این عوامل با غلظت ارگانیسم های موجود تناسب دارد. به همین دلیل از ضریب مرگ سلولی یا k_d استفاده می گردد. بطور معمول میزان k_d یا ضریب مرگ میر سلولی کمتر از سایر ضرایب بیوسینتیک می باشد که در این مطالعه نیز این ضریب کمتر از سایر ضرایب محاسبه شده است. میزان k_d محاسبه شده در این مطالعه در محدوده حداکثر این پارامتر در فاضلاب شهری می باشد. بالا بودن مرگ و میر باکتریها در این مطالعه به خاطر استفاده از کشت خالص نمی تواند به دلیل رقابت یا طعمه خواری باشد ولی این امر را می توان با وجود ترکیبات سمی موجود در نفت خام مانند ترکیبات آروماتیک که بیش از سایر ترکیبات نفتی در آب قابلیت حل شدن را دارند توجیه نمود.

در ارزیابی بازده کلی هر فرایند تصفیه بیولوژیکی وابستگی ثابتهای آهنگ واکنش بیولوژیکی به دما بسیار اهمیت دارد. دما نه تنها بر فعالیتهای سوخت و سازی جمعیت میکروبی اثر می گذارد، بلکه اثری وسیع بر عواملی چون آهنگهای انتقال گاز و ویژگیهای ته نشینی مواد جامد بیولوژیکی دارد. در این مطالعه از دمای ثابت ۳۰ درجه سانتیگراد برای انجام آزمایش ها استفاده گردید.

جدول ٤ - ضرایب بیوسینتیک معمول برای فرایند لجن فعال در تصفیه فاضلاب خانگی [۱۹]

ضرایب	واحد	مقادیر	
		محدوده	معمول
k	g bsCOD/g VSS.d	۱۰-۲	۵
K_s	mg/l BOD	۱۰۰-۲۵	٦۰
	mg/l bcCOD	٦۰-۱۰	٤۰
Y	mg VSS/mg BOD	۰/۸-۰/٤	۰/٦
	mg/l bcCOD	۰/٦-۰/۳	۰/٤
k_d	g VSS/g VSS.d	۰/۱۵-۰/۰٦	۰/۱

مقادیر فوق برای دمای ۲۰ درجه سانتیگراد گزارش گردیده است.

تلز در مطالعه ای مشابه که در آن به بررسی تصفیه آب آلوده به نفت تولیدی در چاههای نفت در یک سیستم لجن فعال متعارف پرداخته بود مقادیر ضرایب بیوسینتیک را به صورت زیر محاسبه نمود[۱۲]: Y برابر $mgVSS/mgTPH$ ۰/٤٤، K_s برابر $۱/۳٦ mg/l$، k برابر $۳/۲۸\ mgTPH/mgMLSS.d$ و k_d برابر $0.041/day$ محاسبه گردید. تلز در مطالعه خود توانست ۹۹ ٪ کل ترکیبات نفتی موجود در محیط را در طی مطالعات خود تجزیه نماید. همان طور که مشخص است مقادیر k_d, Y و k خصوصاً K_s در مطالعه مذکور کمتر از مقادیر محاسبه شده در این تحقیق بود. لازم به ذکر است که مواد نفتی که در مطالعه تلز و همکارانش مورد تجزیه قرار گرفت بخش محلول نفت موجود در آب به علاوه مقدار اندکی قطرات ریز شناور در آب بود لیکن در مطالعه حاضر محققین از نفت خام شناور بر روی سطح آب استفاده نمودند که دارای آلودگی بسیار بالاتری نسبت به مطالعه تلز بود.

ناکلا[9] و همکارانش [۲۰] در مطالعه خود بر روی مدل سازی سینتیک تجزیه بیولوژیک هوازی فاضلابهای حاوی روغن و چربی زیاد ضرایب بیوسینتیک خود را که بر پایه معادله مونود بود به صورت زیر محاسبه نمود. آنها این ضرایب را قبل و بعد از عبور فاضلاب خام از یک سیستم شناور سازی با هوای محلول به صورت درج شده در جدول ۵ محاسبه نمودند:

[9] Nakhla

جدول ۵ - ضرایب بیوسینتیک حاصل از مطالعات ناکلا در تصفیه فاضلابهای حاوی روغن و چربی

ضرایب بیوسینتیک قبل از عبور فاضلاب از سیستم شناور سازی با هوای محلول		ضرایب بیوسینتیک پس از عبور فاضلاب از سیستم شناور سازی با هوای محلول	
k (mgCOD/mgVSS.D)	٤/٧٧	k (mgCOD/mgVSS.D)	٤/٨٦
K_s (mg/l)	١٤٢٦٢	K_s (mg/l)	٢٥٣٤٨
Y (mgVSS/mgCOD)	٠/٥	Y (mgVSS/mgCOD)	٠/١٣٥

همان طور که در جدول ۵ مشخص است در مطالعه ناکلا به دلیل استفاده از فاضلابی با COD بسیار بالا که در محدوده ۱۳۱۵۰ الی ۲۳۳۷۵ میلی گرم در لیتر و همچنین تجزیه پذیری مناسب آن، مقدار ضریب K_s بسیار بالاتر از فاضلاب شهری بود که مقادیر نمونه وار آن قبلاً ذکر شده است.

با توجه به حلالیت کم ترکیبات تشکیل دهنده نفت خام در آب میزان ضریب K_s در مطالعه حاضر در مقایسه با مطالعه ناکلا بسیار کمتر و برابر با $mg/l.d$ ۱٦۹/۹۳ محاسبه گردید.

اولیورا[10] و همکارانش [۲۱] نیز به بررسی تجزیه بیولوژیکی فرمالدوئید در یک راکتور بی هوازی با بستر ثابت پرداختند. اولیورا در مطالعه خود به بررسی ضرایب بیوسینتیک راکتور خود پرداخت و با کمک معادله اصلاح شده منود توانست مقادیر این ضرایب را به صورت زیر بدست آورد:

K_s^{app} برابر با ۲٤۲/۸ میلی گرم فرمالدوئید بر لیتر و r_{max}^{app} برابر با $۲/۷۹\times۱۰^{-۳}$ میلی گرم فرمالدوئید بر میلی گرم جرم میکروبی در ساعت بود. ضریب همبستگی محاسبه شده در این مطالعه ۰/۸۸٥٤ بود.

بطور معمول ضرایب بیوسینتیک در مطالعات گوناگون بسیار متفاوت است. حتی در مطالعات مشابه و یا تکرار آنها نیز این جوابها اندکی تغییر می کند و این امر به دلیل تغییر در سوبسترا و یا ترکیبات مغذی ورودی مانند ترکیبات نیتروژنه می باشد [۲۲].

[10] Oliveira

منابع:

[1] Hua J., (2006) Biodegradation of dispersed marine fuel oil in sediment under engineered pre-spill application strategy, Ocean Engineering 33: 152–167.

[2] Vieira P.A., Vieira R.B., Franc F.P. de, Cardoso V.L. (2007) Biodegradation of effluent contaminated with diesel fuel and gasoline, Journal of Hazardous Materials 140:52–59.

[3] E.R.L. Tiburtius, P.P. Zamora, E.S. Leal, (2004) Contamination of waters by BTXs and processes used in the remediation of contaminated sites, Qu´ım. Nova 27: 1–16.

[4] B.K. Gogoi, N.N. Dutta, P. Goswami, T.R. Krishna Mohan, (2003) A case study of bioremediation of petroleum-hydrocarbon contaminated soil at a crude oil spill site, Adv. Environ. Res. 7: 767–782.

[5] G.T. Townsend, R.C. Prince, J.M. Suflita, (2004) Anaerobic biodegradation of alicyclic constituents of gasoline and natural gas condensate by bacteria from an anoxic aquifer, FEMS Microbiol. Ecol. 49: 129– 135.

[6] J.J. Kaluarachchi, V. Cvetkovic, S. Berglund, (2000) Stochastic analysis of oxygen- and nitrate-based biodegradation of hydrocarbons in aquifers, J. Cont. Hydrol. 41: 335–365

[7] K. Bielicka, E. Kaczorek, A. Olszanowski, A. Voelkel, (2002) Examination of biodegradation of hydrocarbons in emulsified systems, Poblish J. Environ. Stud. 11: 11–16.

[8] M.P. Diaz, S.J.W. Grigson, C.J. Peppiatt, J.G. Burgess, (2000) Isolation and characterization of novel hydrocarbon-degrading euryhaline consortia from crude oil and mangrove sediments, Mar. Biotech. 2: 522–532.

[9] S.S. Lakha, M. Miller, R.G. Campbell, K.S.P. Elahimanesh, M.M. Hart, J.T. Trevors, . (2005) Microbial gene expression in soil: methods, applications and challenges, J. Microbiol. Meth9–19.

[10] V.G. Grishchenkov, R.T. Townsend, T.J. Mcdonald, R.L. Autenrieth, J.S. Bonner, A.M. Boronin, (2000) Degradation of petroleum hydrocarbons by facultative anaerobic bacteria under aerobic and anaerobic conditions, Process Biochem. 35: 889–896.

[11] Li, Qingxin, Congbao Kang, changkai Zhang, "Waste water Produced from an Oilfield and Continuous Treatment with and Oil-Degrading Bacterium," Process Biochemistry, 40, 873-877, 2005

[12] Tellez, Gilbert T., N. Nirmalakhandan and Jorge L. Gardea-Torresdey, "Performance evaluation of an activated sludge system for removing petroleum hydrocarbons from oilfield produced water performance Evaluation of an Active Sludge System for Removing Petroleum Hydrocarbons from Oilfield Produced

water," Advances in Environmental Research 6, 455-470, 2002.

[13] Dibble J.T., Bartha R., "Effect of environmental parameters on the biodegradation of oil sludge," Applied and environmental microbiology, 1979, p. 729-739.

١٤- طلایی، امیر رضا، محمد رضا طلایی، نعمت اله جعفرزاده، "بهینه سازی حذف بیولوژیکی فاضلابهای حاوی گازوئیل شناور بر روی سطح آب"، پذیرفته شده در مجله علمی پژوهشی آب و فاضلاب، ۱۳۸۸.

۱۵- طلایی، امیر رضا، "بررسی امکان حذف نفت خام در محیط های آبی توسط میکروارگانیسم های خالص سازی شده"، پروژه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز، ۱۳۸٦.

١٦- جنیدی جعفری، احمد، امیر رضا طلایی، سهند جوفی، محمد مهدی مهربانی اردکانی، "بررسی تجزیه فرم آلدهید با کمک میکروارگانیسم های جدا شده از فاضلاب صنایع شیمیایی"، مجله علمی پژوهشی سلامت و کار ایران، ص:۷ ، ۱۳۸۸.

۱۷- طلایی، امیررضا، محمدرضا طلایی، سهند جرفی، محمدمهدی مهربانی، "تعیین پارامترهای سیتنیکی در تجزیه بیولوژیکی فاضلابهای حاوی متانول با غلظت بالا در سیستم SBR"، دومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، ۱۳۸۷.

[19] Metcalf & addy., Wastewater Engineering Treatment and Reuse, Tata McGraw-Hill Edition, 2003

[20] Nakhla, G., Liu, V., Bassi, A., 2006. Kinetic modeling of aerobic biodegradation of high oil and grease rendering wastewater. Bioresource Technology 97, 131-139.

[21] Oliverira S.V.W.B., Moraes E.M., Adorno M.A.T., Varesche M.B.A., Foresti E., Zaiat M., 2004. Formaldehyde degradation in an anaerobic packed-bed bioreactor. Water Research 38, 1685-1694.

[22] Laor, Y., Storm, P.F. and Farmer, W.J., 1999. Bioavailability of phenanthrene sorbed to mineral-associated humic acid. Wat. Res. 33(7) 1719-1729.