

# عوامل مؤثر بر انتخاب فرآیند تصفیه بیولوژیکی فاضلابهای صنعتی

\* دکتر امیر تائبی هرنیدی

## کلمات کلیدی:

فاضلاب صنعتی، تصفیه بیولوژیکی، فرآیند تصفیه، نیترات سازی، نیترات زدائی

## چکیده:

به دلیل روند روزافزون صنعتی شدن کشور به تدریج حجم فاضلابهای صنعتی افزایش یافته و پیش بینی می‌شود که در سال ۱۳۸۶ به ۱ تا ۱/۵ میلیارد متر مکعب برسد. با توجه به حجم زیاد و نیز گستردگی آلودگی این فاضلابها، ضرورت تصفیه آنها برای حفاظت از محیط زیست و بخصوص منابع آب کشور امر محرز می‌باشد. تصفیه بیولوژیکی فاضلابهای صنعتی از اقتصادی‌ترین و مؤثرترین روشهای تصفیه این گونه فاضلابها می‌باشد. انتخاب فرآیند مناسب تصفیه بیولوژیکی فاضلابها به عوامل متعددی بستگی دارد که مشخصات بار آلی فاضلاب و اهداف تصفیه از مهمترین آنها می‌باشند. امر انتخاب فرآیند برای تصفیه فاضلابهای صنعتی به واسطه مشخصات بسیار متغیر بار آلی آنها، به سادگی انتخاب فرآیند برای تصفیه فاضلابهای شهری که از مشخصات نسبتاً یکنواختی برخوردار هستند، نبوده و به این دلیل تدوین معیارهایی که راهگشای مهندس طراح باشد ضروری به نظر می‌رسد. هدف از این تحقیق ارائه اصول و ضوابط منطقی برای انتخاب فرآیند مناسب تصفیه بیولوژیکی هر فاضلاب صنعتی براساس مشخصات بار آلی و اهداف تصفیه آن می‌باشد. عواملی که در این مقاله به صورت یک نمودار ساده تدوین یافته‌اند، می‌توانند مهندس طراح را در امر انتخاب منطقی فرآیند مناسب برای تصفیه بیولوژیکی هر فاضلاب صنعتی هدایت نمایند.

## مقدمه:

کلی فاضلابهای شهری هرکشوری تقریباً ثابت است و ممکن است تغییرات اندکی در آنها مشاهده شود. با توجه به حجم زیاد فاضلابهای صنعتی کشور و نیز شدت و گستردگی آلودگی آنها، ضرورت تصفیه فاضلابهای صنعتی برای حفاظت از محیط زیست بخصوص منابع آب کشور محرز می‌باشد [۳، ۴].

در طی سالیان گذشته تصفیه بیولوژیکی به عنوان یک روش مؤثر و اقتصادی برای حل مسائل مدیریت فاضلابهای مختلف بکار گرفته شده و توسعه یافته است. تصفیه بیولوژیکی وقتی مورد بررسی قرار می‌گیرد که مواد آلی فاضلاب، قابل تجزیه بیولوژیکی باشد. مادامی که تصفیه‌پذیری بیولوژیکی فاضلاب مشخص باشد، باید مناسبترین فرآیند تصفیه بیولوژیکی را انتخاب نمود. فرآیندهای مختلف تصفیه بیولوژیکی در بسیاری از جنبه‌ها همچون گیرنده‌های الکترون (هوازی، ناکسیژنی یا بی‌هوازی)، حالت توده سلولی (رشد معلق یا رشد متصل)، رژیم هیدرولیکی (جریان نهرگونه، منقطع یا اختلاط کامل) و غیره با یکدیگر متفاوت هستند.

فرآیند مناسب برای تصفیه بیولوژیکی هر فاضلاب صنعتی اصولاً مبتنی بر مشخصات مواد آلی فاضلاب و استاندارد تخلیه پساب (اهداف تصفیه) می‌باشد. البته عوامل دیگری همچون شرایط اقلیمی، دسترسی به زمین و غیره نیز در انتخاب فرآیند مناسب مؤثر هستند و لیکن از اهمیت نسبتاً کمتری برخوردار می‌باشند. نظر به یکنواختی نسبی مشخصات فاضلابهای شهری انتخاب فرآیند برای تصفیه بیولوژیکی این فاضلابها اصولاً به مشخصات مواد آلی فاضلاب بستگی ندارد. هدف این تحقیق ارائه معیارهایی است که مهندس طراح را در امر انتخاب منطقی فرآیند برای تصفیه بیولوژیکی هر فاضلاب صنعتی خاص با توجه به مشخصات مواد آلی فاضلاب آن و نیز اهداف تصفیه رهنمون سازد.

## فرآیندهای مختلف تصفیه بیولوژیکی

اساس تصفیه بیولوژیکی، مصرف آلاینده‌های آلی توسط میکروارگانیسم‌ها برای رشد و بقای آنها می‌باشد. این مطلب را می‌توان با معادله ساده نیز نشان داد:

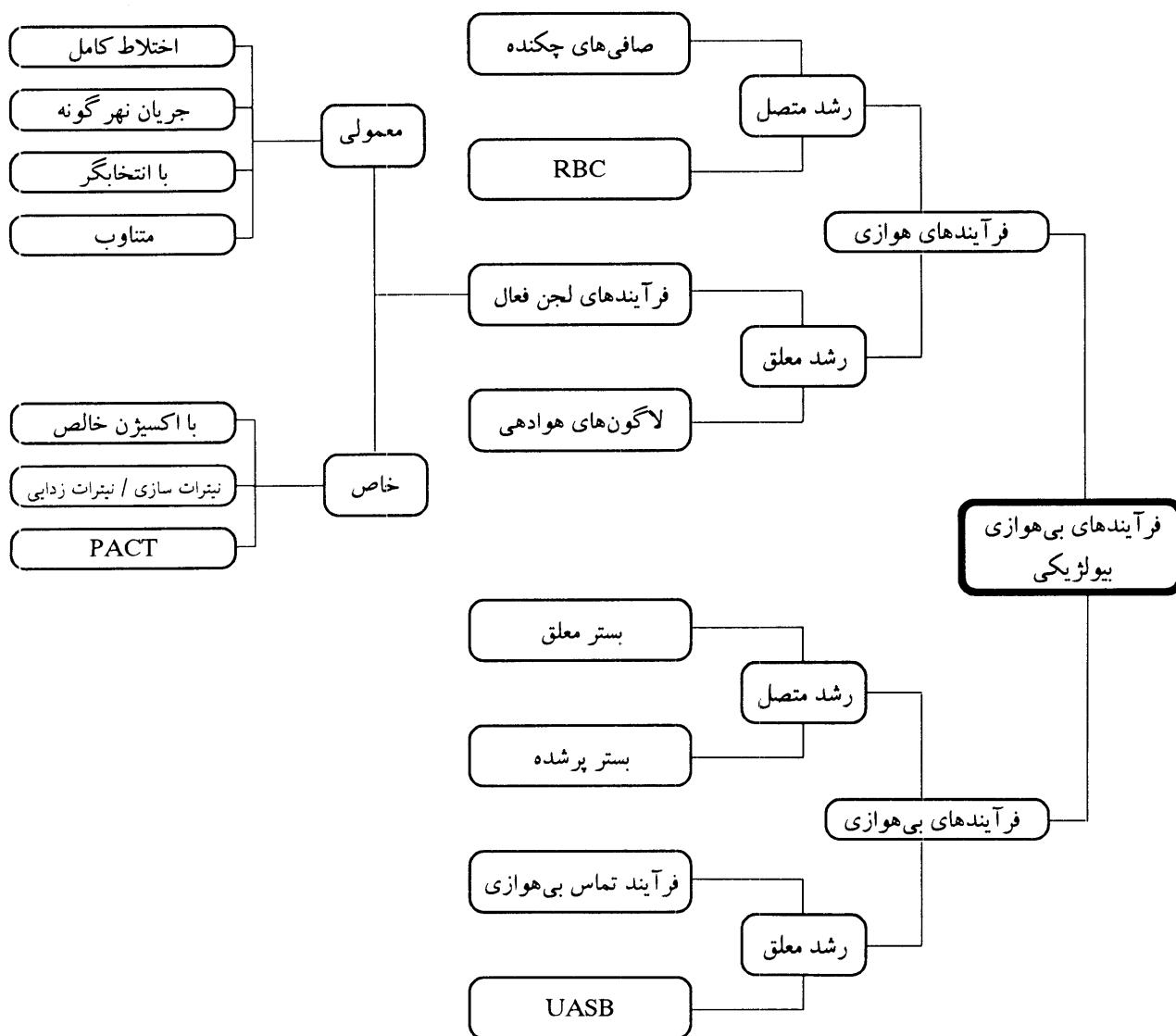
توده سلولی  
گیرنده الکترون + مواد مغذی + مواد آلی  
محصولات جنبی + توده سلولی جدید

حجم کل آب برداشتی کارگاههای صنعتی کشور در سالهای ۱۳۶۲ و ۱۳۶۶ به ترتیب معادل ۴۴۱/۹ و ۵۷۳/۶ میلیون متر مکعب بوده که ۴۶٪ آنها از منابع آب زیر زمینی و ۵۴٪ دیگر از منابع آب سطحی تأمین شده است. در این سالها حدود ۳۷٪ از حجم کل آب مصرفی صنایع در فرآیند تولید مصرف و یا تلف شده و بقیه به صورت فاضلاب به منابع آب زیر زمینی و سطحی تخلیه شده‌اند [۱]. در حال حاضر بیش از ۷۰۰۰ واحد صنعتی بزرگ مصرف کننده آب در سطح کشور فعالیت دارند که سالانه بیش از ۸۰۰ میلیون متر مکعب آب را مصرف و بخش عمده آن را به صورت فاضلاب به محیط زیست تخلیه می‌کنند [۲].

تولید صنعتی کشور و به دنبال آن حجم آب مورد نیاز صنایع و نیز حجم کل فاضلاب صنعتی کشور در سال ۱۳۶۸ براساس سناریوی «پایه» و «قابل قبول» پیش بینی شده است. در سناریوی «پایه» فرض شده است که روند گذشته فعالیت‌های تولیدی در آینده نیز کم و بیش ادامه پیدا کند و تکنولوژی تولید صنعتی از لحاظ آب‌بری محصول و فرآیند تولید نسبتاً ثابت بماند. در سناریوی «قابل قبول»، حداکثر بهره برداری از ظرفیت‌های تولیدی صنایع موجود، سرمایه‌گذاریهای جدید به منظور تأمین تقاضای روزافزون جمعیت و ایجاد اشتغال مولد برای آنها و نیز بهبود تکنولوژی تولید صنعتی از لحاظ آب‌بری محصول و فرآیند تولید در نظر گرفته شده است [۱].

حجم آب مورد نیاز صنایع کشور در سال ۱۳۶۸ براساس سناریوی «پایه» معادل ۱۴۱۸/۹ میلیون متر مکعب و براساس سناریوی «قابل قبول» معادل ۲۳۷۵/۰ میلیون متر مکعب پیش بینی می‌شود. در این سال حجم کل فاضلاب صنعتی کشور براساس سناریوی «پایه» معادل ۹۸۶/۸ میلیون متر مکعب و براساس سناریوی «قابل قبول» معادل ۱۶۰۴/۸ میلیون متر مکعب برآورده شده است [۱].

به دلیل تنوع فرآیندهای تولیدی صنایع مختلف، تعیین مشخصات کلی برای فاضلابهای صنعتی ممکن نیست. شدت آلودگی فاضلابهای صنعتی از چند هزار گرم تا چند گرم اکسیژن خواهی شیمیائی<sup>(۱)</sup> (COD) و اکسیژن خواهی بیوشیمیائی پنج روزه<sup>(۲)</sup> (BOD<sub>5</sub>) در متر مکعب متغیر است. برعکس، مشخصات



شکل شماره ۱

نااکسیژنی، نیتروژن نیتراتی، گوگرد سولفاتنی و یا کربن کربناتی به عنوان گیرنده الکترون عمل می‌کنند و به صورت گنازهای نیتروژن، سولفید هیدروژن و متان احیاء می‌شوند.

فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی را می‌توان به سیستم‌های هوازی رشد متصل یا رشد معلق طبقه‌بندی نمود. متداولترین سیستم‌ها هوازی رشد متصل، صافی‌های چکنده و تماس دهنده‌های بیولوژیکی چرخان<sup>(۳)</sup> (RBC) می‌باشند. لاگونهای هوادهی و فرآیندهای لجن فعال از سیستم‌های مهم هوازی رشد معلق می‌باشند. فرآیندهای لجن فعال به رژیم هیدرولیکی همچون

فرآیندهای بیولوژیکی از نظر ماهیت گیرنده الکترون و شکل‌بندی سیستم با یکدیگر متفاوتند. شکل ۱ متداولترین فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی را نشان می‌دهد [۵ تا ۱۴].

بر مبنای گیرنده الکترون، فرآیندهای تصفیه زیست شناختی را می‌توان در دو گروه کلی هوازی یا بی‌هوازی طبقه‌بندی نمود. در فرآیند هوازی، اکسیژن مولکولی به عنوان گیرنده الکترون باید در محیط موجود باشد. در فرآیند بی‌هوازی، اکسیژن محلول مولکولی عامل مسموم‌کننده هست و بعضی از شکل‌های کربن یا گوگرد نقش گیرنده الکترون را ایفا می‌کنند. در سیستم‌های

نیز بر انتخاب فرآیند تأثیر می‌گذارند، اما به دلیل اهمیت نسبتاً کم، مورد بحث قرار نمی‌گیرند.

### ۱ - مشخصات بار آلی فاضلاب

مشخصات زیست تجزیه پذیری بیولوژیکی مواد آلی فاضلابها از مهمترین عوامل در امر انتخاب فرآیند تصفیه بیولوژیکی می‌باشند. طبقه‌بندی مواد آلی فاضلابها بر مبنای تجزیه پذیری بیولوژیکی آنها در شکل ۲ نشان داده شده است [۵ و ۶]. مواد غیر محلول به دلیل گیرافتادن در توده سلولی یا جداسازی فیزیکی، نسبتاً به راحتی در هر تصفیه بیولوژیکی حذف می‌شوند. مواد آلی محلولی که جذب توده سلولی می‌شوند نسبتاً به راحتی حذف می‌شوند، هر چند بخشی از چنین مواد آلی ممکن است به کندی تجزیه شوند. مواد محلول غیر قابل تجزیه بیولوژیکی در فاضلاب تصفیه شده باقی می‌مانند.

از دیگر مشخصات فاضلابها که در انتخاب فرآیند تأثیر دارند. غلظت مواد آلی و وجود ترکیبات مغذی، سمی یا باز دارنده می‌باشند.

### ۲ - اهداف تصفیه

اهداف تصفیه (یا کیفیت تخلیه پساب) نقش مهمی در انتخاب فرآیند دارند. هدف اصلی تصفیه در سیستم‌های بیولوژیکی حذف مواد آلی زیست تجزیه پذیر تا حد مجاز مقرر شده در

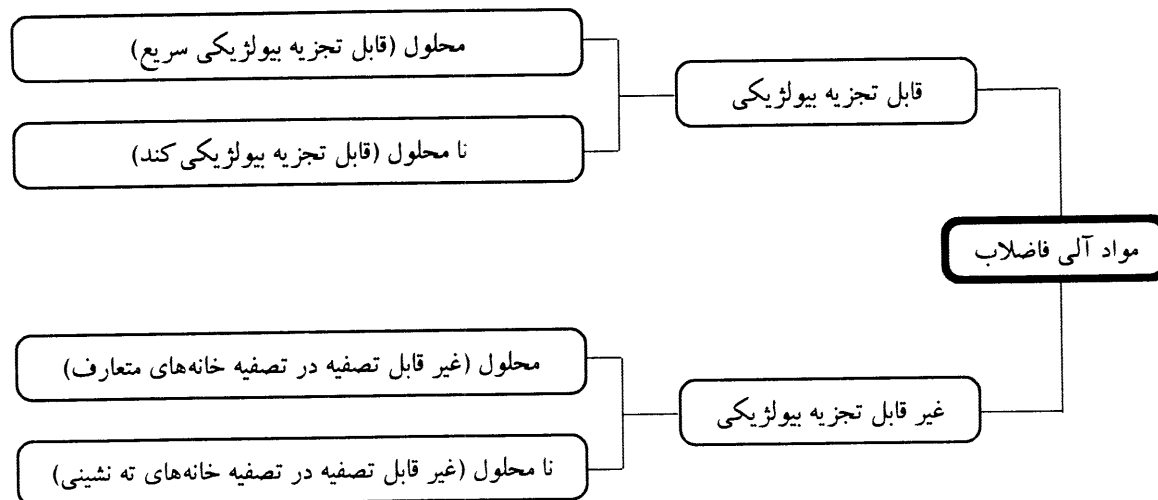
جریان نهرگونه، اختلاط کامل، فرآیند متناوب یا نوع انتخابگر با یکدیگر یکسان نیستند. در حالات خاص نیز سیستم‌های لجن فعال اکسیژن خالص، PACT یا نترات سازی / نترات زدائی بکار می‌روند [۸، ۱۰، ۱۱ و ۱۵].

همانگونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، تصفیه بی‌هوازی را نیز می‌توان به فرآیندهای رشد معلق و متصل تقسیم بندی نمود. سیستم بی‌هوازی رشد معلق به فرآیند تماس بی‌هوازی نیز موسوم است و شبیه به لجن فعال می‌باشد، با این تفاوت که در آن از اکسیژن استفاده نمی‌شود. سیستم‌های بی‌هوازی رشد متصل شامل بسترهای معلق و بسترهای پر شده می‌باشند. فرآیند پتوی لجن بی‌هوازی با جریان صعودی (UASB) (۴)، یک سیستم دوگانه رشد معلق و متصل می‌باشد.

به غیر از فرآیندهای متداول که در شکل ۱ نشان داده شده‌اند، انواع فرآیندهای دیگر شامل فرآیندهای اصلاح شده و فرآیندهای ترکیبی و نیز سیستم‌های طبیعی وجود دارند.

### داده‌های مورد نیاز

مشخصات بار آلی فاضلاب و خام و اهداف تصفیه از مهمترین داده‌های مورد نیاز در انتخاب فرآیند مناسب برای تصفیه بیولوژیکی فاضلابهای صنعتی می‌باشند. داده‌های دیگر همچون شرایط اقلیمی، موقعیت تصفیه خانه، دسترسی به زمین، هزینه‌های سرمایه گذاری اولیه و راهبری، مقدار فاضلاب و غیره



شکل شماره ۲

استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست می باشد. حذف مواد مغذی، کاهش سمیت فاضلاب و حذف مواد آلی زیست تجزیه ناپذیر نیز می توانند از دیگر اهداف تصفیه باشند. بنابراین در انتخاب فرآیند مناسب باید عملکرد فرآیندهای مختلف تصفیه برای رسیدن به حذف مواد فاضلاب تا سطح استاندارد مصوب ملی و جهانی مورد ارزیابی قرار گیرند.

یکی از محدودیتهای عمده فرآیند بی هوازی آن است که به طور اقتصادی نمی تواند به سطح عملکرد بالا، همچون BOD فاضلاب تصفیه شده کمتر از ۲۰ mg/l دست یابد. بکارگیری تصفیه بی هوازی به عنوان پیش تصفیه فاضلابهای صنعتی به شدت آلوده و سپس استفاده از تصفیه تکمیلی هوازی، عملی اقتصادی می باشد [۵، ۱۶ تا ۱۸].

## بحث در باره فرآیندها

وقتی که داده های مورد نیاز مشخص شدند، مهندس طراح می تواند نسبت به غربال نمودن فرآیندها و در نهایت انتخاب فرآیند مناسب اقدام کند. بعضی از معیارها و استدلال هائی که به طراح در این امر کمک می نمایند مورد بحث قرار می گیرند.

### ۱ - تصفیه هوازی در مقابل بی هوازی

فرآیندهای هوازی و بی هوازی در جدول ۱ مورد مقایسه قرار گرفته اند. تفاوت بین دو فرآیند در اصل از تفاوت گیرنده های الکترون آنها ناشی می شود. در فرآیندهای هوازی، اکسیژن مولکولی محلول نقش گیرنده الکترون را به عهده دارد و رشد سلولی از بازدهی بیشتری برخوردار است. بنابراین در این فرآیند، لجن بیشتری تولید شده، به انرژی زیادتری نیاز است و احتمال تولید بو نیز کمتر است. فرآیند بی هوازی به شرایط محیطی (pH،

### ۲ - واکنش گاههای رشد معلق در مقابل رشد متصل

واکنش گاههای بیولوژیکی به دو گروه رشد معلق و رشد متصل تقسیم می شوند. در واکنش گاههای رشد معلق، تجزیه پذیری بیولوژیکی توسط توده سلولی که در فاز مایع معلق هستند، صورت می گیرد. در واکنش گاههای رشد متصل، توده سلولی به یک محیط ثابت متصل است. در مقایسه با واکنش گاههای رشد معلق، قابلیت عمده واکنش گاههای رشد متصل در بهره برداری ساده آنها است که بخصوص کاربرد آنها را برای مناطق دورافتاده و مقادیر کم فاضلاب، مناسب نموده است. در ضمن به واسطه غلظت نسبتاً بالای توده سلولی متصل به سطوح ثابت، این واکنش گاهها می توانند بار بیشتری را به ازاء واحد حجم واکنش گاه بپذیرند و این امر انتخاب آنها را در جایی که زمین محدود است توجیه

جدول شماره ۱

عنوان	هوازی	بی هوازی
نیاز به هوادهی	دارد	ندارد
میزان تصفیه پذیری	زیاد (بیش از ۹۵٪)	متوسط (۶۰ تا ۸۰ درصد)
تولید لجن	زیاد	کم
پایداری سیستم به ترکیبات سمی		
بار آلی ناگهانی	متوسط تا زیاد	کم تا متوسط
زمان راه اندازی	۲ تا ۴ هفته	۲ تا ۴ ماه
نیاز به مواد مغذی	زیاد برای بعضی از فاضلابهای صنعتی	کم
پتانسیل ایجاد بو	کم	زیاد
نیاز به قلیائیت	کم	زیاد برای بعضی از فاضلابهای صنعتی
تولید گاز متان	خیر	بلی

بخصوص وقتی اهمیت می‌یابد که ماهیت فاضلاب ناشناخته باشد. چون در سیستم‌های رشد متصل رسیدن به بازدهی بالای حذف BOD، اقتصادی نیست، بهتر است اینگونه سیستم‌ها به عنوان مرحله تصفیه مقدماتی قبل از مرحله تصفیه تکمیلی که معمولاً توسط فرآیند رشد معلق انجام می‌گیرد، بکار برده شوند.

### ۳ - سیستم‌های هوازی رشد معلق

سیستم‌های هوازی رشد معلق از متداولترین سیستم‌های تصفیه بیولوژیکی برای فاضلابهای صنعتی هستند و بر مبنای مشخصات فاضلاب و ملزومات تصفیه، در سه دسته مورد بحث قرار می‌گیرند که عبارتند از:

- ۱ - فاضلابهای حاوی مواد آلی تجزیه‌پذیر بیولوژیکی و ترکیبات غیر باز دارنده.
- ۲ - فاضلابهای حاوی مواد آلی نیمه تجزیه‌پذیر یا ترکیبات باز دارنده.
- ۳ - فاضلابهای ملزم به حذف نیتروژن و فسفر.

#### فاضلابهای حاوی مواد آلی تجزیه‌پذیر بیولوژیکی و ترکیبات

##### غیر باز دارنده

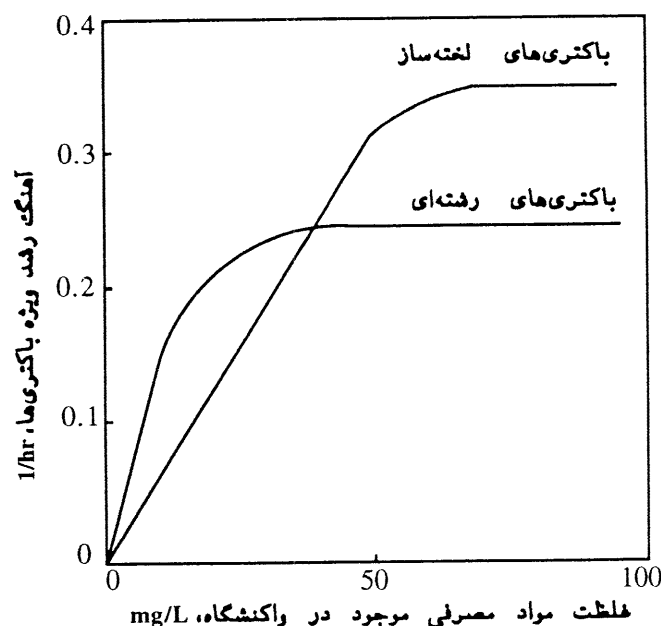
فاضلابهای حاوی مواد آلی تجزیه‌پذیر و ترکیبات غیر باز

می‌نماید. بعلاوه لجن تولید شده در واکنش‌گاههای رشد متصل به دلیل ماهیت فشرده لایه‌های میکروبی که از سطوح ثابت کنده می‌شوند، از مشخصات ته نشینی بهتری برخوردار می‌باشند. این موضوع بخصوص وقتی اهمیت می‌یابد که تولید لجن با مشخصات ته نشینی ضعیف در واکنش‌گاههای رشد معلق دور از انتظار نباشد. تجربیات نشان داده‌اند که واکنش‌گاههای رشد متصل در مقایسه با سیستم‌های رشد معلق کمتر تحت تأثیر بارهای ناگهانی قرار می‌گیرند.

عیوب عمده واکنش‌گاههای رشد متصل در مقایسه با سیستم‌های رشد معلق راهبری با انعطاف‌پذیری کمتر، مشکل در رسیدن به بازدهی بالای حذف BOD و حساسیت بیشتر آنها به شرایط هوای سرد می‌باشند. از دیگر موانع عمده کاربرد سیستم‌های رشد متصل درک کمتر از آنها و در نتیجه پیشرفت کم در امر مدلسازی و طراحی آنها نسبت به سیستم‌های رشد معلق می‌باشد. اشکال اخیر دو اثر عمده دارد:

اثر اول، در بسیاری از حالات واکنش‌گاههای رشد متصل نادرست طراحی می‌شوند که باعث طراحی دست بالا<sup>(۱)</sup> یا طراحی دست کم<sup>(۲)</sup> آنها می‌شود.

اثر دوم، بسیار مشکل است که کارکرد سیستم اصلی را بتوان از روی کارکرد سیستم آزمایشگاهی پیش بینی نمود. اشکال دومی



شکل شماره ۳

در کاهش غلظت مواد آلی تجزیه‌ناپذیر فاضلاب تصفیه شده، قابلیت جذب ترکیبات بازدارنده موجود در فاضلاب بعضی از صنایع و لذا کاهش اثر بازدارندگی آنها و قابلیت در کاهش مواد آلی سمی فاضلاب.

#### فاضلابهای ملزم به حذف نیتروژن و فسفر

گاهی سیستم‌های تصفیه باید به گونه‌ای طراحی شوند که قادر به حذف نیتروژن و فسفر از فاضلابهای حاوی ترکیبات نیتروژنه و فسفره باشند و این بدان دلیل است که استاندارد تخلیه پساب، غلظت ترکیبات نیتروژنی و فسفوری را محدود نموده است. در اکثر حالات، نیتروژن فاضلاب خام به شکل نیتروژن آلی یا آمونیاکی است و سیستم تصفیه بیولوژیکی را می‌توان به گونه‌ای طراحی نمود که در آن فرآیند نیترات سازی، یعنی تبدیل تمام نیتروژن آلی و آمونیاک به شکل نیترات ( $\text{NO}_3$ ) صورت پذیرد. فرآیند نیترات سازی را می‌توان در هر سیستم لجن فعال با تصحیح زمان ماند لجن تحقق بخشید. زمان ماند لجن برای نیترات سازی ماهیت فاضلاب و دمای راهبری بستگی دارد. سیستم‌های دو مرحله‌ای حذف BOD و نیترات سازی را نیز می‌توان برای تصفیه فاضلابهای صنعتی طراحی نمود.

حذف کامل نیتروژن با عمل نیترات زدائی از فاضلابی که نیترات سازی شده، انجام می‌گیرد. برای فاضلابهای صنعتی، این فرآیند را می‌توان با یکی از دو سیستم اساسی دو مرحله‌ای (شکل ۴ الف) یا تک مرحله‌ای با بازگردش مایع مخلوط (شکل ۴ ب) انجام داد. تاکنون اصلاحات متعددی نیز روی این دو سیستم اساسی صورت گرفته‌اند. سیستم تک مرحله‌ای دارای چندین مزیت اقتصادی از قبیل: نیاز به یک حوض ته نشینی، عدم نیاز به منبع کربن خارجی، مصرف کمتر مواد شیمیائی خنثی‌کننده و نیاز به اکسیژن کمتر می‌باشد [۷، ۱۹ تا ۲۳].

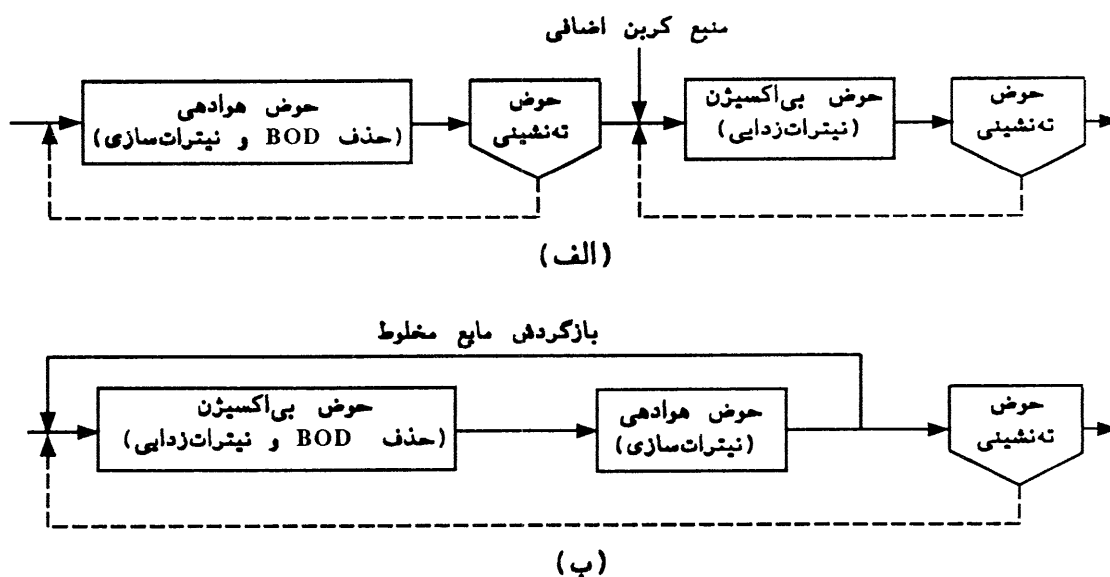
حذف بیولوژیکی فسفر در فرآیند لجن فعال در توالی بی‌هوایی - هوایی صورت می‌گیرد. تاکنون چندین فرآیند تجارتي حذف بیولوژیکی فسفر ارائه شده که فرآیندهای فستریپ<sup>(۷)</sup>، A/O<sup>(۸)</sup> و پاردفنو اصلاح شده<sup>(۹)</sup> از جمله آنها می‌باشند. به خاطر جلوگیری از طولانی شدن مقاله از ذکر جزئیات این فرآیند<sup>۹</sup> خودداری شده و علاقمندان اطلاعات بیشتر می‌توانند از مراجع [۷، ۲۳ تا ۲۵] استفاده نمایند.

دارنده هستند را می‌توان با هر یک از فرآیندهای لجن فعال تصفیه نمود. نکته اصلی در انتخاب فرآیند مناسب لجن فعال، آهنک و گستره تجزیه پذیری بیولوژیکی مواد آلی محلول فاضلاب است. مواد آلی محلول که به سرعت و سهولت تجزیه می‌شوند، منبع غذایی اصلی برای رشد باکتریهای رشته‌ای می‌باشند.

منحنی‌های نوعی آهنک رشد باکتری‌های رشته‌ای و لخته ساز در شکل ۳ نشان داده شده‌اند. این شکل نشان می‌دهد که تحت غلظت‌های یکنواخت و کم مواد مصرفی (آلی، مغذی و اکسیژن) باکتریهای رشته‌ای بر باکتریهای لخته ساز غالب می‌شوند، در صورتیکه در غلظتهای غیر یکنواخت و بالای مواد مصرفی عکس آن اتفاق می‌افتد. در سیستم اختلاط کامل که غلظت مواد مصرفی در داخل واکنش‌گاه کم و یکنواخت (مساوی غلظت خروجی واکنش‌گاه) می‌باشد، پتانسیل غالب شدن شکل دهنده‌های رشته‌ای و به دنبال آن وجود مشکل بالکینگ بسیار زیاد است. بنابراین سیستم تصفیه‌ای باید اندیشیده شود که شرایط مطلوب را برای رشد باکتریهای رشته‌ای نداشته باشد. شرایط مطلوب در منطقه ورودی واکنش‌گاه جریان نهرگونه یا فاز اولیه از سیستم ناپوسته یا منقطع که غلظت مواد مصرفی زیاد است، برقرار می‌باشد.

روش دیگر برای غالب شدن باکتریهای شکل دهنده لخته، استفاده از انتخابگر است. در انتخابگر، مواد آلی تجزیه‌پذیر سریعاً جذب باکتریهای لخته ساز می‌شوند و شرایط برای رشد باکتریهای رشته‌ای نامساعد می‌باشد. انتخابگرها معمولاً برای زمان ماند ۱۵ تا ۳۰ دقیقه طراحی می‌شوند و در اکثر حالات این مدت زمان ماند برای جذب مواد آلی توسط باکتریهای لخته‌ساز کافی است.

**فاضلابهای حاوی مواد آلی نیمه تجزیه‌پذیر یا ترکیبات بازدارنده**  
فاضلابهایی که بخشی از مواد آلی آنها تجزیه‌ناپذیر بوده یا حاوی ترکیبات بازدارنده تصفیه بیولوژیکی می‌باشند را می‌توان در سیستمی مرکب از فرآیند بیولوژیکی و فرآیند فیزیکی جذب سطحی تصفیه نمود. در سالهای اخیر اضافه نمودن کربن فعال به واکنش‌گاههای لجن فعال (موسوم به واکنش‌گاههای PACT) در آزمایشگاه و نیز ابعاد حقیقی مورد مطالعه وسیع قرار گرفته‌اند. این مطالعات نشان داده‌اند که واکنش‌گاههای PACT از چندین مزیت نسبت به سیستم‌های متداول برخوردار هستند. این مزایا عبارتند از: قابلیت



شکل شماره ۴

## تدوین معیارها

۲ - گستره وسیع مشخصات بار آلی فاضلابهای صنعتی، ضرورت تدوین معیارهای انتخاب فرآیند مناسب برای تصفیه بیولوژیکی این فاضلابها را براساس مشخصات بار آلی آنها و نیز دیگر پارامترها محرز می نماید. پارامتر مشخصات بار آلی فاضلاب که مهمترین پارامتر در انتخاب فرآیند برای تصفیه فاضلابهای صنعتی است، در مورد انتخاب فرآیند برای تصفیه بیولوژیکی فاضلابهای شهری که مشخصات تقریباً یکنواختی دارند از اهمیت چندانی برخوردار نمی باشد.

۳ - معیارهای انتخاب فرآیند برای تصفیه بیولوژیکی فاضلابهای صنعتی براساس مشخصات مواد آلی و نیز اهداف تصفیه به صورت شکل شماره ۵ تدوین شده اند. در امر تهیه این نمودار از ویژگیهای تصفیه هوازی در مقابل بی هوازی، واکنش گاه رشد معلق در مقابل رشد متصل و نیز سیستم های مختلف رشد معلق استفاده شده است. نمودار شکل شماره ۵ مهندس طراح را در انتخاب منطقی فرآیند مناسب هدایت می نماید.

۴ - با توجه به مبانی و رویکرد ارائه شده در این تحقیق، پیشنهاد می گردد که معیارهای جامع تری تحقیق و تدوین گردند تا علاوه بر پارامترهای در نظر گرفته شده فعلی، و دیگر شرایط پارامترهای مواجهه در عمل را نیز در برگیرند.

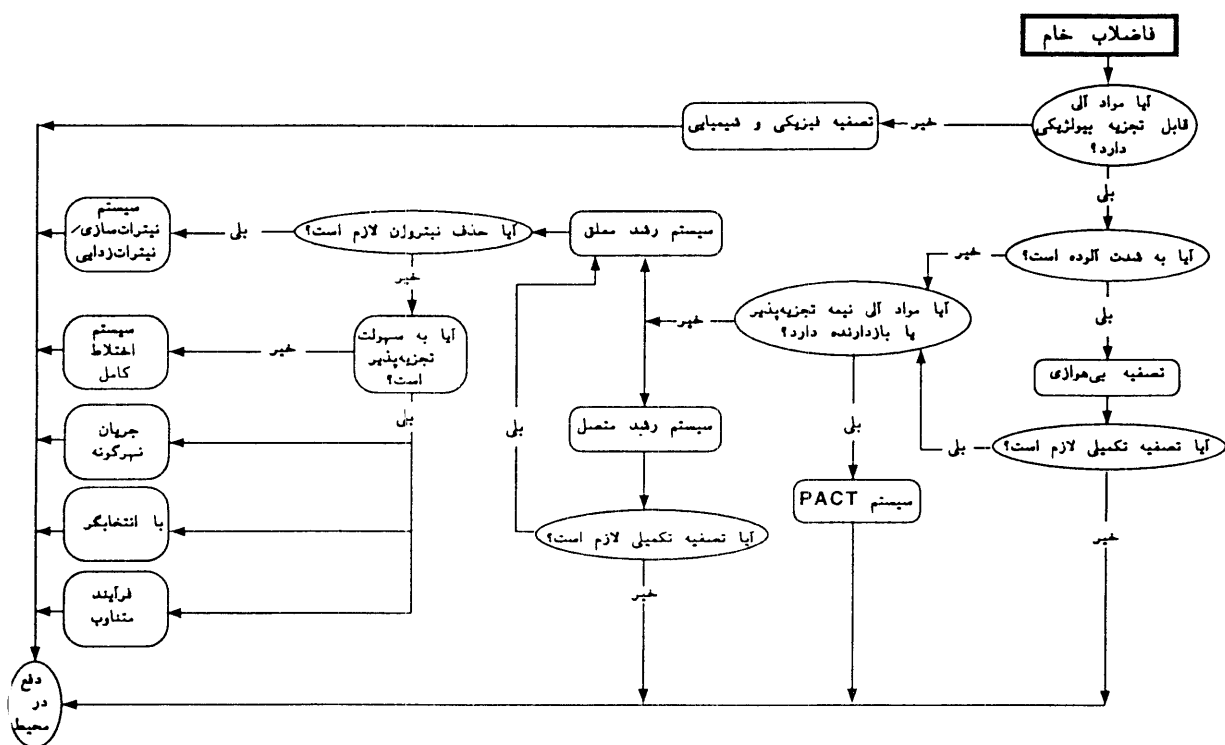
با توجه به مشخصات فاضلاب و اهداف تصفیه و نیز با توجه به بحثهایی که در امر انتخاب فرآیند به عمل آمد، معیارهای ساده و عملی به صورت نمودار شکل شماره ۵ برای مهندس طراح تدوین گردیده اند. نمودار به گونه ای مدون شده که بتواند مهندس طراح را در امر انتخاب فرآیند مناسب برای تصفیه بیولوژیکی هر فاضلاب صنعتی راهنمایی کند. به طور مثال، اگر فاضلابی به شدت آلوده بوده و مواد آلی آن نیز به سهولت تجزیه پذیر باشند و استانداردهای محلی یا ملی حد مجاز BOD پساب تصفیه خانه را  $20 \text{ mg/l}$  تعیین کرده باشند، از شکل شماره ۵ نتیجه می شود که تصفیه بی هوازی به عنوان پیش تصفیه و سپس لجن فعال با جریان نهرگونه یا با انتخابگر می توانند انتخاب مناسب برای تصفیه این فاضلاب باشند.

## نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق عبارتند از:

۱ - با توجه به حجم زیاد فاضلابهای صنعتی کشور (در حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد حجم فاضلابهای شهری کشور) و آلودگی متغیر و گسترده آنها، برنامه ریزی و سرمایه گذاری برای تصفیه این فاضلابها به خاطر حفاظت از محیط زیست بسیار ضروری است.





شکل شماره ۵

منابع:

- 1 - مردوخی، ب. ۱۳۷۴. آب و صنعت در ایران، بخش دوم: آب بری و پیش بینی آب مورد نیاز صنعت در آینده، آب و توسعه، فصلنامه امور آب - وزارت نیرو، سال سوم، شماره ۱، صفحات ۶ تا ۱۸.
- 2 - محمودیان، س. ع. ۱۳۷۵. بحران‌های آلودگی منابع آب کشور، بولتن کمیسیون آب، شورای پژوهشهای علمی کشور، شماره ۱۷، صفحات ۲ تا ۱۹.
- 3 - Corbitt, R. A. 1990. Standard Handbook of Environmental Engineering, McGraw - Hill, Inc., New York.
- 4 - Lapedes, D. N. 1974. McGraw-Hill Encyclopedia of Environmental Science, McGraw-Hill Book Company, New York.
- 5 - Eckenfelder, W. W. 1989. Industrial Water Pollution Control, McGraw-Hill Book Company, New York.
- 6 - Eckenfelder, W. W., Argaman, Y. and Miller, E.
- 7 - Tchobanoglous, G. and Burton, F. L. 1991. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse, 3rd edition, Metcalf & Eddy, Inc., McGraw-Hill, Inc., New York.
- 8 - Mays, L. W. 1996. Water Resources Handbook, McGraw-Hill, New York.
- 9 - Schroeder, E. D. 1977. Water and Wastewater Treatment, McGraw-Hill, Inc., New York.
- 10 - Winkler, M. A. 1981. Biological Treatment of Waste-Water, Ellis Horwood Ltd., Chichester, England.
- 11 - Eckenfelder, W. W. and Grau, P. 1992. Activated Sudge Process Design and Control: Theory and Practice, Water Quality Management Library-Volume 1, Technomic Publishing Company,
- 12 - 1989. Biological Treatment of Industrial Wastewater, Environmental Progress, 8, (1): 40-45.

- 19 - Water Pollution Control Federation. 1983. Nutrient Control, Manual of Practice No. FD-7, WPCF, Alexandria, Virginia.
- 20 - Prosser, J. I. 1986. Nitrification, Special Publications of the Society for General Microbiology-Volume 20, IRL Press Limited, Oxford, England.
- 21 - U. S. Environmental Protection Agency. 1993. Manual Nitrogen Control, EPA/625/R-93/010, Washington, D.C.
- 22 - Randall, C. W., Barnard, J. L. and Stensel, H. D. 1992. Design and Retrofit of Wastewater Treatment Plants for Biological Nutrient Removal, Water Quality Management Library-Volume 5, Technomic Publishing Company, Lancaster, Pennsylvania.
- 23 - Sedlak, R. I. I. 1991. Phosphorus and Nitrogen Removal from Municipal Wastewater: Principles and Practice, 2nd edition, Lewis Publishers, New York.
- 24 - Droste, R. L. 1991. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- 25 - U. S. Environmental Protection Agency. 1987. Design Manual Phosphorus Removal, EPA/625/1-87/001, Cincinnati, Ohio.
- Lancaster, Pennsylvania.
- 12 - Reed, S. C., Middlebrooks, E. J. and Crites, R. W. 1995. Natural Systems for Waste Management and Treatment, 2nd edition, McGraw-Hill, New York.
- 13 - Water Pollution Control Federation. Natural Systems for Wastewater Treatment, Manual of Practice FD-16, WPCF, Alexandria, Virginia, 1990.
- 14 - U. S. Environmental Protection Agency. 1981. Process Design Manual for Land Treatment of Municipal Wastewater, EPA 625/1-81-013, Cincinnati, Ohio.
- 15 - Water Pollution Control Federation. 1987. Activated Sludge, Manual of Practice No. OM-9, WPCF, Alexandria, Virginia.
- 16 - Malina, J. F. and Pohland, F. G. 1992. Design of Anaerobic Processes for the Treatment of Industrial and Municipal Wastes, Water Quality Management Library-Volume 7, Technomic Publishing Company, Lancaster, Pennsylvania.
- 17 - Water Environment Federation. 1991. Design of Municipal Wastewater Treatment Plants, Vol. I: chapters 1-12 and Vol. II: chapters 13-20, WEF Manual of Practice No. 8, Alexandria, Virginia.
- 18 - Gray, N. F. 1989. Biology of Wastewater Treatment, Oxford University Press, Oxford, England.