



گزارش نهایی

مطالعه تطبیقی سیستم های تصفیه پساب پالایشگاه های کشور



کارفرما: امور تحقیق و توسعه شرکت ملی پخش و پالایش

مجری: باشگاه دانش پژوهان جوان

آذر ماه ۸۱ (بازنگری اسفندماه)

مسئول پروژه: مهرک محمودی

همکاران پروژه:

علیرضا کاظم پور

مسعود طهماسب نژاد

مریم عزیزی

احمد خاویاری

ناظر فنی: خانم فرخ فدایی (امور پژوهش و توسعه شرکت ملی پالایش و پخش نفت)

تقدیر و تشکر:

با تشکر فراوان از آقای مهندس امیری رئیس محترم امور تحقیق و توسعه شرکت ملی پالایش و پخش فراورده های نفتی ایران و همچنین با سپاس از سرکار خانم مهندس فدایی به خاطر راهنمایی هایی که ایشان در اجرای این پروژه به ما داشته اند.

مقدمه

پروژه "مطالعه تطبیقی سیستم های تصفیه پساب پالایشگاه های کشور" جهت ارزیابی اجمالی از عملکرد سیستم تصفیه پساب واحدهای تصفیه پساب پالایشگاهها و پیشنهاد یک سیستم مناسب و بهینه جهت دستیابی به استانداردهای زیست محیطی بوده - است.

پساب های صنعتی که در اثر فعالیت های صنعتی و یا از منابع صنعتی و در طول مراحل مختلف تولید بوجود می آیند، بعضاً خطرناک ترین نوع پساب را تشکیل می دهد. زیرا در پساب مراکز صنعتی امکان وجود مواد و ترکیبات شیمیایی سمی بیشتر است. با استفاده از روش های مناسب تصفیه پساب نه تنها می توان بهداشت جامعه را بهبود بخشید بلکه می توان با بازیابی پساب تصفیه شده و مصرف مجدد آن، در مصرف آب صرفه جویی کرد. از این جهت بازیافت پساب های صنعتی تصفیه شده، در کشورهایی که دچار کم آبی هستند اهمیت خاصی پیدا نموده و این مطلب در حال حاضر در ایران نیز مورد توجه قرار گرفته است.

در فصول دو، سه و چهار تصفیه مقدماتی، انواع سیستم های بیولوژیکی و تصفیه پیشرفته و اجزاء آنها اشاره می شود. در فصل پنجم نحوه تصفیه و دفن لجن که اهمیت زیادی از نظر زیست محیطی دارد، ارائه می شود. در فصل ششم به بررسی سیستم تصفیه پساب پالایشگاه تهران به عنوان یک نمونه می پردازیم و گامهای لازم جهت دستیابی به یک سیستم بهینه را ذکر می کنیم. همچنین توضیحات مختصری در مورد سیستم تصفیه پساب پالایشگاههای کرمانشاه و بندرعباس ارائه می شود.

فهرست مطالب

۱	فصل اول : آشنایی با کلیات تصفیه پساب پالایشگاهی
۱	۱-۱ پارامترهای تعیین کننده میزان آلودگی پساب
۲	۲-۱ انواع پساب در پالایشگاه‌ها
۴	۱-۲-۱ آب خنک کننده تفکیک نشده
۴	۲-۲-۱ زیر آب برج های خنک کننده
۴	۳-۲-۱ زیر آب بویلرها
۴	۴-۲-۱ پساب واحدهای تصفیه آب
۴	۵-۲-۱ پساب ناشی از تجهیزات کنترل آلودگی هوا
۴	۶-۲-۱ آب های ترش
۵	۷-۲-۱ آب های آغشته به روغن ناشی از فرآیند پالایش
۷	۳-۱ مراحل کلی تصفیه پساب صنعتی پالایشگاه
	فصل دوم : تصفیه مقدماتی
۹	۱-۲ آشغال گیری
۹	1-1-2 انواع آشغالگیر
۱۱	۲-۱-۲ سرعت بهینه جریان در آشغالگیر
۱۱	۲-۲ آشغال خردکنی
۱۱	۱-۲-۲ انواع آشغال خردکن
۱۲	۲-۲-۲ روش های خرد کردن آشغال
۱۳	۳-۲ جداکننده های ثقلی
۱۳	۱-۳-۲ جداکننده API
۱۴	۲-۳-۲ جداکننده های CPI و PPI
۱۶	۴-۲ یکنواخت سازی (متعادل سازی)
۱۶	۱-۴-۲ نقش هوادهی در فرایند متعادل سازی
۱۷	۵-۲ خنثی سازی
۲۰	۶-۲ شناور سازی
۲۰	۱-۶-۲ انواع سیستم های شناور سازی

۲۱	2-6-2 نقش مواد شیمیایی کمک انعقاد
۲۲	۳-۶-۲ عوامل مؤثر در بازدهی سیستم‌های شناورسازی
۲۳	۴-۶-۲ نقش فرایند انعقاد و DAF در تصفیهٔ پساب‌های پالایشگاهی
۲۳	۵-۶-۲ مزایای روش شناورسازی
۲۴	فصل سوم: تصفیهٔ بیولوژیکی
۲۴	۱-۳ مفاهیم و اصول تصفیهٔ بیولوژیکی
۲۴	۱-۱-۳ میکروبیولوژی فاضلاب
۲۵	۲-۱-۳ اصول تصفیهٔ بیولوژیکی
۲۶	۳-۱-۳ اثر پارامترهای محیطی بر تصفیهٔ بیولوژیکی
۲۷	۴-۱-۳ تقسیم‌بندی بر اساس هوادهی به سیستم
۲۹	۲-۳ سیستم لجن فعال
۳۰	۱-۲-۳ حوض هوادهی
۳۷	۲-۲-۳ کلاریفایر و بازگشت لجن
۳۹	۳-۲-۳ عوامل مهم و تعیین‌کننده در فرایند لجن فعال
۴۰	۴-۲-۳ مزایا و معایب و راهکارهایی جهت حل مشکلات سیستم لجن فعال
۴۲	3-3 صافی‌های چکنده
۴۲	۱-۳-۳ کلاریفایرهای صافی‌چکنده
۴۳	۲-۳-۳ مشخصات ساختمانی صافی‌ها
۴۴	۳-۳-۳ انواع صافی‌های چکنده
۴۵	۴-۳-۳ عوامل مؤثر بر بازده صافی‌های چکنده
۴۷	۵-۳-۳ مزایا و معایب صافی‌های چکنده
۴۸	۴-۳ سیستم RBC
۴۸	۱-۴-۳ شرح سیستم RBC
۴۹	۲-۴-۳ عوامل مؤثر در کارایی RBC
۵۰	۳-۴-۶ مزایا و معایب سیستم RBC
۵۱	۵-۳ راکتورهای ناپیوسته با عملیات متوالی (SBR)
۵۲	۱-۵-۳ تشریح فرایند SBR
۵۴	۲-۵-۳ مزایای سیستم SBR

۵۵	۳-۶ راکتورهای UASB
۵۵	۳-۶-۱ شرح فرایند UASB
۵۷	۳-۶-۲ عوامل مهم در کاربرد راکتور UASB
۵۸	۳-۶-۳ مزایا و معایب سیستم UASB
۵۹	۳-۷ برکه‌های تثبیت
۶۰	۳-۷-۱ طبقه‌بندی برکه‌ها بر اساس غلظت اکسیژن
۶۳	۳-۷-۲ طبقه‌بندی برکه‌ها بر اساس زمان ماند
۶۳	۳-۷-۳ مزایا و معایب برکه‌های تثبیت
۶۵	فصل چهارم: تصفیه پیشرفته و دفع پساب
۶۶	۴-۱ حذف مواد معلق و محلول
۶۶	۴-۱-۱ حذف جامدات معلق
۶۷	۴-۱-۲ حذف جامدات محلول
۶۸	۴-۲ حذف فسفر
۶۸	۴-۲-۱ روش کشت خزه
۶۸	۴-۲-۲ روش حذف شیمیایی
۶۹	۴-۳ حذف آمونیاک
۶۹	۴-۳-۱ حذف آمونیاک و فرایند نیترات سازی و نیترات زدایی
۷۰	۴-۳-۲ دفع آمونیاک بوسیله هوادهی
۷۱	۴-۳-۳ سیستم هیدرولیز-عریان سازی
۷۲	۴-۳-۴ تبادل یونی
۷۳	۴-۴ حذف فنل
۷۳	۴-۴-۱ تصفیه فیزیکی و شیمیایی
۷۳	۴-۴-۲ روشهای بیولوژیکی
۷۴	۴-۵ حذف تولوئن
۷۵	۴-۵-۱ تصفیه فیزیکی و شیمیایی
۷۷	۴-۵-۲ تصفیه بیولوژیکی
۷۷	۴-۵-۳ ترکیب روش تصفیه بیولوژیکی با تصفیه فیزیکوشیمیایی

۷۷	۶-۴ حذف فورفورال
۷۸	۱-۶-۴ حذف فورفورال توسط لجن فعال
۷۸	۲-۶-۴ حذف فورفورال با سیستم لجن فعال - کربن فعال
۷۸	۳-۶-۴ دفع فورفورال توسط افزایش بیولوژیکی در لجن فعال
۷۹	۷-۴ روشهای حذف ترکیبات سولفور
۸۰	۱-۷-۴ روشهای حذف فیزیکی - شیمیایی
۸۱	۲-۷-۴ روش بیولوژیکی
۸۱	۸-۴ کلرزنی
۸۲	۱-۸-۴ روشهای افزودن کلر
۸۲	۹-۴ دفع پساب
۸۲	۱-۹-۴ دفع پساب به منابع طبیعی آب
۸۳	۲-۹-۴ مصارف کشاورزی
۸۴	۳-۹-۴ مصارف کشاورزی
۸۶	فصل پنجم: تصفیه و دفع لجن
۸۷	۱-۵ کیفیت انواع لجن
۸۷	۲-۵ مراحل تصفیه لجن‌های غیر نفتی
۸۸	۱-۲-۵ روش نگهداری لجن
۹۰	۲-۲-۵ فرایند تغلیظ لجن
۹۳	۳-۲-۵ فرایند تثبیت لجن
۹۶	۴-۲-۵ آب‌گیری مکانیکی لجن
۹۸	۵-۲-۵ خشک کردن لجن
۹۹	۳-۵ مراحل تصفیه لجن‌های نفتی
۹۹	۱-۳-۵ تصفیه بیولوژیکی
۱۰۰	۲-۳-۵ تصفیه فیزیکی - شیمیایی
۱۰۲	فصل ششم: بررسی سیستم تصفیه پساب پالایشگاه‌ها
۱۰۵	۱-۶ سیستم تصفیه پساب پالایشگاه تهران
۱۰۵	۱-۱-۶ سیستم جمع‌آوری فاضلاب

۱۰۶	۲-۱-۶ انواع پسابهای تولید شده در پالایشگاه تهران
۱۰۸	۳-۱-۶ فرایند سیستم تصفیه پساب پالایشگاه تهران
۱۱۲	۴-۱-۶ تحلیل سیستم تصفیه پساب
۱۱۸	۵-۱-۶ راه‌های پیشنهادی
۱۲۰	۲-۶ سیستم تصفیه پساب پالایشگاه کرمانشاه
۱۲۱	۱-۲-۶ فرایند تصفیه پالایشگاه
۱۲۴	۲-۲-۶ مشکلات
۱۲۴	۳-۲-۶ راه حل پیشنهادی
۱۲۵	۳-۶ سیستم تصفیه پساب پالایشگاه بندرعباس
۱۲۵	۱-۳-۶ شرح فرایند

فصل هفتم – نتیجه‌گیری

۱۲۸	۱-۷ معرفی سیستم بهینه جهت تصفیه پساب پالایشگاهی
۱۳۲	۲-۷ افزایش راندمان سیستم تصفیه پساب
۱۳۲	۱-۲-۷ کاهش بار عملیاتی کل واحد تصفیه پساب
۱۳۲	۲-۲-۷ مدیریت در هنگام بارش بارانهای سنگین
۱۳۳	۳-۲-۷ کنترل آب در هنگام تعمیرات اساسی در پالایشگاه
۱۳۳	۴-۲-۷ کمینه‌سازی تولید لجن
۱۳۴	۳-۷ طراحی و تکمیل سیستم تصفیه و دفن لجن
۱۳۴	۱-۳-۷ مطالعه و بررسی تجزیه لجن‌های نفتی به روش بیولوژیکی
۱۳۵	۲-۳-۷ دفع نهایی لجن

۱۳۶	مراجع
-----	-------

پیوست یک: جدول استاندارد

پیوست دو: آزمایشات پارامترهای مهم کیفیت پساب

پیوست سه: شبکه توزیع آب پالایشگاه تهران

پیوست چهار: سیستم PACT

پیوست پنج: مدارک دریافتی از پالایشگاهها

فصل اول

آشنایی با کلیات تصفیه پساب پالایشگاهی

بطور کلی پساب به آبی گفته می‌شود که در اثر مصرف و ورود مواد خارجی تغییر کیفیت پیدا کند بطوریکه برای مصرف قبلی قابل استفاده نباشد. نوع آلودگی پساب وابسته به واحد تولید کننده آن است. آلودگی‌ها می‌توانند فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی، بصورت محلول و یا نامحلول باشند. مواد جامد موجود در پساب صنایع که معمولاً به‌دو صورت معلق و محلول هستند، باعث کدورت و تیرگی آب می‌شوند و ورود آنها به آبهای پذیرنده باعث تشکیل لجن در آنها می‌شود. لایه‌های لجن و کف نه تنها جلوه خوبی ندارند بلکه در صورتی که حاوی مواد آلی باشند ممکن است باعث کاهش اکسیژن و همچنین ایجاد بوهای نامطبوع شوند.

۱-۱ پارامترهای تعیین‌کننده میزان آلودگی پساب

برای بیان میزان آلودگی پساب‌ها از پارامترهای زیر استفاده می‌شود:

۱-TDS: باقیمانده تبخیر یا کل املاح که نشان دهنده کل املاح محلول اعم از آلی یا معدنی در پساب می‌باشد.

۲-ThOD: اکسیژن مورد نیاز تئوری که نشان دهنده مقدار اکسیژنی است که از نظر تئوری برای اکسیداسیون مقدار معینی ماده آلی، مورد نیاز است.

۳-COD: اگر مقدار اکسیژن لازم برای اکسیداسیون کامل مواد آلی از طریق انجام آزمایش شیمیایی تعیین گردد به آن اکسیژن مورد نیاز شیمیایی گفته می‌شود.

۴-BOD: اگر تجزیه مواد آلی در طبیعت، از طریق اکسیژن بیولوژیکی و توسط میکروارگانیسم‌ها صورت پذیرد در این حالت بجای COD از BOD استفاده می‌شود که از آن می‌توان به‌عنوان اکسیژن مورد نیاز باکتری‌ها برای تجزیه مواد آلی نام برد.

^۱Total Dissolved Solids

^۲Theoretical Oxygen Demand

^۳Chemical Oxygen Demand

- ۵- BOD_5 : چون باکتریها دارای قابلیت محدودی هستند و فعالیت آنها بستگی به زمان و درجه حرارت دارد، در نتیجه واحد BOD در $20^{\circ}C$ و در ۵ روز بیان می شود.
- ۶- BOD_u ^۲ : مدت لازم برای تجزیه کامل مواد آلی تجزیه شونده بسیار بیشتر از ۵ روز و معمولاً در حدود ۲۱ روز می باشد. مقدار اکسیژن مصرف شده بیشتر و در نتیجه BOD بیشتری را نشان خواهد داد که به آن BOD نهایی یا BOD_u می گویند.
- ۷- TOC ^۳ : بدلیل نیاز به زمان طولانی برای اندازه گیری COD و BOD، از مقدار کربن آلی (TOC) برای تعیین غلظت پسابها و بخصوص پسابهای صنعتی استفاده می شود.
- ۸- مایع مخلوط^۴ : مایع داخل مخزن هوادهی که مشتمل بر پساب و میکروبهای شناور می باشد.
- ۹- $MLSS$ ^۵ : عبارتست از ذرات شناور در حوض هوادهی که مربوط به مواد معلق و شناور مایع مخلوط است که بصورت معدنی یا آلی از جمله میکروارگانیسمها می باشند.
- ۱۰- $MLVSS$ ^۶ : جرم میکروبهای فعالی است که عمل تصفیه بیولوژیکی (تجزیه مواد آلی محلول) را انجام می دهند. [۲ و ۳]

۲-۱ انواع پساب در پالایشگاهها

در تهیه نفت خام و تهیه فرآورده های آن، خود نفت خام و نیز مشتقات آن چندین بار گرم و سرد می شوند. در پالایشگاهها برای سرد کردن مشتقات نفتی و نیز چگالیدن بخارات خروجی توربینها، از آب استفاده می شود. مقدار آب مصرفی پالایشگاهها متفاوت است و به نوع فرآوردهها، ظرفیت و تعداد دستگاههای پالایش و نیز مقدار کاربرد خنک کنندههای هوایی و سایر موارد بستگی دارد. به عنوان مثال در پالایشگاه آبادان برای هر تن نفت خام که تصفیه می شود بین ۳۶ تا ۵۱ تن آب در خنک کنندههای آبی جریان می یابد. در حالیکه در پالایشگاههای تهران و شیراز جریان آب در خنک کنندهها بسیار کمتر (نزدیک به ۲۵ تن) می باشد. اگر این مقایسه بر پایه آب تازه ورودی به پالایشگاه انجام گیرد، باید گفت که مصرف آب ورودی به پالایشگاه آبادان نزدیک به ۳۱ تا ۴۰ تن و در پالایشگاههای تهران و شیراز نزدیک به نیم تن برای هر یک تن نفت خام است. این تفاوت در مصرف آب تازه، به سبب استفاده از خنک کننده هوایی و برجهای خنک کننده آب در پالایشگاههای تهران و شیراز است.

^۱ Biochemical Oxygen Demand

^۲ BOD Ultimate

^۳ Total Organic Carbon

^۴ Mixed Liquor

^۵ Mixed Liquor Suspended Solids

^۶ Mixed Liquor Volatile Suspended Solids

تا پیش از سال ۱۹۵۵ کمتر پالایشگاهی برای سرد کردن جریان های نفتی به جز آب رودخانه یا آب دریا از وسیله دیگری استفاده می کرده است. مزیت این کار در این بود که آب با درجه حرارت پایین و با بهای ارزان بدست می آمد ولی بهره گیری از آب شور دریا نیازمند بکار گرفتن فلزات گرانبها در مبدل ها برای مبارزه با خوردگی آب بود و بالا رفتن هزینه را در پی داشت. از سوی دیگر با توجه به مسائل حفظ محیط زیست به کاربردن مستقیم و یک طرفه آب دریا یا رودخانه نمی تواند مجاز باشد، از اینرو در پالایشگاه های امروزی خنک کننده های هوایی جانشین خنک کننده های آبی شده اند.

بنابراین امروزه در پالایشگاه ها مصرف آب به کمترین حد ممکن کاهش یافته است. آب به جای استفاده یک طرفه، در مدار بسته ای جریان داشته، پس از گذر از چگالنده ها و گرفتن حرارت، به برج خنک کننده آب رفته، حرارت آن به حرارت نخستین کاهش می یابد. مقدار کمی آب در برج خنک کننده بخار شده و به هدر می رود که به جای آن آب تازه^۱ تزریق می شود. [۳۳]

پساب پالایشگاه ها به طور کلی شامل انواع زیر می باشد:

- پساب بهداشتی
 - آب باران
 - پساب ناشی از شست و شوی واحدها
 - پساب مربوط به تخلیه و بارگیری کشتی های نفت کش
 - آب خنک کننده یکبار مصرف^۲
 - پساب ناشی از آزمایشگاه ها
 - پساب ناشی از شست و شوی تانک های ذخیره
 - آب مصرف شده برای خالص سازی
 - پساب ناشی از فرآیند تولید
- پساب ناشی از فرآیند تولید یک پالایشگاه در یک جمع بندی کلی متشکل از موارد زیر می باشد:

^۱ Make up

^۲ Once-through non-contact Cooling Tower

۱-۲-۱ آب خنک کننده تفکیک نشده^۱

عبارت است از آب خنک کننده یکبار گذری که با دیگر جریان های پساب در داخل پالایشگاه مخلوط و در طی فرآیند سرد کردن آلوده می شود. این آلودگی شامل مقادیر کم مواد نفتی و گریس است. با این حال به علت حجم بالای جریان، جرم مواد آلوده کننده می تواند چشمگیر باشد. به طور کلی خنک کردن با روش یک بار گذر، جای خود را در صنعت به روش های با راندمان بالا داده است.

۲-۲-۱ زیر آب^۲ برج های خنک کننده

پساب غلیظی است که از چرخه آب برج های خنک کننده به صورت دوره ای تخلیه می شود. وجود زیر آب در سیستم الزا می است زیرا روشی برای حذف مواد جامد بوجود آمده در اثر فرآیند تبخیر می باشد. زیر آب دارای حجم نسبتاً پایین و غلظت بالا از جامدات غیر محلول بوده و نیز شامل مواد شیمیایی افزوده شده در تصفیه آب به منظور جلوگیری از خوردگی و تشکیل جلبک در سیستم می باشد.

۳-۲-۱ زیر آب بویلرها

عبارتست از آب تغلیظ شده خروجی از بویلر . حجم زیر آب بویلرها در مقایسه با زیر آب برج های خنک کننده کمتر است ولی TDS آن بالا است.

۴-۲-۱ پساب واحدهای تصفیه آب

این پساب از شست و شوی فیلترها، احیاء رزین ها و سایر دستگاه های مربوطه تولید می شود.

۵-۲-۱ پساب ناشی از تجهیزات کنترل آلودگی هوا

عبارتست از پساب تخلیه شده از اگزوز دستگاه شوینده گاز حاصل از احتراق در پالایشگاه که نیاز به کنترل برای جلوگیری از انتشار بخار ناشی از فرآیندهای احتراق دارد.

۶-۲-۱ آب های ترش^۳

عبارتست از پسابی که به وسیله آمونیاک و سولفید هیدروژن آلوده شده است که معمولاً بین ۸ تا ۱۸ درصد از کل پساب های فرآیندی تولید شده را دربر می گیرد. منابع ایجاد آب ترش عبارتند از

^۱ Non-segregated Cooling Tower

^۲ Blow Down

^۳ Sour Water

نمک‌زدایی از نفت خام، واحد سولفور زدایی از نفت خام، کراکینگ کاتالیستی و فرآیندهای بازیافت گاز.

۷-۲-۱ آب‌های آغشته به روغن ناشی از فرآیند پالایش^۱

این آب‌ها شامل مجموعه پساب های ناشی از شست و شوی واحدها، آب های تخلیه شده از آزمایشگاه کنترل کیفیت و یا تخلیه تانک های ذخیره می باشند و بسته به واحدهای موجود در هر پالایشگاه متفاوت بوده و بر اساس عملیات پالایش دارای کمیت و کیفیت متفاوت خواهد بود. منابع تولید این پساب بطور کلی عبارتند از:

الف - واحد ذخیره نفت خام و ذخیره محصولات

عملیات شست و شوی مخازن ذخیره که متناوباً انجام می شود، اغلب به عنوان یک منبع عمده ایجاد پساب‌های نفتی به حساب می آید. پساب‌هایی که از مخازن محصولات و نفت خام حاصل می شوند عموماً پارامترهای نفت و روغن، جامدات معلق و COD آنها دارای مقادیر بالا می‌باشند.

ب- نمک‌زدایی از نفت خام

پساب ناشی از این فرایند شامل روغن، آمونیاک، فنل، سولفید، مواد جامد معلق و مواد جامد محلول می‌باشد.

ج- واحد تقطیر نفت خام

به برج‌های تقطیر اتمسفریک به منظور کاهش نقطه جوش مایعات، بخار آب خشک تزریق می شود. این بخار که در مراحل مختلف فرآیند به کار می‌رود، در تماس مستقیم با هیدروکربنها قرار می‌گیرد و لذا آلوده به مواد نفتی می شود. علاوه بر این پساب ایجاد شده، آلوده به سولفید، آمونیاک، کلریدها، مرکاپتان‌ها و فنل است.

ه- کراکینگ

سه نوع کراکینگ وجود دارد که عبارتند از:

۱- کراکینگ حرارتی

عمده پساب این فرآیند حاصل از کندانس شدن بخارات Stripping در برج جداکننده است. این بخارات کندانس شده به وسیله نیروی ثقل از محصولات هیدروکربنی در Accumulator جدا می‌شوند. این مایع کندانس شده حاوی آمونیاک، فنل و سولفید بوده و دارای BOD و COD و قلیائیت بالایی است و به عنوان آب ترش محسوب می‌شود.

^۱ Oily Process Water

۲- کراکینگ کاتالیستی

کراکینگ کاتالیستی معمولاً یکی از بزرگترین منابع تولید پساب‌های آب‌ترش در پالایشگاه‌ها است. پساب از بخارات کندانس شده از بالای Accumulator و Stripping حاصل می‌شود. مهمترین آلوده‌کننده پساب این واحد، مواد نفتی، سولفیدها، فنل و مقادیر کمی از سیانیدها است.

۳- هیدروکراکینگ

در این عملیات نیز پساب از کندانس شدن بخارات ترش حاصل می‌شود و در عین حال حاوی مقادیر زیادی از سولفیدها است.

و- واحد پلیمریزاسیون، آلکیلاسیون و رفرمینگ

در واحد پلیمریزاسیون، گوگردزدایی انجام می‌گیرد که آب ترش ایجاد شده دارای مقادیر زیادی سولفید، مرکاپتان، آمونیاک، مواد جامد معلق و روغنی می‌باشد. در حال حاضر تنها پالایشگاه آبادان دارای این واحد می‌باشد.

در واحد رفرمینگ پسابی با حجم کم و آلوده به مقادیر کمی قلیا، سولفید، آمونیاک، مرکاپتان و روغن تولید می‌شود.

ز- واحد هیدروتریتینگ

کمیت و کیفیت پساب در این واحد بستگی به نوع فرآیندهایی که انجام می‌گیرد، دارد و معمولاً شامل آمونیاک و ترکیبات گوگردی و فنل است.

ح- واحد تصفیه حلال

تشکیل دهنده اصلی پساب این واحدها، روغن و حلال هستند که معمولاً این نوع پسابها دارای مقادیر بالای BOD هستند. بعنوان مثال در واحد بازیافت فورفورال، عملیات جداسازی فورفورال از آب انجام می‌گیرد.

ط- واحد تولید آسفالت

پساب این واحد، حاصل افزودن بخار به راکتور برای جداسازی اجزای فرار و قابل انفجار می‌باشد. علاوه بر مقدار آبی که نتیجه واکنش‌های اکسیداسیون آسفالت می‌باشد، پساب خروجی از واحد، دارای مقادیر بالای روغن و چربی و BOD است و معمولاً به دلیل وجود سولفو ر در باقیمانده ته برج ترش می‌باشد.

ی- مجتمع روغن‌سازی

در طی عملیات روغن‌سازی، پساب آلوده به اسید و لجن‌های اسیدی تولید می‌شود که حاوی مقدار زیادی جامدات معلق و محلول و همچنین سولفات و سولفونات، فورفورال و امولسیون پایدار روغن می‌باشد.

ک- سرویس‌های آب، برق و بخار

ضایعات لجنی و پساب ایجاد شده حاصل از فرایند تهیه آب صنعتی و همچنین حاصل از پساب زیر آب بویلرها، حاوی جامدات محلول و مواد افزودنی است.

۳-۱ مراحل کلی تصفیه پساب صنعتی پالایشگاه‌ها

برای اینکه بتوان پساب پالایشگاه‌ها را در آبهای سطحی تخلیه کرد یا از آن بعنوان آب جبرانی برج‌های خنک‌کننده استفاده نمود و یا نهایتاً مورد مصرف آبیاری و کشاورزی قرار داد، لازم است کیفیت آن را به استانداردهای محیط‌زیست مربوط به هر یک از موارد دفع یا مصرف مجدد رسانند. بدین منظور باید از روش‌های مناسبی جهت تصفیه پساب صنعتی پالایشگاه استفاده نمود. سیستمی که برای تصفیه پساب پالایشگاه‌ها طراحی می‌شود شامل سه مرحله کلی تصفیه مقدماتی، تصفیه بیولوژیکی و تصفیه پیشرفته می‌باشد.

در تصفیه مقدماتی با استفاده از روش‌های شیمیایی و فیزیکی، طی عبور پساب از واحدهای مختلف، مواد جامد درشت و قابل ته‌نشینی، مواد نفتی و روغنی و بطور کلی کلیه مواد قابل حذف توسط این روشها حذف می‌شوند. همچنین در این مرحله پساب از نظر pH و بار آلی ورودی یکنواخت می‌گردد. در مرحله بعد، برای کاهش جزء آلی مواد معلق و محلول از سیستم‌های تصفیه بیولوژیکی استفاده می‌شود. در این سیستم‌ها با استفاده از میکروارگانیسمها مواد آلی محلول کاهش می‌یابند.

نهایتاً با استفاده از سیستم‌های تصفیه پیشرفته، آلودگیهایی از قبیل رنگها، مواد شیمیایی غیرقابل تصفیه توسط سیستم بیولوژیکی و بسیاری از املاح از جمله فسفات‌ها و ازت‌ها که باعث بروز مشکلات زیادی می‌شوند، حذف می‌گردند تا کیفیت پساب به استانداردهای تعیین شده رسانده شود.

بطور کلی مرحله تصفیه مقدماتی شامل اجزاء آشغال‌گیر، آشغال‌خردکن، جداکننده ثقلی، متعادل‌ساز، خنثی‌ساز و شناورساز می‌باشد. که در فصل دو به آنها اشاره می‌شود.

فصل دوم

تصفیه مقدماتی

ابتدایی‌ترین مرحله در فرایند تصفیه پساب های صنعتی، تصفیه مقدماتی است که تصفیه فیزیکی - شیمیایی نیز نامیده می شود. در این مرحله، ابتدا با آشغال گیری، مواد جامد درشت و قابل ته نشینی توسط ایجاد موانع حذف می شوند. گاهی نیز از آشغال خردکن ها برای خرد کردن مواد جامد درشت به ذرات نسبتاً یکنواخت استفاده می شود. در مورد پساب پالایشگاه ها، بدلیل نوع پساب باید از جداکننده های ثقلی، جهت حذف مواد نفتی استفاده شود.

یکی دیگر از فرایندهای تصفیه مقدماتی، یکنواخت سازی می باشد که جریان پساب از نظر pH و BOD و مواد جامد معلق یکنواخت می شود. بعد از مراحل فوق، با افزودن مواد شیمیایی و عمل اختلاط، مواد بسیار ریز موجود در پساب به ذرات درشت منعقد شده با قابلیت ته نشینی تبدیل می شوند. علاوه بر این عمل شناورسازی نیز باعث می شود، مواد جامد بسیار ریز که دارای وزن مخصوصی نزدیک آب هستند در روی پساب قرار گیرند و سپس جمع آوری شوند. بدین ترتیب کلیه مواد قابل حذف توسط عملیات فیزیکی - شیمیایی حذف می شوند و پساب برای انجام تصفیه بیولوژیکی به واحدهای مربوطه منتقل می شود. در این فصل به شرح واحدهای موجود در مرحله تصفیه مقدماتی پرداخته می شود.

۱-۲ آسغال گیری

- حذف و جداسازی مواد شناور در پساب که دارای قطر بیش از ۰/۵-۱ سانتیمتر هستند توسط آسغال گیر انجام می شود. این وسیله در ابتدای تصفیه خانه برای تأمین مقاصد زیر تعبیه می گردد:
- الف - حفاظت وسایل گران قیمتی چون پمپها، شیرآلات و جلوگیری از گرفتگی لوله های لجن، حوض های ته نشینی و سایر موارد.
- ب - خوشایند کردن وضع ظاهری واحدهای مختلف تصفیه خانه.
- ج - حذف موادی نظیر چوب، پوست میوه ها، پارچه، کاغذ که در روش های تصفیه بیولوژیکی ایجاد مشکل می نمایند.
- د - جلوگیری از عدم تأثیر کامل مواد ضد عفونی کننده نظیر کلر بر پساب تصفیه شده (با توجه به اینکه مواد ضد عفونی کننده بر روی مواد جامد شناور تأثیر چندانی ندارند). [۹ و ۶]
- آسغال های جمع آوری شده دفن یا سوزانده می شوند و یا پس از ریز و خرد شدن به جریان پساب ورودی برگردانده می شوند. سوزاندن آسغال به علت رطوبت زیاد شایع اقتصادی نباشد و یا به علت سوختن ناقص بعضی مواد موجود در آسغال ممکن است توأم با پیدایش بوهای نامطبوع باشد. [۱۴ و ۱۰]

۱-۱-۲ انواع آسغال گیر

آسغال گیرها از نظر شکل ظاهری و موارد کاربرد دارای دو نوع زیر می باشند:

الف - آسغال گیر شبکه ای^۱

از تعدادی پروانه مشبک که حول محوری در حال گردش هستند، تشکیل شده است یا ممکن است متشکل از صفحه ای مشبک باشد که به صورت دایره ای حول محوری در حال دوران است. در هر صورت پروانه ها و یا صفحه مدور مشبک، مواد معلق درشت پساب را گرفته و بوسیله مانعی شانه ای شکل در سکویی متشکل از صفحه سرورخدار تخلیه می کنند. شبکه ها دارای منافذی با قطر ۴mm یا کوچکتر هستند.

ب - آسغال گیر میله ای^۲

آسغال گیر میله ای از میله هایی به قطر ۳۰-۱۰ mm که در فواصل معینی از یکدیگر قرار دارند ساخته می شوند. با توجه به فاصله میله ها از یکدیگر دو نوع آسغال گیر میله ای وجود دارد:

^۱Screen Chamber

^۲Rack or Bar screen

۱- دهانه‌باز^۱: این نوع آشغال گیر در بدو ورود پساب به تصفیه خانه تعبیه می شود و فاصله بین میله‌های آن ۳-۱۰ cm می‌باشند.

۲- دهانه‌ریز^۲: در صورت لزوم بعد از دهانه باز تعبیه می‌شود. فاصله بین میله‌ها ۳-۵/۵ cm می‌باشد. مواد درشت بوسیله این میله ها گرفته می شود و سپس آشغال ها به دو روش ساده و مکانیکی جمع‌آوری می شوند. در روش ساده، آشغال روبی بوسیله کارگر صورت می گیرد و معمولاً در تصفیه‌خانه‌های کوچک استفاده می‌شود. در روش مکانیکی، آشغال روبی بوسیله ماشین و بطور خودکار صورت می‌گیرد و معمولاً در تصفیه‌خانه‌های بزرگ استفاده می‌شود. استقرار آشغال گیرهای میله‌ای در کانال پساب اغلب به نحوی است که زاویه ۶۰-۴۵ درجه با افق می‌سازند زیرا در این حالت حداقل افت هیدرولیکی و بیشترین حذف آشغال صورت می‌گیرد. اگر ورودی پساب در عمقی از سطح زمین باشد آنگاه از نوعی آشغال گیر میله‌ای که بصورت کاملاً عمودی در مسیر جریان قرار گرفته، استفاده می‌شود. شکل ۱-۲، نمایی از این نوع آشغالگیر را نشان می‌دهد.



(ب)



(الف)

شکل ۱-۲ (الف) آشغالگیر میله‌ای، (ب) آشغالگیر میله‌ای در حین عملیات

بزرگی بیش از حد دهانه، احتمال عبور مواد جامد شناور را افزایش می دهد و کوچکی دهانه، مانع از جریان آسان پساب در کانال و بالاخره موجب افت فشار بیشتری می شود. مقدار مواد جامد شناوری که توسط آشغال گیرها خارج می گردد بستگی به فاصله میله ها از یکدیگر نیز دارد. در آشغال گیرهای دهانه ریز که فاصله میله ها از یکدیگر کمتر است (۳-۵/۵ cm) مقدار موادی که می توان خارج ساخت

^۱ Coarse Screen

^۲ Fine Screen

بالغ بر ۲۰٪ کل مواد جامد شناور ورودی است. در حالیکه اگر این فاصله دو برابر شود این مقدار به ۲٪ تنزل می‌یابد. در جدول ۱-۲، مقایسه‌ای بین میزان کارایی سه نوع آشغالگیر میله‌ای آورده شده‌است.

جدول ۱-۲ مقایسه‌ای بین میزان کارایی

فواصل میله‌ها (MM)	نوع آشغال‌روبی	درصد کاهش مواد معلق	درصد کاهش BOD
۵۰-۷۵	دستی	۰	۰
۴۰-۵۰	دستی	۲	۰
۱۰-۲۵	مکانیکی	۲-۵	۱-۳

۲-۱-۲ سرعت بهینه جریان در آشغال‌گیر

آشغال‌گیرها به علت ممانعت از عبور مواد جامد شناور موجب کندی جریان پساب و بهم خوردن جریان یکنواخت آن در کانال ورودی می‌گردند. برای رفع این مشکل تدابیر مختلفی از قبیل پهن کردن کانال در محل آشغال‌گیر و یا کم کردن شیب کف کانال قبل از رسیدن به آشغال‌گیر اتخاذ می‌گردد. بطور کلی نباید سرعت جریان پساب در کانال از 0.5 m/s کمتر و از 0.9 m/s بیشتر باشد و سرعت مناسب‌ترین سرعت جریان پساب در کانال ورودی است.

۲-۲ آشغال‌خردکنی

آشغال‌خردکن^۱ وسیله‌ایست که بعد از آشغال‌گیر قرار می‌گیرد. حسن این دستگاه در افزایش سرعت هضم و تجزیه لجن خام در مخازن هاضم و کاهش سائز واحدهای تصفیه می‌باشد. اهداف استفاده از این دستگاه عبارت است از:

- ۱- رفع مشکلات ناشی از دفع مواد شناور جمع‌آوری شده
 - ۲- حفظ وضع ظاهری تصفیه‌خانه در محل آشغال‌گیر
 - ۳- جلوگیری از ایجاد بو، رشد و نمو مگس در محل آشغال‌گیر
 - ۴- طولانی نمودن عمر تجهیزات
- پس از خرد شدن آشغالها و ذرات جامد درشت توسط آشغال‌خردکن، آنها را به جریان اصلی پساب بازگردانده می‌شوند.

^۱Comminuting

۱-۲-۲ انواع آشغال خردکن

آشغال خردکن دارای انواع زیر است:

الف- آسیاب چکشی^۱

خردکن دندانه‌ای^۲: در این نوع، ذرات را به اندازه های تقریبی ۸ mm خرد می کند. این دندانه ها یا ثابت هستند (آشغال گیر استوانه ای شکافدار) یا برشی، گردشی یا نوسانی (آشغال گیر دایره ای ثابت) می باشند.

ج- خردکن میله‌ای^۳: شکل ۲-۲، نمایی از آشغال خردکن میله‌ای را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲ آشغال خردکن میله‌ای

۲-۲-۲ روش‌های خرد کردن آشغال

الف- پیوسته

شامل یک استوانه دوار با شیارهای افقی و یک تیغه بران ثابت می باشد. در اثر دوران استوانه و جریان پساب بداخل آن، مواد روی بدنه استوانه جمع می شوند و سپس توسط تیغه بران خرد می شوند و در نهایت از پین شیارها عبور کرده و به مرحله بعد می روند. افت فشار در این روش برای نوع کوچک ۷ تا ۱۷ سانتی متر و برای نوع بزرگ ۱۰ تا ۳۷ سانتی متر می‌باشد.

ب- گسسته

این دستگاه شامل میله‌های نیم دایره‌ای شکل، آشغال‌روب و دستگاه خردکننده می‌باشد. با جمع شدن مواد شناور روی میله هاضم و بالا آمدن سطح پساب در بالا دست جریان و در نتیجه ایجاد اختلاف ارتفاع

^۱ Hammer Mill

^۲ Comminutor

^۳ Barminutor

در دو سمت میله ها، آشغال روب بکار می افتد و مواد را به سمت خردکننده که جنب کانال اصلی می باشد، هدایت می کند. افت فشار در این روش کمتر از نوع جریان پیوسته است.

پارامتر انتخاب برای نوع سیستم به دانستن میزان حداکثر پساب و $1/5$ برابر مقدار متوسط پساب در ۲۴ ساعت وابسته است که با مراجعه به منحنی های مشخصه دستگاهها می توان نوع سیستم بهینه را انتخاب نمود. [۶ و ۵ و ۴]

۳-۲ جداکننده های ثقلی

پسابهای پالایشگاه ها غالباً شامل غلظت بالایی از ترکیبات آلی و معدنی هستند. برای تصفیه این پسابها، پس از عبور از آشغال گیر باید وارد جداکننده های ثقلی شوند تا در آنجا حدود ۹۰٪ از جامدات قابل ته نشینی و مواد نفتی و روغن های آزاد از پساب حذف شوند. این واحد قادر به جداسازی مواد محلول نبوده و امولسیونها را نمی شکند. اساس تصفیه در این روش، اختلاف دانسیته بین نفت و آب است. از نظر تئوری فرایند جداسازی در جداکننده های ثقلی طبق قانون استوکس در غیاب توربولنسی و جریانهای گردشی، انجام می شود. بنابراین راندمان جداکننده ثقلی بستگی به طراحی دقیق هیدرولیک جداکننده و زمان ماند پساب دارد.

سه نوع جداکننده ثقلی معمول وجود دارد:

۱ جداکننده API^۱

۲ جداکننده CPI^۲

۳ جداکننده PPI^۳

در زیر به بررسی دقیق تر هر یک پرداخته می شود.

۱-۳-۲ جداکننده API

اصول طراحی جداکننده های نفت-آب، بالا آمدن جابهای نفتی است که دارای قطر بیش از ۱۵۰ میکرون هستند. بر اساس نتایج حاصل از مطالعات و تجارب عملی پالایشگاهها، یک دستورالعمل برای طراحی جداکننده های آب-نفت توسط API ارائه شده است. جداکننده هایی که مطابق این دستورالعمل طراحی می شوند، واحدهای چند کاناله دارای حوضهای مستطیل شکل هستند که به عنوان API استاندارد معرفی شده اند.

^۱ American Petroleum Institute

^۲ Corrugated Plate Interceptor

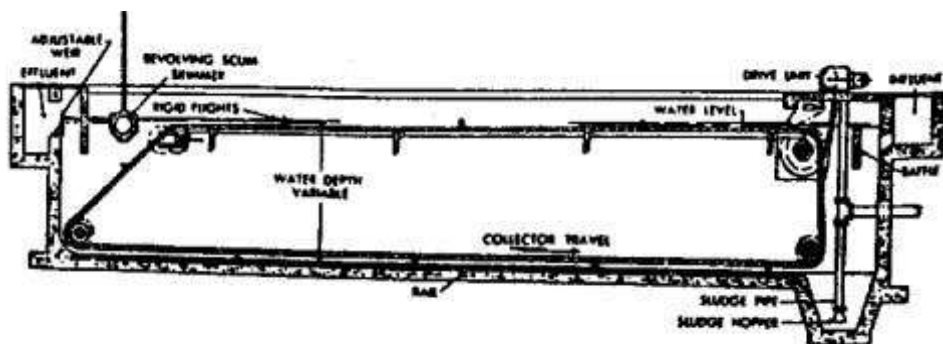
^۳ Parallel Plate Interceptor

پارامترهای مهم مربوط به پساب ورودی جهت طراحی جداکننده API عبارتند از:

- ۱- وجود و یا عدم وجود امولسیون
- ۲- دمای پساب ورودی به جداکننده
- ۳- چگالی پساب
- ۴- ویسکوزیته پساب
- ۵- مقدار جامدات قابل ته نشینی

دمای پساب ورودی از جهت تاثیر بر ویسکوزیته پساب و نیز تاثیر بر سرعت صعود جابهای روغن مهم می باشد. تغییرات فصلی باید مورد توجه قرار گیرد و جداکننده برای شرایط بحرانی مانند هوای سرد هم طراحی شود. [۳۳]

شکل ۲-۳ نمایی از یک سیستم API را نشان می دهند.



شکل ۲-۳ سیستم API

بطور کلی غالباً جداکننده API، دارای خصوصیات طراحی زیر می باشد:

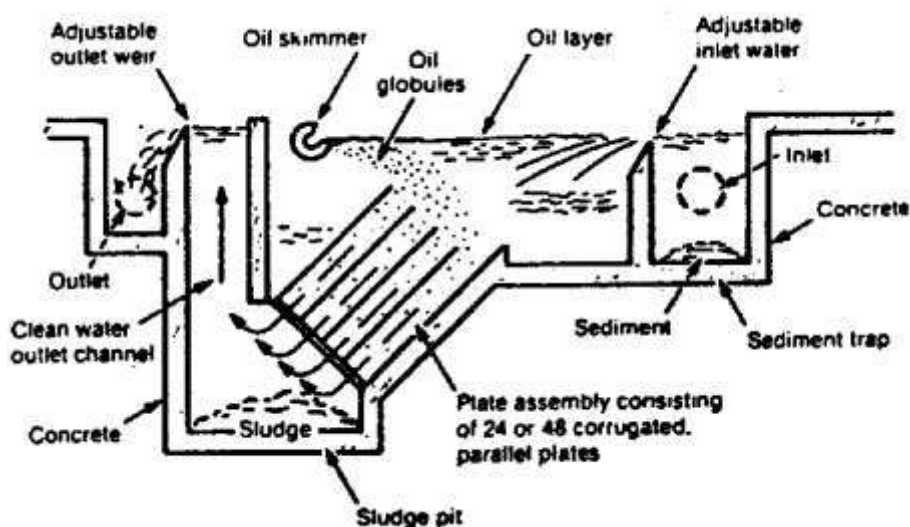
- ۱- ماکزیمم سرعت افقی VH برابر 3 ft/min یا ۱۵ برابر سرعت صعود جابهای نفت
 - ۲- مینیمم عمق ۳ فوت و ماکزیمم ۸ فوت
 - ۳- عرض کانال حداقل ۶ فوت و حداکثر ۲۰ فوت
- تحت شرایط نرمال، مقرون بصرفه ترین ساختار آنست که تعداد کانالهای کمتری با انتخاب ماکزیمم سطح مقطع عمودی برای هر کانال بدست آید. [۳۳ و ۱۴ و ۱۰]

۲-۳-۲ جداکننده های CPI و PPI

دو نوع دیگر از جداکننده های ثقلی، موسوم به جداکننده های صفحه ای CPI و PPI می باشند. CPI جداکننده ای است متشکل از مجموعه ای از صفحات موجدار که امروزه به عنوان یک جداکننده استاندارد در پالایشگاه های دنیا بکار می رود.

مخزن CPI شامل ۱۲ الی ۴۸ صفحه موجدار است که بصورت موازی در داخل محفظه ای نصب می شوند. فاصله صفحات از یکدیگر بین ۱/۵-۰/۵۷ اینچ می باشد. جنس صفحات بسته به مشخصات فیزیکی و شیمیایی پساب ممکن است فلزی و یا پلاستیکی باشد و معمولاً با توجه به pH پساب از مواد پوشش دهنده و مقاوم در برابر خوردگی استفاده می شود. گاهی صفحات را از فایبرگلاس که در برابر خوردگی مقاوم هستند، می سازند. صفحات با زاویه ۴۵ درجه نسبت به افق در جهت جریان پساب قرار می گیرند. همزمان با جریان یافتن پساب بین صفحات، لجن در قسمت فرو رفته صفحات موجدار ته نشین شده و مواد نفتی سبک تر روی قسمتهای برآمده صفحات جمع می شوند. زاویه دار بودن صفحات باعث می شود لجنهای سبکتر به سمت پایین صفحات و ته مخزن روانه شوند که در آنجا یک سیستم آب رو، لجن را به بیرون منتقل می نماید. از طرف دیگر مواد نفتی و روغنی جمع شده روی سطح آب (که بدلیل اختلاف دانسیته بین آب و نفت روی سطح جمع می شوند) توسط لوله کف گیر^۱ از سیستم خارج می شوند. امولسیونهای آب - نفت که در زیر لایه نفت قرار دارند، بطور متناوب با بستن خروجی و بالا آمدن سطح پساب گرفته می شوند. این عمل سطح آب را در مخزن جمع آوری آبهای عاری از نفت بالا برده و در نتیجه لایه امولسیون به داخل کف گیر جاروب خواهد شد. مواد نفتی جمع آوری شده به تانکهای Slops هدایت می شوند. شکل ۲-۴ نمایی از یک سیستم CPI را نشان می دهند.

بدلیل کاهش فاصله ای که حبابهای نفتی باید طی کنند تا به سطح برسند و از طرفی ازدیاد سطح برای تجمع قطرات نفت، واحدهای CPI دارای راندمان بالایی از جداسازی هستند. در جداکننده CPI، قسمتی که لجن در آن جمع می شود، تحت مکش می باشد تا لجن سریع تر تخلیه شود. پسایی که عاری از مواد نفتی است پس از خروج از صفحات موجدار وارد مرحله بعدی تصفیه می شود. [۳۳ و ۸]



شکل ۲-۴ سیستم CPI برای جداسازی روغن و جداسازی ذرات معلق

^۱ Skim Pipe

یک **CPI** قادر است اجزاء سنگین نفت را تا مقدار 3 mg/l کاهش دهد. از مهمترین مزایای یک جداکننده **CPI** می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- این نوع جداکننده فقط نیاز به ۲۰-۱۵٪ از فضای مورد نیاز یک **API** دارند و بطور چشمگیری هزینه ساخت و نگهداری را کاهش می‌دهد.
 - راندمان جداسازی مواد نفتی و لجن از پساب بالا می‌رود.
 - بین صفحات جریان آرام مطلوبی بوجود می‌آید.
 - توزیع جریان در داخل جداکننده تحت تأثیر وزش باد قرار نمی‌گیرد.
 - تخلی لجن و مواد ته‌نشین شده در جداکننده، آسان است.
- جداکننده **PPI** از تعدادی صفحات موازی کنگره‌ای تشکیل شده است که بر روی یکدیگر قرار دارد که با حرکت آب آلوده مواد مواد نفتی در میان صفحات مذکور جمع آوری می‌گردد. این پدیده در اثر اختلاف دانسیته آب و مواد نفتی بوجود می‌آید و با تشکیل قطرات درشت از مواد نفتی که در امتداد صفحات و بر سطح آب شناور می‌شود قابل جداسازی از آب خواه بود.
- در شرایط نرمال حجم اشغالی توسط یک **CPI** در مقایسه با یک واحد **PPI** تحت شرایط یکسان از نظر دبی ورودی، بمیزان ۵۰٪ کمتر است.
 - هزینه ساخت یک **CPI** نسبت به جداکننده **PPI** در حالیکه بار ورودی ایده ال باشد، ۳۰-۲۵٪ ارزانتر تمام می‌شود و در شرایطی که دبی ورودی بالا باشد ساخت **CPI** ۳۵-۵۵٪ نسبت به **PPI** ارزانتر خواهد بود

۴-۲ یکنواخت‌سازی (متعادل‌سازی)^۱

فرایند یکنواخت‌سازی جهت همگن کردن پساب‌های دارای شدت جریان و یا غلظت متغیر صورت می‌گیرد. هر چقدر نوسانات کیفی و کمی پساب کمتر باشد، فرایند تصفیه بهتر صورت می‌گیرد. برای جلوگیری از ایجاد شوک حاصل از بارهای ناگهانی مواد آلی به سایر قسمت‌های واحد تصفیه پساب، مخزن یکنواخت‌سازی در مسیر پساب قرار می‌گیرد.

بطور کلی متعادل‌سازی با اهداف زیر صورت می‌گیرد:

- یکنواخت کردن پساب خروجی از نظر خصوصیات نظیر pH، رنگ، تیرگی، BOD
- کنترل pH
- کاهش غلظت بالای مواد آلوده کننده پساب
- کاهش BOD و بار مواد جامد معلق

^۱Equalization

- جلوگیری از اختلاط ناگهانی پسابهای حاوی مواد سمی مانند ترکیبات فلزات سنگین یا فورفورال با سایر پسابها
- کنترل میزان مواد منعقد کننده افزودنی

۲-۴-۱ نقش هوادهی در فرایند متعادل سازی

- توقف پساب در مخازن متعادل سازی، باعث سپتیک شدن (بی هوازی و عفونی شدن) پساب می گردد، لذا این مخازن جهت ممانعت از ته نشینی مواد جامد و معلق و همچنین جلوگیری از ایجاد شرایط بی هوازی، هوادهی می شوند. فواید هوادهی به سیستم عبارتست از:
- اختلاط بهتر پساب
 - اکسایش شیمیایی ترکیبات احیاء شده
 - اکسایش بیولوژیکی تا حد ممکن
 - همزدگی برای جلوگیری از ته نشینی مواد جامد معلق
 - کاهش دمای پساب هنگام بالا بودن درجه حرارت پساب خروجی
- هوادهی می تواند به طریق مکانیکی سطحی و یا تزریق هوای تحت فشار باشد که روش تزریق تحت فشار دارای مزایای بیشتری است. [۱۴ و ۸ و ۶]

۲-۵ خنثی سازی

- بهترین pH برای رشد میکروارگانیسمها در تصفیه بیولوژیکی حدود ۶/۵ تا ۸/۵ می باشد و نیز برای اینکه پساب تصفیه شده را به آبهای روان دفع کنند، عملیات خنثی سازی صورت می گیرد.
- عمل خنثی سازی یا در همان حوض متعادل سازی صورت می گیرد و یا در حوضچه کوچک بعد از آن انجام می شود.
- جهت خنثی سازی پساب با توجه به شرایط پساب باید اسید یا باز به آن تزریق شود. برای تعیین مقدار اسید یا باز مورد نیاز، از روش تیتراژ کردن مقدار معین پساب با ماده خنثی کننده مورد مصرف، استفاده می شود. pH باید در حدود ۷ تا ۸ نگهداشته شود. حوضچه های تنظیم pH معمولاً مجهز به همزنهای مکانیکی هستند.
- جهت کنترل pH، از یک pH متر اتوماتیک متصل به شیرهای مغناطیسی الکتریکی که به مخازن اسید و باز مربوط هستند، استفاده می شود. در هنگام کار با سیستم کنترل pH باید به نکات زیر توجه داشت:
- رابطه بین مقدار ماده خنثی کننده با pH غیر خطی است.
 - pH ورودی ممکن است ناگهان چندین درجه کم و زیاد شود.

- pH حالت خنثی بسیار حساس است و با مقدار کمی از ماده خنثی‌ساز، تغییر زیادی می‌کند.
 - ذراتی مانند چربی روی الکترودها می‌نشینند و اندازه‌گیری pH دچار اختلال می‌شود.
 - ظرفیت بافر پساب اثر زیادی در رابطه بین ماده خنثی‌کننده و pH گذاشته که الزاماً این ظرفیت ثابت نمی‌ماند.

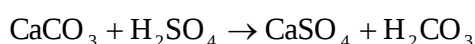
روش‌های خنثی‌سازی به مواردی از قبیل ماهیت پساب، وجود مواد شیمیایی و pH پساب وابسته است. این روش‌ها عبارتند از:

الف - اختلاط پساب‌ها جهت رسیدن pH به حدود خنثی

جهت خنثی‌سازی می‌توان واحدهای مختلف یک کارخانه یا چند کارخانه صنعتی مجاور هم را مخلوط کرد. این عمل احتیاج به انباشتن پسابها در صورت نیاز به منظور اجتناب از تخلیه یکبار به پساب‌های اسیدی یا قلیایی دارد.

ب- استفاده از سنگ آهک برای پساب‌های اسیدی

در این روش پساب را می‌توان، از بالا یا پایین بستر، با دبی حدود $1 \frac{\text{Gpm}}{\text{ft}^2}$ یا کمتر به بستری از سنگ آهک پمپ کرد. خنثی‌سازی طبق واکنش زیر انجام می‌شود:



واکنش در طول مدتی که سنگ آهک به اندازه کافی و در حال فعال در دسترس باشد، ادامه می‌یابد. مرتب کردن و چیدن سنگ آهک مصرف شده در بستر را نکته منفی برای این روش می‌باشد، زیرا باید سنگ آهک مصرف شده با سنگ آهک های تازه در فواصل زمانی معین تعویض شود. مدت زمان تعویض، بستگی به کیفیت و کمیت پساب‌های اسیدی دارد که از بستر می‌گرفتند.

ج- استفاده از دوغاب آهک برای پساب‌های اسیدی

در این روش، آهک بطور مداوم مورد مصرف قرار می‌گیرد زیرا به سولفات کلسیم تبدیل می‌شود و وارد پساب شده و از بین می‌رود. واکنش را می‌توان به کمک حرارت یا اکسیژن دهی به مخلوط، تسریع کرد.

گاهی کاربرد آهک هیدراته مشکل‌زا است زیرا در محل خروجی انبارهای ذخیره بصورت کلوخه درمی‌آیند، لذا این روش برای پساب‌های اسیدی به مقدار کم، مناسب است.

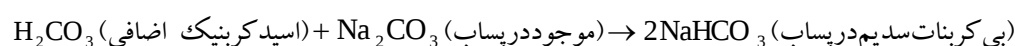
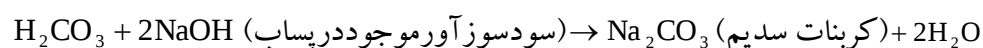
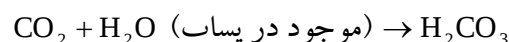
د- استفاده از سودسوزآور برای پساب‌های اسیدی

استفاده از محلولهای غلیظ سودسوزآور یا کربنات سدیم روش سریع‌تر و پرجزئی‌تر است. این روش دارای مزایای زیر می‌باشد:

- حجم کمتری از ماده خنثی ساز لازم است.
- محصولات واکنش محلول هستند و سختی آبهای پذیرنده را نمی افزایند.
- سود سوز آور معمولاً در قسمت مکش پمپ که پساب اسیدی را خارج می کنند، تزریق می شود. این روش افزودن، برای حجمهای کم مناسب است و برای حجمهای زیاد باید وسایل مخصوصی بکار گرفته شود. اندازه مخزن ذخیره سودسوز آور باید مناسب و مجهز به پمپ چند ساعته باشد تا ماده بازی را مستقیماً به جریان پساب بیافزاید.

ه- استفاده از گاز دودکش دیگ بخار برای پسابهای قلیایی

گاز دودکشی که بطور کامل سوخته شده است، شامل ۱۴٪ دی اکسید کربن می باشد. CO_2 در پساب حل شده، بصورت اسید کربنیک که اسید ضعیفی است درمی آید. تزریق گاز دودکش در پساب سبب اسیدی شدن آن می شود. در این روش واکنشهای زیر انجام می گیرد:



تجهیزات مورد نیاز این روش عبارتند از:

- دمنده ای قرار گرفته در دودکش
- خط لوله گاز برای انتقال گازها به محل تصفیه
- صافی برای جدا کردن گوگرد و ذرات کربن سوخته
- پخش کننده گاز جهت پخش کردن گازهای دودکش
- گازهای دودکش سبب خارج شدن سولفید هیدروژن از پساب هایی می شود که دارای مقدار قابل توجهی گوگرد هستند، این H_2S می باید سوخته، جذب و یا بطور صحیح به قسمتهای بالای هوا برای جلوگیری از مزاحمت هدایت شود.

و- استفاده از اسید سولفوریک برای پسابهای قلیایی

اسیدیته این روش بالا است و از معایب این روش، خاصیت خوردندگی و گران بودن آن است. [۱۴ و ۹ و ۸]

۶-۲ شناورسازی

شناورسازی، فرایند تبدیل مواد معلق، مواد محلول و بعضی کلوئیدها، به مواد شناور است. همچنین برای جدا کردن مایع از جامد و یا مایع از مایع (بخصوص چربی گیری) بکار می‌رود. شناورسازی با اهداف زیر صورت می‌گیرد:

۱ حذف الیاف و مواد سبک و شناور در پساب

۲ حذف چربی و روغن

۳ تغلیظ لجن بوسیله شناورسازی لجن

در فرایند شناورسازی، ذرات ریز معلق که به سختی ته نشین می‌شوند با نیروی بالابرنده حبابهای بسیار ریز هوا که به ذرات معلق می‌چسبند، شناور می‌شوند. لجنهای شناور مداوماً توسط رویه گیری، جدا می‌شوند و معمولاً مانند لجن تغلیظ شده جمع آوری و زه کشی می‌شوند. با این روش غلیظ کردن، مواد جامد موجود در لجن شناور بیش از دو برابر می‌شود. این لجن شناور معمولاً دارای ثبات کامل تر و عاری از بو است. [۸ و ۱۴]

۶-۲-۱ انواع سیستم‌های شناورسازی

دو نوع سیستم شناورسازی وجود دارد که عبارتند از:

الف- شناورسازی خلایی

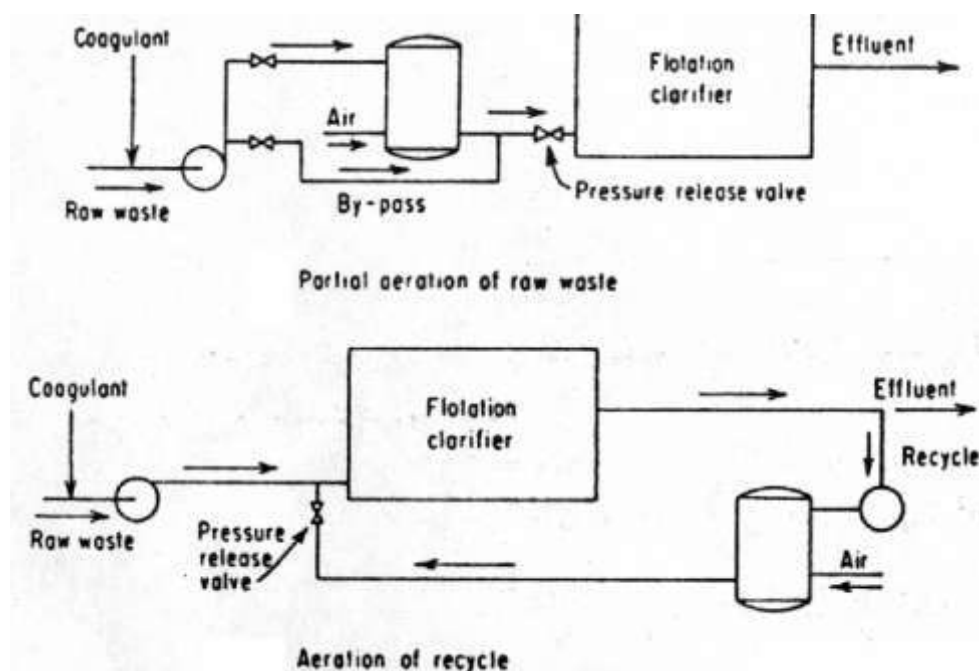
در این روش ابتدا پساب با هواپخش‌شان یا همزنهای مکانیکی هوادهی می‌گردد. مدت این هوادهی ۳۰ ثانیه و مقدار هوا ۰/۲۵ تا ۰/۵ فوت مکعب به‌ازاء هر گالن پساب است. پساب اشباع از هوا، وارد حوضچه خلاء با فشار درونی ۰/۳ اتمسفر می‌شود. خلاء باعث بالا آمدن حبابهای هوا و شناورسازی می‌شود. اشکال این سیستم آن است که بعلت پایین بودن فشار درونی، هزینه بالایی جهت مقاومت سیستم تحمیل می‌شود.

ب- شناورسازی فشاری^۱ (DAF)

در این روش هوای تحت فشار به پساب تزریق می‌شود، سپس هنگامی که پساب در معرض فشار جو واقع می‌شود، حبابهای هوا شکل می‌گیرند. جهت اختلاط کامل، قسمتی از پساب با مواد شیمیایی کمک منعقدکننده و هوا مخلوط و به مخزن DAF پمپ می‌شود. مواد گفته شده در انتهای مکش پمپ تزریق می‌گردد. هنگامیکه پساب در حوضچه‌های شناورسازی در معرض جو رها می‌شود حبابهای کوچک بالا

^۱ Dissolved Air Flotation

رونده، مواد معلق و مواد کلوئیدی را به دام می افکنند. ب کمک پاروهای لجن کش، این لجنهای شناور بطور دائم رویه گیری و جدا می شوند. شکل ۲-۵، طرحهایی از این سیستم را نشان می دهد.



شکل ۲-۵ طرحهایی از سیستم DAF

۲-۶-۲ نقش مواد شیمیایی کمک انعقاد

این مواد یک سطح و یا یک شبه ترکیب ایجاد می کنند که به آسانی بتواند حبابهای هوا را جذب کرده یا به دام بیندازد. مواد شیمیایی معدنی، مانند نمکهای آلومینیوم و آهن و سیلیکای فعال برای متصل کردن ذرات ریز به یکدیگر و ایجاد ساختمان ی که بتواند به آسانی حبابهای هوا را به دام اندازد، مورد استفاده قرار می گیرد. برای تعیین میزان تزریق ماده منعقد کننده، آزمایش جار انجام می شود.

در زیر ویژگی ها و محدوده کاربرد تعدادی از مواد منعقد کننده، آورده می شود:

۱- کلروفریک: یکی از مناسب ترین مواد منعقد کننده است. لخته های حاصل از مصرف آن وزین هستند و سرعت ته نشین می شوند. بهترین pH برای عملکرد مناسب این ماده حدود ۷ است. در تعدادی از پالایشگاه های کشور از این ماده استفاده می شود.

۲- سولفات فریک: در pH حدود ۸/۵ بهترین نتیجه را می دهد و می تواند بصورت خشک تزریق شود. این ماده ۶۰٪ BOD و ۸۰٪ مواد معلق را حذف می نماید و در حذف بعضی از رنگها مؤثر است.

۳- آهک: بصورت پودر مصرف می شود و قیمت آن بسیار پایین است. کار با آن خطرناک نیست و در حذف رنگ نیز تا حدودی مؤثر است.

۴- سولفات آلومینوم: بصورت خشک می تواند استفاده شود و کار با آن خطرناک نیست. این ماده در pH حدود ۷ بهترین نتیجه را می دهد و توانایی حذف ۴۰٪ BOD و ۸۰٪ مواد معلق را دارد.

۵- مخلوطی از سولفات فریک و کلروفریک و سولفات آلومینیوم ظاهراً در انعقاد پساب های کربن دار و سولفاتهای آهن (در پساب های حاوی مواد پروتئینی) کارایی بیشتری را دارند.

۶- استفاده از پلی الکترولیت های آلی که دارای قدرت عمل بصورت یونهای دارای بار مثبت یا منفی می باشند، اخیراً افزایش یافته است . از مزایای عمده این پلیمرها کمتر بودن میزان مصرف و حذف مشکلات انبار کردن می باشد. پلی الکترولیت ها خود بر دو نوع هستند:

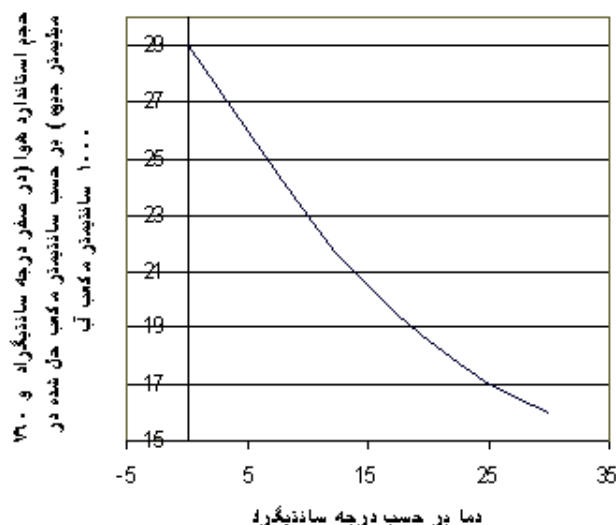
- طبیعی: مانند پلیمرهای بیولوژیکی و آنهایی که از مواد نشاسته ای بدست می آیند و مشتقات سلولز و آلژیناتها.

مصنوعی: منومرهای ساده که به پلیمرهایی با جرم مولکولی زیاد پلیمریزه می شوند. بسته به چگونگی بار هنگام قرار گرفتن در آب، ممکن است منفی، مثبت و یا خنثی باشد . این پلی الکترولیتها به ترتیب بصورت آنیونی، کاتیونی و خنثی طبقه بندی می شوند.

۳-۶-۲ عوامل مؤثر در بازدهی سیستم های شناورسازی

میزان تشکیل لخته به امکان تماس ذرات که تابعی از بار سطحی، عمق مخزن، زمان ماند، غلظت ذرات و دامنه اندازه ذرات می باشد، بستگی دارد. هر اندازه اختلاط مواد منعقد کننده با آب کامل تر باشد، عمل لخته سازی بهتر انجام می گیرد.

درجه حرارت پساب نیز با توجه به میزان انحلال هوا در آب در دماهای متفاوت، عامل مهمی در کارایی سیستم می باشد. حبابهای هوا دارای بار منفی هستند، آنیونها عمدتاً در طرف گازی وجه مشترک جمع می شوند و کاتیونها بصورت لایه ای نازک در طرف آبی وجه مشترک گسترش می یابند. به علت دارا بودن بار الکتریکی مواد معلق یا کلوییدی، بین آنها و حبابهای هوا جذب یا دفع صورت می گیرد. منحنی شکل ۲-۶، تاثیر درجه حرارت را نشان می دهد.



شکل ۲-۶ تاثیر درجه حرارت پساب بر میزان انحلال هوا در آب در فرایند شناورسازی

۲-۶-۴ نقش فرایند انعقاد و DAF در تصفیه پسابهای پالایشگاهی

استفاده از روش DAF در تصفیه پساب های آلوده به چربی و روغن، محصولات نفتی، رزین لاتکس، محصولات آلی سنتزی مخصوصاً وقتی سرعت ته نشینی ذرات کمتر از یک متر بر ثانیه است یا هنگامی که مایع، حاوی مقدار قابل توجهی گاز است، لازم می باشد. لذا این فرایند بطور گسترده ای در تصفیه پسابهای پالایشگاهها و صنایع پتروشیمی بکار می رود.

برای بررسی نقش شناورسازی بر روی پساب پالایشگاهی، در پژوهشگاه صنعت نفت دستگاه پایلوتی طراحی گردید و بررسی در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول، واحد شناورسازی در سرویس بوده و آزمایشات و اندازه گیری پارامترهای مختلف انجام شده و در مرحله دوم این واحد شناورسازی از سرویس خارج گردید و فقط واحد لجن فعال در سرویس بود. نتایج حاصل از این بررسی نشان می دهد با حذف فرآیند شناورسازی در بسیاری از موارد، غلظت مواد نفتی در پساب خروجی در حدی است که قابل استفاده در برج های خنک کننده نخواهد بود. راندمان حذف مواد معلق در فرآیند شناورسازی بسیار خوب است و در اغلب موارد بیش از ۷۰٪ می باشد. [۴۱]

۲-۶-۵ مزایای روش شناورسازی

- ۱- زدایش همزمان چربی و مواد جامد سبک در رو و شن و مواد جامد سنگین که به کف ته نشین می شوند.
- ۲- به حداقل رسیدن ناراحتی های ناشی از بو بدلیل زمانهای ماند کوتاه، تحت فشار بودن و هوادهی واحدها و حضور اکسیژن محلول.
- ۳- غلیظ بودن کفاب و لجن واحد شناورسازی نسبت به لجن حاصل از ته نشینی. [۱۴ و ۱۰ و ۸]

فصل سوم

تصفیه بیولوژیکی

جریان خروجی از سیستم تصفیه مقدماتی هنوز دارای ۴۰ تا ۵۰ درصد از مواد جامد معلق و تقریباً تمام مواد آلی و معدنی محلول اولیه می باشد. برای رسیدن به حداقل استانداردهای تخلیه سازمان محیط زیست، جزء آلی مواد معلق و محلول باید به میزان قابل توجهی کاهش یابد. حذف این مواد آلی معمولاً بوسیله سیستم‌های تصفیه بیولوژیکی صورت می گیرد. در این سیستم‌ها از میکروارگانیسم‌ها برای کاهش مواد آلی محلول استفاده می شود. میکروارگانیسم با مصرف آلودگی‌های آلی به عنوان غذا، بار آلودگی سیستم را کاهش می دهد. پس از تصفیه توسط سیستم‌های تصفیه بیولوژیکی، وارد مرحله تصفیه پیشرفته می شود. روش‌های زیر برای تصفیه بیولوژیکی وجود دارند:

۱- لجن فعال

۲- صافی چکنده

۳- سیستم RBC

۴- سیستم SBR

۵- راکتورهای UASB

۶- برکه‌های تثبیت

که در پالایشگاه‌های کشور از روش لجن فعال استفاده می شود. در این فصل ابتدا مطالبی در مورد مفاهیم و اصول اولیه تصفیه بیولوژیکی ارائه می شود و سپس در مورد انواع سیستم‌های تصفیه بیولوژیکی فوق‌الذکر توضیحاتی آورده می شود.

۱-۳ مفاهیم و اصول تصفیه بیولوژیکی

۱-۱-۳ میکروبیولوژی پساب

در تصفیه بیولوژیکی، میکروارگانیسم‌ها مواد آلی موجود در پساب را به عنوان منبع غذایی خود مورد استفاده قرار می دهند و آنها را تبدیل به سلولهای بیولوژیکی یا جرم زنده^۱ می نمایند. از آنجا که پساب

^۱ Biomass

دارای گونه‌های بسیار متعدد از مواد آلی است، طیف وسیعی از میکروارگانیسمها برای تکمیل عملیات تصفیه مورد نیاز است. هر نوع میکروارگانیسم در کشت میکروبی، از مناسبترین منبع غذایی برای سوخت و ساز خود استفاده می نماید. میکروارگانیسمهایی که در تصفیهٔ پساب دخالت دارند عمدتاً همانهایی هستند که در سیستم آبهای شیرین طبیعی به تجزیه مواد آلی می پردازند. در زیر انواع کلی میکروارگانیسمها معرفی می شوند:

الف- باکتری

باکتریها فراوانترین گونهٔ میکروبی موجود در سیستمهای تصفیه پساب می باشند و از نظر کمیت تعدادشان به بیش از 10^6 باکتری بر لیتر می رسد. به دلیل فراوانی زیاد و اندازهٔ کوچک $1/5-0/2$ میکرون، روش های خاصی برای مطالعهٔ رفتار طبیعی باکتریها بکار گرفته می شود. این روش ها شامل مطالعهٔ گروهی باکتریها در محیط طبیعی و شرایط متغیر و یا مطالعهٔ اختصاصی و دقیق میکروارگانیسم جدا شده از محیط در شرایط آزمایشگاه می باشد. یکی از معروف ترین میکروارگانیسمهای موجود در طبیعت و واحدهای تصفیه، باکتریهای میله ای هستند که *Pseudomonas* و *Hzoogloee* از جمله این باکتریها می باشند.

ب- جلبک

جلبکها در آبهای شیرین، شور و آبهای آلوده رشد می کنند. مبانی مهم در تفکیک گونه های جلبک عبارتند از: رنگ، ساختار سلولی، شیمی غشاء سلولی، ذخیرهٔ محصولات و وجود یا عدم وجود تازک.

ج- پروتوزوا

پروتوزواها میکروارگانیسمهایی هستند که دارای تنوع شکل ظاهری و نحوه زندگی می باشند. این گونهٔ سلولی معمولاً بصورت تک سلولی و متحرک بوده و بر اساس شکل ظاهری دسته بندی می شود. بسیاری از پروتوزواها دارای زندگی انگلی بوده و برای تکمیل چرخهٔ زندگی نیاز به یک میکروارگانیسم مهمان دارند. نمونه هایی از پروتوزوآهای مشاهده شده در پساب ها عبارتند از : *Sarcodina*, *Mastigophana*, *Siliophora* – theciliates. [۳۵ و ۳۶]

۳-۱-۲ اصول تصفیهٔ بیولوژیکی

همانطور که گفته شد، در تصفیهٔ بیولوژیکی از فعالیت بیولوژیکی میکروارگانیسمها برای حذف آلاینده ها استفاده می شود. هدف از تصفیهٔ بیولوژیکی پساب، منعقد کردن و حذف جامدات محلول و کلوییدی غیرقابل ته نشینی و تثبیت مواد آلی است.

در اکثر حالات، مواد آلی به محصولات اکسید شدهٔ نهایی مثل آب و دی اکسید کربن و همچنین سلولهای جدید تبدیل می شود. مواد آلی هم بعنوان منبع انرژی و هم منبع کربن برای سنتز سلولی تحت

این شرایط بکار می‌روند. کاهش ترکیبات آلی بوسیله میکروارگانیسم‌ها که در نتیجه متابولیسم سلول است، تجزیه بیولوژیکی^۱ نامیده می‌شود. گاهی این فرایند یک ترکیب را به یک ماده سمی تبدیل می‌کند و فرایند متوقف می‌شود. این اتفاق در هضم بسیاری از لجن‌ها که میکروارگانیسم‌های اسیدساز، ماده آلی را به اسید آلی تبدیل می‌کنند، دیده می‌شود. در این حالت وقتی غلظت اسید به میزان معینی برسد موجب مرگ خود میکروارگانیسم می‌شود. بطور کلی زمانی یک ماده، قابل تجزیه بیولوژیکی^۲ نامیده می‌شود که بوسیله فعالیت بیولوژیکی قابل تبدیل به مواد معدنی باشد.

۳-۱-۳ اثر پارامترهای محیطی بر تصفیه بیولوژیکی

پارامترهای محیطی تأثیر بسزایی بر سرعت واکنش‌های بیولوژیکی دارند. مهمترین این پارامترها عبارتند از: دما، pH، سوستر، مواد سمی موجود در محیط و رطوبت که در زیر آورده شده است.

الف - pH

اکثر میکروارگانیسم‌ها می‌توانند نوسانات pH را در محدوده ۶ تا ۹ تحمل کنند و در محدوده pH بین ۶/۵ تا ۸/۵ بیشترین فعالیت را دارند. بسیاری از پساب‌های صنعتی pH اسیدی یا قلیایی شدید دارند که در این حالت بایستی pH را تنظیم کرد. در شرایطی که pH پساب کمتر از ۶ باشد، پروتوزوآها و بسیاری از باکتریها نمی‌توانند زنده بمانند. اما چنین محیطی برای رشد قارچها مناسب است در نتیجه در چنین شرایطی میزان حذف BOD کاهش می‌یابد. در pH بالا نیز فسفر رسوب کرده و در دسترس باکتریها قرار نمی‌گیرد که این هم موجب کاهش حذف BOD می‌شود. pH روی فعالیت آنزیمی باکتریها نیز اثر دارد.

ب- سمیت

بعضی از ترکیبات آلی و برخی از مواد از قبیل مس، کرومات، سیانید و فلر بر ای‌بوخی میکروارگانیسم‌ها سمی‌اند و بالاتر از یک غلظت خاص موجب کاهش و یا توقف سرعت تنفس و رشد آنها می‌شوند. سازش نسبت به فلزات یا سیانید ممکن است ایجاد نشود و بایستی این مواد را قبل از تصفیه بیولوژیکی از سیستم حذف کرد.

به طور کلی دو نوع سمیت شدید و نسبتاً شدید وجود دارد. در سمیت شدید، جمعیت بیولوژیکی به سرعت نابود می‌شود اما در سمیت نسبتاً شدید، جمعیت بیولوژیکی خیلی آهسته از بین می‌رود. سمیت شدید زمانی بوجود می‌آید که غلظت زیادی از مواد سمی مانند سیانید یا آرسنیک وارد سیستم شود.

^۱Biodegradation

^۲Biodegradable

سمیت نسبتاً شدید در غلظت بالای عناصری چون مس بوجود می آید. اگر پسری دارای مقادیر بالایی از COD یا TOC و مقادیر کمی BOD باشد بررسی سمیت پساب لازم است.

ج- مواد غذایی

میکروارگانیزمها نیز مانند هر موجود زنده دیگر برای ادامه حیات به مواد غذایی نیازمندند. در سیستم تصفیه پساب، مواد غذایی میکروارگانیزمها همان مواد آلی و معدنی موجود در پساب می باشد. مواد غذایی در پساب های شهری وجود دارد اما در پساب های صنعتی بای از مواد غذایی اضافی برای تأمین نیتروژن، فسفر و عناصر جزئی^۱ استفاده کرد. نیتروژن و فسفر معمولاً به صورت اوره و فسفیت آمونیوم، آمونیاک و فسفیت اسید تأمین می شود. باکتریها از نیتروژن برای ساختن پروتوپلاسم و از فسفر برای ساختن اسیدهای نوکلئیک استفاده می کنند. کمبود نیتروژن موجب می شود تا میکروارگانیزمها حالت پراکنده پیدا کرده، به اصطلاح به صورت رشته ای در آیند که قابلیت ته نشینی ضعیفی دارند. علاوه بر این کاهش نیتروژن، از تولید سلولهای جدید جلوگیری می کند. طبق یک قانون عملی، ۵ پوند نیتروژن و ۱ پوند فسفر برای هر پوند BOD نیاز است. بجز از نیتروژن و فسفر مقدار سایر عناصر معدنی معمولاً کم است. بسیاری از این عناصر را به عنوان عناصر جزئی می شناسند که مهمترین آنها عبارتند از پتاسیم، منیزیم، منگنز، کلسیم، آهن، کبالت، مس، روی، مولیبدن. نبودن مواد غذایی ضروری در یک سیستم باعث کاهش بازدهی تبدیل مواد آلی به سلولها و محصولات نهایی می شود.

د- دما

دما یکی از فاکتورهای مهم در عملکرد سیستم تصفیه است و اثر زیادی روی فعالیت باکتریهای موجود در سیستم دارد. معمولاً بازاء هر ۱۰ درجه سانتیگراد افزایش دما، سرعت رشد میکروبی ۲ تا ۳ برابر می شود. در دماهای بالاتر باکتریها فعال تر می شوند و در دمای پایین تر فعالیت آنها کاهش می یابد. معمولاً بهترین دما برای فعالیت باکتریها ۲۶ تا ۳۶ درجه سانتیگراد است. سرعت واکنشهای بیوشیمیایی در سیستم تصفیه بیولوژیکی طبق قانون آرنیوس تغییر می کند، یعنی با افزایش دما سرعت واکنش افزایش می دهد.

۳-۱-۴ تقسیم بندی بر اساس هوادهی به سیستم

سیستمهای های بیولوژیکی را از نظر محیط بیوشیمیایی و رشد میکروارگانیزمها می توان به دو دسته هوازی و بی هوازی تقسیم بندی نمود.

^۱Trace

الف - سیستم‌های بیولوژیکی هوازی

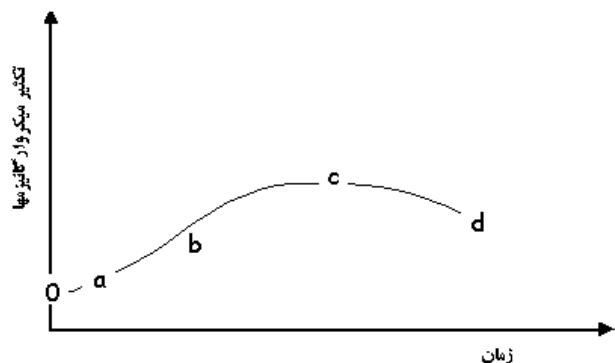
عنصر اصلی در این سیستم‌ها، باکتری‌های هوازی هستند. این باکتری‌ها با استفاده از اکسیژن محلول

در پساب به تجزیه مواد آلی موجود در پساب

می‌پردازند. منحنی زیر سرعت تکثیر

میکروارگانیسم‌ها را برحسب زمان هوادهی

بیان می‌کند:



زمان a-b: زمان عادت کردن

زمان a-b: رشد هندسی سریع

زمان b-c: مرحله تثبیت

زمان c-d: مرحله مرگ خودبخودی (میکروارگانیسم‌ها به علت نبودن غذا، خودبخود اکسید شده و

از بین می‌روند) [۱۴]

مهمترین مسأله در اینجا میزان اکسیژن موجود در پساب می‌باشد که برای تأمین این نیاز می‌توان از دمیدن هوا به داخل سیستم استفاده کرد بنابراین می‌توان گفت قسمت اعظم هزینه این سیستم مربوط به انرژی الکتریکی مورد نیاز جهت هوادهی می‌باشد، به گونه‌ای که برای حذف یک کیلوگرم BOD در حدود ۴-۱۰ Kw انرژی لازم است. از سوی دیگر در صورت غلیظ بودن پساب، زمان لازم جهت هوادهی بسیار زیاد و هزینه تصفیه بدلیل محدودیت‌های موجود افزایش چشمگیری خواهد داشت. محصول سیستم‌های هوازی، پساب تصفیه شده با آلودگی پایین و کیفیت تقریباً بالا است که نشان دهنده راندمان بالای فرایند است. اما از سوی دیگر به دلیل تولید نسبتاً زیاد انرژی در این سیستم و در دسترس بودن مواد غذایی لازم جهت تولید جرم زنده، مقدار بقده میکروبی تولید شده در این سیستم زیاد است و تقریباً حدود نیمی از آلودگی پساب به لجن تبدیل خواهد شد. این لجن ماده‌ای بسیار آلوده می‌باشد و برای تثبیت آن فرایندهای هزینه بر دیگری لازم است. از سوی دیگر تبدیل بالای مواد آلی به جرم زنده، نیاز سیستم به مواد غذایی مانند ازت و فسفر را دربردارد که خود در سیستم‌های هوازی که کمبود این دو عنصر را دارند ایجاد مشکلاتی می‌نماید.

ب- سیستم‌های بیولوژیکی بی‌هوازی

جانداران ذره‌بینی این گونه سیستم‌ها نسبت به سیستم‌های هوازی متفاوتند. این گونه موجودات در محیط‌هایی که اکسیژن هوا موجود نباشد، قادر به ادامه حیات هستند و اصولاً وجود اکسیژن هوا عامل مسمومیت و مرگ این باکتری‌ها می‌شود، لذا عدم نیاز به اکسیژن باعث گردیده است که هزینه این سیستم نسبت به سیستم هوازی کمتر باشد.

از سوی دیگر افزایش غلظت پساب نه تنها باعث افت راندمان نمی شود بلکه باعث افزایش کارایی آنها نیز خواهد شد. لازم به ذکر است که سیستم دارای محصول با ارزش گاز متان است که دارای ارزش حرارتی جهت سوزاندن می باشد. مقدار لجن تولید شده در این سیستم در حدود ۲۰٪ مقدار تولید شده در سیستم های هوازی است و تنها حدود ۱۵٪ از BOD حذف شده در این سیستم به لجن تبدیل می شود. لجن تولید شده خاصیت آبیگری و ته نشینی بالایی دارد و تقریباً تثبیت شده است یعنی با ماندن لجن در فضای باز به مدت زیاد، لجن متعفن نشده و باعث آلودگی محیط نخواهد شد. سیستم های بی هوازی اساساً پیش تصفیه هستند و راندمان آنها نمی تواند در حد سیستم های هوازی باشد لذا آلودگی پساب خروجی خیلی پایین نیست. این سیستم ها نسبت به تغییرات محیطی از جمله pH حساسیت بیشتری دارند که خود جزء معایب این سیستم ها است. [۱۱ و ۱۲]

در این فصل به شرح هر یک از سیستم های تصفیه بیولوژیکی اعم از هوازی و بی هوازی که جهت تصفیه پساب های صنعتی از جمله پساب های پالایشگاهی بکار می روند، پرداخته می شود. این سیستم ها عبارتند از:

- لجن فعال
 - صافی چکنده
 - دیسکهای بیولوژیکی دوار (RBC)
 - راکتورهای منقطع متوالی (SBR)
 - راکتورهای با بستر لجن بس هوازی (UASB)
 - برکه های تثبیت
- در ادامه به شرح هر یک می پردازیم.

۲-۳ سیستم لجن فعال^۱

در تصفیه پساب به روش لجن فعال، ابتدا بر روی پساب ورودی تصفیه مقدماتی جهت حذف ذرات درشت و قابل ته نشینی انجام می گیرد و سپس اختلاط لجن فعال با پساب و هوادهی آن، منجر به اکسیداسیون سریع مواد آلی پساب و انعقاد مواد آلی معلق ریز کلوییدی با ته نشین سریع، می شود. در همه پالایشگاههای کشور که دارای سیستم تصفیه بیولوژیکی هستند از این سیستم بهره می برند.

منظور از لجن فعال یا فعال شده، ذرات لجن تولید شده در پساب خام و یا ته نشین شده (خروجی از تصفیه مقدماتی) توسط میکروارگانیسمها می باشد که در حوض های هوادهی و در حضور مقادیر کافی اکسیژن محلول، تشکیل می شوند. واژه لجن فعال به این دلیل به این روش اطلاق می گردد که ذرات، متشکل از موجودات زنده از قبیل باکتریها، قارچها و پروتوزوآها می باشند. عبارت دیگر میکروارگانیسمها

^۱ Activated Sludge

در طول مسیر خود از حوض هوادهی به مخزن ته‌نشینی و بازگشت مجدد به حوض هوادهی، به علت دور بودن از مواد آلی و مغذی در یک قحطی بسر برده ، وارد حوض هوادهی می شوند و بفعالیت بیشتری شروع به جذب مواد غذایی می کنند، لذا به این توده‌های میکروبی «لجن فعال شده» گفته می‌شود. لجن فرایند ایده‌ال، معمولاً رنگ قهوه‌ای طلایی داشته (شکل ۱-۳) و بوی خاک نیز می‌دهد و در حین اختلاط با پساب به راحتی به حالت تعلیق در می‌آید. [۱۴ و ۵]



شکل ۱-۳ لجن فرایند ایده‌ال، رنگ قهوه‌ای طلایی دارد

در فرایند لجن فعال، اکسیداسیون بیوشیمیایی توسط باکتریهای زنده و فعال انجام می گیرد. همین باکتریها نیز در صورت بهره‌برداری مناسب در تشکیل مواد جامد قابل ته‌نشینی، مؤثر خواهند بود. قسمتی از مواد معلق تثبیت شده ، در اثر این اکسیداسیون به دی‌اکسید کربن، آب، سولفات‌ها و نیترا‌تها تبدیل می‌شوند. مواد جامد باقیمانده بصورت لجن در عملیات ته‌نشینی از پساب جدا می‌شوند. بعد از انجام فرایند هوادهی، پساب به طرف کلاریفایر (حوض ته‌نشینی ثانویه) هدایت می‌شود تا میکروارگانیسم‌ها از مایع جدا گردند. قسمتی از میکروارگانیسم‌های جدا شده یا تمام آنها به حوض هوادهی برگشت داده می‌شوند تا بصورت لجن فعال عمل نمایند. پساب تصفیه شده، به مرحله تصفیه پیشرفته ارسال می‌شود. در زیر مراحل تصفیه به‌روش لجن فعال آورده شده است:

۱-۲-۳ حوض هوادهی

تصفیه به روش لجن فعال بر مبنای اکسیداسیون جهت حذف مواد و ذرات ریزی است که در تصفیه مقدماتی ته‌نشین نمی‌شوند. میکروارگانیسم‌های هوازی این عمل را در چند ساعت حین عبور پساب از حوض هوادهی انجام می‌دهند. یک روش برای بالا بردن کیفیت پساب خروجی از سیستم های لجن فعال و افزایش راندمان آنها، این است که پودر کربن فعال (PAC) به حوضچه هوادهی اضافه شود. در نتیجه بدون نیاز به تجهیزات اضافه و گران قیمت راندمان سیستم تصفیه بیولوژیکی به نحو چشمگیری افزایش می‌یابد. به علاوه با این روش می‌توان رنگ، تعدادی از فلزات سنگین، آروماتیک‌ها و ترکیبات کلره آنها، سموم دفع آفات، فنل و ترکیباتی که سبب بهم خوردن کار واحد تصفیه بیولوژیکی می‌شوند را حذف نمود و مقاومت سیستم را در برابر تغییرات بار آلی و سموم مختلف افزایش داد. بیشتر سیستم های لجن

فعال، تحت تأثیر بارهیدرولیکی و مواد سمی پساب ورودی قرار می گیرند. لذا به منظور کنترل این عوامل در سالهای اخیر استفاده از پودر کربن فعال در حوضچه هوادهی ب شدت مورد توجه قرار گرفته است. اطلاعات کامل تر در مورد بکارگیری کربن فعال در سیستم تصفیه پساب در پیوست چهار آورده شده است.

انواع سیستمهای لجن فعال بر اساس زمان و نوع هوادهی در حوض هوادهی، دارای تقسیم بندی زیر می باشد:

- ۱ - هوادهی متعارف^۱
- ۲ - هوادهی طولانی (ممتد یا گسترده)^۲
- ۳ - تثبیت و تماس^۳
- ۴ - اختلاط کامل^۴
- ۵ - هوادهی مرحله ای^۵
- ۶ - روش AB^۶
- ۷ - هوادهی با اکسیژن خالص

الف- روش هوادهی متعارف

هنگامیکه پساب وارد حوضه ای هوادهی می شود، با لجن فعال مخلوط شده و مخلوطی از لجن، آب و مواد جامد ورودی تشکیل می دهد. نمایی از حوض هوادهی در شکل ۳-۲ آمده است. لجن فعال اضافه شده حاوی میکروارگانیسمهای زنده مختلف و مفید می باشد. میکروارگانیسمها از پساب ورودی به عنوان غذا و منبع انرژی برای رشد و تکثیر خود استفاده می کنند و به این طریق پساب را تصفیه می نمایند. لجن فعال همچنین یک شبکه تورمانند به نام لخته^۷ تشکیل می دهد که باعث به دام انداختن و حذف ذراتی می شود که قابل استفاده میکروارگانیسمها به عنوان غذا نیستند. بخشی از موادی که به سطح لخته ها می چسبند در نتیجه اکسیداسیون بیولوژیکی، به توده سلولی و مواد ساده تر تبدیل می شوند. خاکستر و یا مواد معدنی (گل و لای) به لخته ها چسبیده و باعث افزایش چگالی لخته ها می گردد.

^۱ Conventional

^۲ Extended

^۳ Contact Stabilization

^۴ Complete Mix

^۵ Step Aeration

^۶ Absorption Oxidation

^۷ Flock



شکل ۲-۳ نمایی از حوض هوادهی

اختلاط در حوض هوادهی باعث برخورد لخته‌ها به یکدیگر شده و در نتیجه باعث افزایش اندازه آنها می‌گردد. این لخته‌ها در نهایت به اندازه کافی سنگین شده و در حوض ته‌نشینی ثانویه ته‌نشین و حذف می‌گردند.

بعضی از میکروارگانیسم‌ها نیاز به زمان طولانی جهت استفاده از غذای موجود در پساب دارند، همچنین بسیاری از آنها با یکدیگر در استفاده از غذای موجود در پساب رقابت می‌کنند. میکروارگانیسمی در محیط غالب است که قادر باشد در کوتاهترین زمان، بیشترین عمل تثبیت را انجام دهد.

میکروارگانیسم‌ها برای اکسیداسیون مواد زائد که به منظور تأمین انرژی ضروری آنها جهت رشد و نمو صورت می‌گیرد، به اکسیژن نیاز دارند که معمولاً از طریق هوا تأمین می‌شود. غلظت کم اکسیژن باعث کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌های هوازی و باکتریهای دوزیستی می‌شود و محیط را برای ایجاد موادی با بوی ناخوشایند، فراهم می‌کند.

افزایش تعداد میکروارگانیسم‌ها در حوض هوادهی مستلزم افزایش غلظت اکسیژن محلول در محیط می‌باشد. غذای بیشتر در پساب ورودی، فعالیت بیشتر میکروارگانیسم‌ها را به دنبال داشته و نیز باعث اکسیداسیون بیشتر مواد آلی می‌گردد. در نتیجه در حوض هوادهی و همچنین برای تثبیت کامل مواد زائد مقادیر بیشتری اکسیژن مورد نیاز است. این اکسیژن باید، ابتدا از طریق هوا در پساب حل گردد تا سلول بتواند از آن استفاده کند. برای ثابت ماندن غلظت اکسیژن محلول و پایداری سیستم باید موازنه زیر برقرار باشد:

میزان انتقال اکسیژن به پساب = مصرف اکسیژن توسط میکروارگانیسمها
 مقدار اکسیژن مورد نیاز برای تنفس میکروارگانیسمها (شدت مصرف اکسیژن) تابعی است که به غلظت توده میکروارگانیسم و بار ورودی به حوض و درجه حرارت و متابولیسم میکروارگانیسمها بستگی دارد لذا سیستم هوادهی باید بنحوی طراحی گردد که غلظت اکسیژن محلول (DO^1) در پساب حدود ۲ میلی گرم بر لیتر حفظ شود. در صورتیکه مقدار DO در حوض هوادهی خیلی کم باشد، باکتریهای رشته‌ای موجود در لخته غالب خواهند شد و در این حالت لخته در حوض ته‌نشینی ثانویه ته‌نشین نخواهد شد. همچنین اگر مقدار DO خیلی زیاد باشد، لخته‌های نوک سوزنی تولید می‌شوند که دارای خاصیت ته‌نشینی مناسبی نیستند. [۲۹ و ۱۴ و ۵]

ب- روش هوادهی طولانی (گسترده)

روش هوادهی طولانی شبیه روش لجن فعال متعارف است بلاین تفاوت که میکروارگانیسمهای این فرایند برای مدت طولانی تری در حوض هوادهی باقی می‌مانند و مواد مغذی چندانی به آنها نمی‌رسد. ناکافی بودن مواد مغذی به این دلیل است که تعداد میکروارگانیسمها بیش از تعداد آنها در فرایند لجن فعال است. باکتریها علاوه بر مواد ورودی، هرگونه مواد قابل تغذیه در باکتریهای مرده را نیز مصرف می‌کنند. محصول بدست آمده دی‌اکسید کربن، آب و مواد باقیمانده ای است که برای میکروارگانیسمها قابل مصرف نمی‌باشد.

ج- روش تثبیت تماسی

تثبیت تماسی مشابه روش متعارف لجن فعال است ولی در این روش بیدام انداختن مواد زائد و هضم این مواد توسط میکروارگانیسمها در حوضهای هوادهی جداگانه ای انجام می‌شود. میکروارگانیسمها می‌توانند در مدت ۱۵ تا ۳۰ دقیقه مواد زائد را به سطح دیواره سلولی خود جذب نمایند اما جذب به داخل سلول چند ساعت طول می‌کشد. در فرایند متعارف لجن فعال، جذب سطحی به داخل سلول در یک حوض انجام می‌شود و بنابراین پساب باید برای مدت طولانی تری در مخزن باقی بماند. در هر دو روش، میکروارگانیسمها به‌درون کلاریفایر جریان می‌یابند تا از پساب جدا شوند. اما در فرایند تثبیت تماسی، میکروارگانیسمهای ته‌نشین شده همچنان به هضم مواد زائد ادامه می‌دهند که برای این مرحله یک حوض هوادهی دیگر به‌نام حوض تثبیت یا هوادهی مجدد، تعبیه می‌شود. در این حوض میکروارگانیسمها مواد زائد را هضم می‌کنند و سپس به حوض هوادهی اول (حوض تماس) بازگردانده می‌شوند تا مواد بیشتری را هضم کنند. غلظت $MLSS$ در این روش باید بین ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی گرم در

¹ Dissolved Oxygen

لیتر حفظ شود اگر این غلظت بالا رود لجری را که میکروارگانیزم‌ها تشکیل می‌دهند، باید مثل فرایند لجن فعال دفع کرد.

د- روش اختلاط کامل

روش اختلاط کامل، یک روش تصفیه ایده‌آل است که محتویات آن کاملاً مخلوط می‌شوند و غلظت MLSS در سرتاسر حوض هوادهی یکنواخت است. برای اطمینان از انجام این کار، غالباً تتویی می‌دهند تا توزیع پساب ورودی و تخلیه پساب بطور یکنواخت انجام شود. در این خصوص توجه به شکل حوض و اختلاط مناسب پساب ضروری است.

ه- روش هوادهی مرحله‌ای

در این روش، برای پخش یکنواخت پساب در حوض هوادهی، ورودی به حوض را در چند نقطه قرار می‌دهند ولی لجن فعال برگشتی فقط از یک نقطه وارد می‌شود. زمان هوادهی حدود ۴ ساعت و میزان جریان برگشتی ۲۵ تا ۳۵ درصد پساب ورودی می‌باشد. نوع هوادهی باید بگونه‌ای باشد که همواره هوای زیادتری در ابتدای حوض هوادهی به پساب تزریق شود. میزان برگشت لجن فعال در روش های مختلف تصفیه بیولوژیکی بر اساس پیشنهادات سازمان بهداشت جهانی مطابق جدول ۱-۳، است.

جدول ۱-۳ میزان پیشنهادی لجن بازگشتی

روش تصفیه	حداقل (%)	متوسط (%)	حداکثر (%)
هوادهی متعارف	۱۵	۳۰	۷۵
هوادهی گسترده	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
هوادهی لجن برگشتی	۵۰	۱۰۰	۱۵۰

و- روش AB

سیستم AB شامل دو مرحله فرایند لجن فعال بصورت سری است (شکل ۳-۳) و صفت مشخصه آن مجزا بودن لجن مرحله اول از دوم می‌باشد.

مشخصات کلی فرایند به شرح زیر است:

- بارگذاری حداکثر در مرحله A (بیش از ۲ کیلوگرم BOD بر کیلوگرم MLSS) و بارگذاری

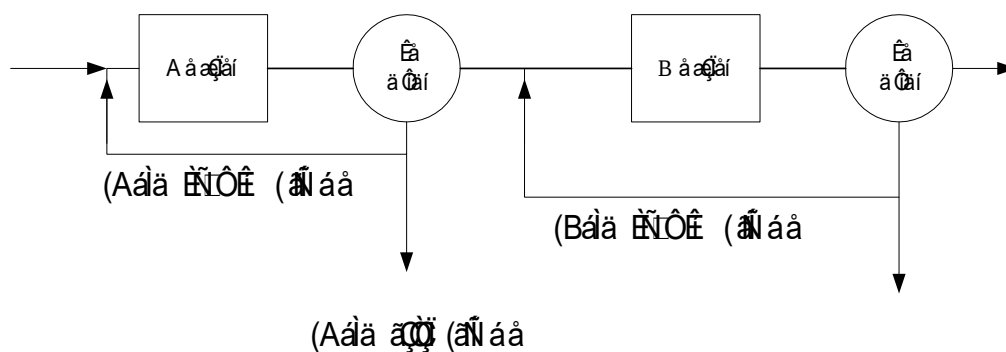
کم در مرحله B (۰/۳ کیلوگرم BOD بر کیلوگرم MLSS در روز)

- تولید لجن در مرحله A زیاد است که دلیل عمده آن بالا بودن $\frac{F}{M}$ می‌باشد.

- میکروارگانیزمها در مرحله A در فاز رشد لگاریتمی قرار دارند.

- عمر لجن در مرحله A پایین است و کمتر از نیمروز است. در حالیکه عمر لجن در مرحله B بالا است.

- شاخص حجمی لجن در مرحله A پایین است $(\frac{60}{gr} - 40)$ و در مرحله B تقریباً مشابه سیستمهای یک مرحلهای است $(\frac{90}{gr} - 130)$ [۲۲ و ۲۳]



شکل ۳-۳ شماتیک نحوه قرارگیری واحدها در فرایند AB

ز- هوادهی با اکسیژن خالص

بدلیل نیاز به جابجایی حجم زیادی از هوا، از اکسیژن خالص نیز در سیستم های لجن فعال استفاده شده است. در این حالت حجم هوای مورد نیاز حدود یک پنجم کاهش می یابد. استفاده از اکسیژن خالص باعث می گردد لجن بهتری در فرایند لجن فعال ایجاد گردد که از نظر خواص ته نشینی و بی آب سازی بهتر از لجن های ایجاد شده در فرایندهای با هواست. سیستم تزریق اکسیژن به داخل پساب نیز بسیار کوچکتر و هزینه آن نیز یک پنجم تزریق هوا می باشد. ولی هزینه تولید اکسیژن به مراتب بیشتر از صرفه جویی انرژی فوق بوده و مشکلات مربوط به تهیه اکسیژن نیز قابل تأمل است. بنابراین اگرچه این فرایند از نظر تجاری در بازار ارائه شده است، از نظر اقتصادی قابل رقابت با سیستمهای عادی نیست. [۱۴ و ۱۵]

جدول ۳-۲ پارامترهای مختلف طراحی در سیستمهای لجن فعال

فرایند	راندمان برداشت BOD (%)	میزان بازگشت لجن (%)	زمان هوادهی (ساعت)	بار سطحی	$\frac{F}{M}$ (کیلوگرم BOD در روز بر کیلوگرم MLSS)	MLSS (MG/L)	بار آلی (کیلوگرم BOD در روز در متر مکعب)	زمان توقف سلولی (روز)	نیاز $\frac{m^3}{kg BOD}$ مقدار هوای مورد
هوادهی ممتد	۸۵-۹۵	۱۰۰	۲۰-۳۰	۰/۰۵-۰/۲	۰/۰۵-۰/۲	۳۰۰۰-۶۰۰۰	۰/۱۶-۰/۴۸	۱۰-۳۰	۹۰-۱۲۵
هوادهی متعارف	۹۰-۹۵	۳۰	۶/۰-۷/۵	۰/۵۶	۰/۲-۰/۵	۱۵۰۰-۳۰۰۰	۰/۴۸-۰/۶۴	۴-۱۴	۴۵-۹۰
هوادهی مرحله ای	۸۵-۹۵	۵۰	۵-۷	۰/۸۰	۰/۲-۰/۵	۲۰۰۰-۳۵۰۰	۰/۴۸-۰/۸۰	۴-۱۴	۴۵-۹۰
هوادهی تثبیت تماس	۸۰-۸۵	۱۰۰	۶-۹	۱-۱۲	۰/۲-۰/۵	۱۰۰۰-۳۰۰۰	۰/۴۸-۰/۸۰	۴-۱۴	۴۵-۹۰
هوادهی با اکسیژن خالص	۹۰-۹۵	۵۰	۱-۳	-----	۰/۶-۱/۵	-----	> ۱/۸	-----	-----
سیستم کاملاً مخلوط	۹۰	۵۰	۴-۶	-----	۰/۳-۰/۵	-----	۰/۴-۰/۸	-----	-----

۲-۲-۳ کلاریفایر و بازگشت لجن

پس از توقف چند ساعته در حوض هوادهی، همراه با توده های میکروبی شناور به حوض ته نشینی منتقل می شود. در این حوض، توده ها و لخته های تشکیل شده از میکروارگانیسمها، ته نشین می گردند. در واقع کار کلاریفایر تولید پساب تصفیه شده زلال در قسمت بالا و تغلیظ لجن در کف آن می باشد. شکل ۳-۴ نمایی از یک کلاریفایر را نشان می دهد.



شکل ۳-۴ نمایی داخلی یک کلاریفایر

قطر این حوض ها ۵ تا ۵۰ متر است و اگر بیش از ۶ تا ۹ متر باشد، تعبیه پل گردان (شکل ۳-۵) یا ثابت مجهز به لجن روب در آن اجباری است اما برای جمع کردن لجن در حوض های کوچک، کف آنرا شیب ۴۵ تا ۶۰ درجه می دهند. در طراحی این کلاریفایرها عوامل، بار سطحی، زمان توقف و سرعت صعود مؤثرند.



شکل ۳-۵ نمای از پل گردان یک کلاریفایر

برای حفظ غلظت میکروبها در مخزن هوادهی، بخشی از میکروارگانیسم‌های ته‌نشین شده توسط پمپ به مخزن هوادهی بازگشت داده می‌شوند که به این جریان، «لجن برگشتی» گفته می‌شود. لجن فعال برگشتی بطور خلاصه دارای نقش‌های مهم زیر است:

- فعال کردن عوامل مؤثر در تصفیه بیولوژیکی
- رقیق نمودن پساب ورودی به حوض هوادهی
- تازه نگهداشتن لجن‌های پساب

میزان لجن فعال برگشتی را می‌توان با عبارات زیر بیان نمود:

- نسبت حجمی بر حسب لجن برگشتی به پساب ورودی
- نسبت حجمی بر حسب مواد جامد خشک موجود در لجن برگشتی به مواد خشک پساب
- نسبت حجمی بر حسب میزان مواد معلق موجود در مخلوط پساب و لجن

لخته‌های لجن فعال از میلیون‌ها میکروارگانیسم تشکیل شده که شامل باکتریها، قارچها، پروتوزوئرها و کرم‌ها می‌باشد. وقتی که لخته‌های لجن فعال از حوض ته‌نشینی ثانویه به تانک هوادهی بازگشت داده می‌شوند، رشد میکروارگانیسم‌ها در نتیجه دسترسی به غذا آغاز می‌گردد. سطح لخته‌های لجن فعال بی‌هوای به شکلی است که انتقال آلودگی‌های پساب به آن با توجه به پدیده‌های مکانیکی مثل جذب سطحی، جذب بوسیله نفوذ مولکولی و یا چسبندگی، تشدید می‌شود.

لجن کلاریفایر باید حذف شود زیرا میکروارگانیسمها با افزایش بار زائد (غذا) و گذشت زمان در حوض هوادهی افزایش می یابند. تحت شرایط مناسب، اپراتور مقداری از میکروارگانیسمهای اضافی را حذف می کنند تا تعداد آنها در حد مناسب باقی مانده و عمل تصفیه به بهترین نحو انجام گیرد. بعضی از مواد تبدیل شده، بصورت CO_2 و گازهای فرار وارد هوا می شوند. مقداری از جامدات هم به حوض هوادهی برگشت داده می شوند تا با تماس با پساب ورودی آن را تصفیه نمایند. باقیمانده زائدات لجن فعال باید حذف شده و از سیستم خارج شوند. [۲۱ و ۱۴]

۳-۲-۳ عوامل مهم و تعیین کننده در فرایند لجن فعال

جهت بهبود فرایند لجن فعال پارامترهای زیر تعریف و بر حسب طراحی کنترل می شود:

الف - غلظت میکروبی (MLSS)

$$MLSS = 20000 - 40000 \frac{mg}{lit}$$

$$MLSS = (70 - 80) \% MLSS \text{ (جرم میکروبیهای فعال)}$$

هر چقدر غلظت میکروبی در حوض هوادهی بیشتر باشد قابلیت تصفیه و بیولوژیکی افزایش میابد، ولی محدودیت انتقال اکسیژن به پساب باعث می گردد که امکان افزایش این غلظت از حدود قید شده، میسر نگردد.

ب - میزان اکسیژن و هوای مورد نیاز

مقدار اکسیژن مورد نیاز از طریق موازنه جرم و با توجه به میزان میکروارگانیسمها محاسبه می شود. سیستمها را بر اساس نوع حرکت پساب در حوض یا زمان و میزان هوادهی و یا نحوه پخش هوا در مخزن پساب بصورت زیر طبقه بندی می کنند:

- سیستم لجن فعال عادی و یا هوای رسانی با کاهش تدریجی که در حدود ۴۰ تا ۱۰۰ متر مکعب هوا بازاء هر کیلوگرم BOD ورودی که تقریباً معادل ۱ تا ۱/۳ کیلوگرم اکسیژن بازاء هر کیلوگرم BOD ورودی است.

- سیستم مرحله ای و سیستم کاملاً مخلوط که حدوداً نیاز به ۷۰ تا ۱۰۰ متر مکعب هوا بازاء هر کیلوگرم BOD دارد که معادل ۱/۳ تا ۱/۶ کیلوگرم اکسیژن بازاء هر کیلوگرم BOD ورودی است.

ج - بار وارده بر حوض هوادهی

به صورت گرم BOD بر متر مکعب حجم حوض بیان می شود که در حدود ۱-۲۵/۰ تغییر می کند.

د- نسبت غذا به میکروارگانیزم

نسبت غذا به میکروارگانیزم $\left(\frac{F}{M}\right)^1$ نشان دهنده میزان بار آلی ورودی به مقدار میکروارگانیسم موجود در حوض هوادهی و میزان بارگذاری سیستم لجن فعال می‌باشد.

$\frac{F}{M}$ با واحد $\frac{\text{litre}}{\text{day}}$ بیان می‌شود که برای سیستم‌های کم بار بین $\frac{\text{litre}}{\text{day}}$ ۰/۵۱ - ۰/۵ و برای سیستم‌های پر بار در محدوده $\frac{\text{litre}}{\text{day}}$ ۰/۶ - ۰/۴ می‌باشد.

ه- زمان هوادهی

زمان هوادهی همان زمان ماند هیدرولیکی در حوض هوادهی است که بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{میزان جریان حجمی ورودی به استخر} \div \text{حجم استخر} = \text{زمان هوادهی}$$

و- شدت جریان لجن برگشتی

میزان جریان برگشتی را می‌توان از طریق آزمایش استوانه یک لیتری محاسبه نمود. در این آزمایش یک لیتر از مایع مخلوط حوض هوادهی به یک استوانه اندازه‌گیری یک لیتری منتقل می‌شود و حجم لجن ته‌نشین شده در مدت نیم ساعت اندازه‌گیری می‌گردد. نسبت این حجم به یک لیتر حجم اولیه، معادل نسبت لجن برگشتی به کل جریان ورودی به کلاریفایر است.

ز- لجن مازاد

لجن مازاد بخشی از لجن ته‌نشین شده در مخزن ته‌نشینی است. این فرض برای آن در نظر گرفته می‌شود که بخشی از BOD ورودی تبدیل به سلولهای جدید می‌شود که در حقیقت همان لجن مازاد است. جدول ۲-۳ پارامترهای مختلف طراحی در سیستم‌های لجن فعال را نشان می‌دهد.

۲-۳-۴ مزایا و معایب و راهکارهایی جهت حل مشکلات سیستم لجن فعال

از مزایای سیستم لجن فعال می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- پساب تصفیه شده خروجی، صاف، روشن، بی بو و بی رنگ بوده، دارای قدری اکسیژن محلول است. مقدار BOD و مواد جامد معلق در آن تا هر حدی که مایل به نظر باشد قابل تقلیل است.

^۱ Food/Microorganism

- بطور کلی از نظر کیفی پساب خروجی این روش تا حدی قابل مقایسه با پساب خروجی از صافی‌های ماسه‌ای است.
- در طی جریان تصفیه، کمتر بوی زننده به مشام می‌رسد. بعلاوه امکان رشدونمو و تکثیر مگس و حشرات نیز به حداقل می‌رسد.
 - لجنی که در این نوع تصفیه بدست می‌آید به علت تبدیل مواد ازتی موجود در پساب به نیترات و نیتريت ارزش باروری زیادی از نظر کشاورزی پیدا می‌کند.
 - در این روش ۹۰٪ از باکتریها و در حدود ۹۰٪ از BOD و مواد جامد معلق پساب خام گرفته می‌شود.
- معایب این سیستم شامل موارد زیر می‌باشد:
- تصفیه به کمک لجن فعال شده احتیاج به نگهداری دائمی و در نتیجه بکارگماردن افراد آزموده و مطلع دارد. همچنین نیاز به مراقبت از وسایل مکانیکی توسط متصدیان آگاه وجود دارد.
 - انعطاف پذیری تصفیه‌خانه کمتر است، بدین معنی که با تغییر مقدار پساب ورودی و کیفیت آن درجه تصفیه نیز تغییر می‌کند.
 - مخارج نگهداری آن زیاد است.
 - بی‌آب کردن لجن حاصل از این روش بطور کلی با مشکل انجام می‌گردد.
- همچنین این سیستم دارای مشکلاتی می‌باشد که در زیر راهکارهایی جهت حل این مشکلات ارائه شده است.
- شرایط نامناسب در حوض هوادهی باعث بوجود آمدن لجن سبک وزن و متورمی می‌شود که خوب رسوب نمی‌کند که این مسأله با پدیده تورم لجن^۱ توجیه می‌شود. عامل این امر رشد باکتری‌های رشته‌ای می‌باشد. کمبود اکسیژن و یا وجود مواد نامطلوب و مسموم و بار آلی زیاد از حد در رشد و تکثیر این باکتریها مؤثرند. در این حالت توجه به نکات زیر ضروری است:
- لجن فعال برگشتی کم شود.
 - زمان هوادهی طولانی شود.
 - اگر افزایش زمان هوادهی ممکن نباشد، قسمتی از پساب مخلوط با لجن کلاریفایر از مدار خارج شود تا فرصت تشکیل مجدد توده‌های بیولوژیکی تأمین گردد.
 - محتویات حوض هوادهی با آب خالص رقیق شود.
 - به کلاریفایر مواد منعقدکننده اضافه گردد.

^۱Bulking

- به پساب ورودی حدود ۵ mg/lit کلر اضافه شود.

- مواد مغذی ازتی و فسفاتی به محیط اضافه شود.

در بعضی از موارد به منظور جلوگیری از لجن انباشته شده و بهم چسبیده و همچنین جلوگیری از بوجود آمدن کف در حوض های هوادهی از مواد شیمیایی استفاده می شود. البته در پاره ای موارد به وسیله پاشاندن آب با وسایل دستی (از قبیل شلنگ) کف حاصل از سطح حوض هوادهی را می شکنند. با افزایش چند قطره مواد نفتی در هر ثانیه به پساب ورودی در حوض هوادهی بکلی از بوجود آمدن کف و لجن بهم چسبیده، که گردش مجدد آن توأم با اشکال می گردد، جلوگیری می شود.

۳-۳ صافی های چکنده

یکی از انواع سیستم های تصفیه بیولوژیکی، صافی های چکنده یا فیلترهای بیولوژیکی^۱ است. در این سیستم، با پخش پساب روی بستری از آکنه ها (مواد پرکننده)، قشری از مواد خزه ای شکل بصورت لجن که پر از باکتریها و موجودات زنده ذره بینی هستند، بوجود می آید. بدین ترتیب باکتریها که عامل اصلی اکسیدسازی مواد آلی به روش بیوشیمی بشمار می روند، وارد عمل شده و مواد معلق، محلول و یا کلوییدی را در ضمن عبور از صافی جذب و در مجاورت اکسیژن محلول در پساب و یا اکسیژن حاصل از تهویه طبیعی مصرف می نمایند. به این طریق موجودات زنده رشد و نمو کرده و تکثیر پیدا می کنند. تکثیر این موجودات تا زمانی که به اندازه کافی مواد آلی در اختیار داشته باشند، ادامه پیدا می کند. بعد از مدتی حالت توازن و تعادل در تکثیر بوجود می آید زیرا ازدیاد بیش از اندازه موجودات زنده و کمبود مواد غذایی لازم، موجب مرگ باکتریها می شود. باکتریهای مرده و زنده همراه پساب از صافی عبور نموده و از طریق زه کشی کف از صافی خارج می شوند و وارد حوض های ته نشینی ثانویه (کلاریفایر^۲) می گردند. بدین ترتیب مواد اکسید شده قابل ته نشین و همچنین باکتریها، ته نشین می شوند و از جریان تصفیه خارج می گردند. برای بالابردن راندمان تصفیه، پساب کلاریفایر را به کرات در برج گردش می دهند.

۳-۳-۱ کلاریفایرهای صافی چکنده

از کلاریفایرها (حوض های ته نشینی ثانویه) صافی چکنده برای ته نشینی لایه های بیولوژیکی کننده شده از بستر صافی استفاده می شود. این مواد، حاصل فعالیت بیولوژیکی در داخل صافی بوده و با توجه به بالا بودن BOD آنها، در صورت عدم ته نشینی، کیفیت پساب کاهش می یابد. کلاریفایرهای صافی

^۱ Biological Tower, Trickling Filter, Percolating Filter

^۲ Clarifier

چکنده می توانند دایره ای یا مستطیلی باشند. در این نوع کلاریفایرها با زمان ماند حدود ۲-۳ ساعت و بلوگذاری سطحی نیز حدود $\frac{m^3}{day.m^2}$ ۵۳-۳۶ پیشنهاد می شود.

لجن های بدست آمده از این کلاریفایرها بسیار تیره است و نباید خاکستری یا سیاه باشد. لجن سیاه در صورت توقف طولانی، بوجود می آید. لجن ممکن است اسفنجی به نظر برسد و معمولاً در صورت پمپ شدن با فواصل زمانی منظم، ایجاد بونمی کند. دفع لجن جمع آوری شده در کلاریفایرها بستگی به طراحی تصفیه خانه و ویژگیهای لجن دارد. در بعضی از مواقع دفع به همراه سایر لجن ها صورت می گیرد و در مواقع دیگر می تواند مستقیماً به هاضم ها انتقال داده شود.

۲-۳-۳ مشخصات ساختمانی صافی ها

صافی های چکنده معمولاً، ۲ متر ارتفاع و بین ۵۰-۵ متر قطر دارند و اغلب استوانه ای شکل می باشد. بدلائل مسائل اقتصادی قطر صافی نباید از ۳۵ متر تجاوز نماید و در بنای صافی ها بهتر است تعداد آنها به حداقل برسد ولی از نظر انعطاف پذیری و امکان تعمیر و بهره برداری مداوم، تعداد صافی ها نباید از دو عدد کمتر شود.

پساب در مرکز صافی وارد می شود و بوسیله چهار و یا دو بازو در سطح صافی پخش می گردد. بازوها با دوره تناوب حدود ۱ دور در ۷-۵ دقیقه در گردش می باشند. کف صافی حدود ۵۰-۳۰ سانتی متر از آخرین سطح محیط ارتفاع دارد تا هوا براحتی در داخل آن جریان یابد. صافی ها را اغلب از قلوه سنگ و سنگهایی که دارای منافذ زیاد می باشند، پر می کنند. این سنگ ها حدود ۷-۵ سانتی متر قطر دارند و از آنجا که اساس این سیستم تصفیه، اصل «سطح تماس جامد با مایع» است، لذا هر چه سطح تماس مایع و میکروارگانیسمها بیشتر باشد، بازدهی بیشتر خواهد بود. در عمل بمنظور تهویه و زه کشی بهتر، قشر رویی صافی تا ۲۵ سانتیمتر از خرده سنگهایی به قطر ۱۲-۱۰ سانتی متر پر می شود تا از رشد بیش از حد جلبکها در مقابل تابش نور جلوگیری بعمل آید. برای جلوگیری از تداخل و قفل بست شدن خرده سنگها و اینکه فضای بین یکدیگر را پر نکنند، مواد خرده سنگی باید کاملاً یکدست باشند. این نوع آکنه ها علاوه بر سنگینی، از نسبت سطح به حجم کمی برخوردارند. آکنه های جدید دارای سطوح بزرگ و فضای خالی زیادی هستند در نتیجه امکان رشد توده های بیولوژیکی افزایش می یابد و به علت فضای خالی زیاد، تهویه و عبور هوا نیز براحتی صورت می گیرد. چون مواد مذکور شکل یکنواختی دارند، لذا پساب بطور یکنواخت با سطوح آنها تماس می یابد. آکنه های جدید به علت سبکی وزن می توانند بصورت بسترهای عمیق تر بکار روند. این مواد در مقابل اثرهای نامطلوب مواد شیمیایی نیز مقاومت زیادتری دارند. عمق این برجه ها بر خلاف صافی های سنگی که اغلب از ۷/۲ مترمتجاوز نیست، گاهی به ۶ متر نیز می رسد. شکل ۳-۶، ساختار یک صافی را نشان می دهد. [۱۴ و ۱۰ و ۴]



شکل ۳-۶ ساختار صافی

۳-۳-۳ انواع صافی‌های چکنده

از نظر نحوه بارگذاری سه نوع صافی با ویژگی‌های زیر موجود است:

الف- صافی چکنده با شدت جریان ضعیف (کم بار)^۱

این نوع صافی چکنده دارای ویژگی‌های زیر می‌باشد:

- در این نوع صافی، پساب خروجی بازگشت داده نمی‌شود بنابراین شدت جریان بسیار کم است و در نتیجه از حوضچه‌هایی به اسم «سیفون» استفاده می‌شود تا جریان پساب را نگه داشته و وقتی که به میزان معینی رسید، آنرا رها کنند تا گردش بازوها یعنی پخش در سطح صافی بخوبی انجام گیرد.
- کاهش BOD و مواد معلق در این نوع حدود ۹۰٪ می‌باشد همچنین مقدار قابل ملاحظه‌ای از مواد ازت دار آلی کاملاً اکسید شده و از بین می‌روند. غلظت پساب معمولاً نباید از حدود $400 \frac{\text{mg}}{\text{litre}}$ تجاوز کند و اگر بیش از این باشد امکان مسدود شدن صافی بوجود می‌آید.
- تکثیر زیاد مگس و پشه یکی از نکات منفی این نوع صافی چکنده می‌باشد که باید با نصب توری روی سطح صافی کنترل شود.
- این نوع صافی چکنده در هوای گرم خیلی بهتر و با بازده بیشتری عمل می‌کند.

^۱Low Rate

ب- صافی چکنده با شدت جریان قوی (پر بار)^۱

ویژگی‌های این نوع صافی چکنده عبارتند از:

- کاهش مواد آلی و مواد معلق خیلی کم و معمولاً حدود ۶۰-۸۰٪ است ولی چون با بازگشت جریان همراه است و گاهی نیز دو یا چند صافی بطور سری قرار می‌گیرند، BOD پساب خروجی به حد قابل قبول خواهد رسید.
- بازده کلی این نوع برای کاهش BOD در پساب، خیلی بیشتر از صافی چکنده با شدت جریان ضعیف می‌باشد.

- شدت جریان به حدی است که این نوع صافی چکنده هیچگاه مسدود نمی‌شود.
- مگس و سایر حشرات نیز کمتر رشد پیدا می‌کنند زیرا شدت جریان زیاد پساب، تخم این موجودات را با خود شسته و از صافی خارج می‌کند.

ج- صافی چکنده دو مرحله‌ای^۲

این صافی‌های چکنده معمولاً ارتفاع کمتری نسبت به انواع معمولی دارند لذا هوای بیشتری در دسترس میکروارگانیسمها قرار می‌گیرد. کاهش مواد آلی در صافی چکنده دومرحله‌ای از یک صافی چکنده یک مرحله‌ای که ارتفاع آن دو برابر ارتفاع صافی چکنده دومرحله‌ای است، بیشتر می‌باشد. در این نوع صافی چکنده معمولاً از بازگشت جریان استفاده می‌شود.

سیستم ADF^۳ نیز نوعی از صافی چکنده دومرحله‌ای است که برای جریانهایی با BOD زیاد مناسب می‌باشد. در این سیستم دو صافی چکنده به تناوب مورد استفاده قرار می‌گیرند یعنی گاهی صافی چکنده اول، جریان را حدوداً ۵۰٪ تصفیه نموده و سپس جریان وارد صافی چکنده دوم می‌شود. به علت بالا بودن BOD، صافی اول پس از چند روز مسدود خواهد شد و صافی دوم در مرحله اول قرار می‌گیرد و صافی اول پساب خروجی صافی دوم را دریافت می‌کند.

به نظر می‌آید در تصفیه خانه‌های کوچک، صافی‌های تک مرحله‌ای خیلی عملی‌تر باشند در حالی که در تصفیه خانه‌های بزرگ یا جاییکه پساب غلظت زیادتری دارد، کاربرد صافی‌های چندمرحله‌ای مفیدتر خواهد بود. [۱۴ و ۱۰ و ۴]

۳-۳-۴ عوامل مؤثر بر بازده صافی‌های چکنده

عوامل اصلی و مؤثر در بازده صافی‌های چکنده عبارتند از:

^۱ High Rate

^۲ Tow Stage

^۳ Alternating Double Filtration

الف- بار حجمی

نتیجه تصفیه بیولوژیکی، کاهش BOD می‌باشد. از آنجا که حجم معینی از خرده سنگها قدرت محدودی در کاهش BOD دارد، لذا هرچه مقدار مواد آلی که در واحد حجم خرده سنگ وارد می شود (که همان بار حجمی است)، بیشتر باشد مقدار BOD پساب خروجی نیز افزایش می‌یابد. بنابراین با کاهش بار حجمی و یا به عبارت دیگر بزرگتر کردن صافی می توان میزان کاهش BOD را به مقدار مورد نظر رسانید.

ب- بار سطحی

هر قدر مقدار بار سطحی افزایش یابد، زمان توقف و زمان تماس پساب با خرده سنگها نیز افزایش می‌یابد. با افزایش بار سطحی، پس از رسیدن به یک حد معین، زمان تماس کاهش می‌یابد. بهتر است مقدار بار سطحی را معادل بار سطحی حدی در نظر گرفت.

ج- مقدار پساب برگشتی

مقدار پساب برگشتی تأثیری در بار حجمی ندارد ولی بار سطحی را زیاد می کند. پساب برگشتی که حاوی مقدار زیادی باکتری و اکسیژن محلول است در تصفیه زیستی پساب ورودی بسیار مؤثر است و بازده را افزایش می دهد. بطور خلاصه دو عامل عمق و گردش مجدد در بالا بردن قدرت کاهش BOD صافی‌ها تأثیر یکسانی دارند.

د- گردش هوا و نحوه توزیع پساب

برای ایجاد تهویه طبیعی، کف کانال با قطعات نیم دایره ای بتنی که از یکدیگر فاصله دارند، پوشانده می‌شود و روی آن نیز با خرده سنگ پر می‌گردد و در دیواره صافی نیز سوراخهایی تعبیه می‌شود. از آنجا که اختلاف درجه حرارت معادل ۳ درجه سانتیگراد برای ایجاد جریانی از هوا در داخل صافی کافی است، تهویه طبیعی به آسانی عملی می گردد. از نظر توزیع متناسب و یکنواخت پساب بر روی خرده سنگها نیز، پخشانه‌های دوار ساخته شده که استفاده از آنها معمول است.

ه- درجه حرارت

این عامل در رشد و نمو، تکثیر و یا مرگ و میر باکتریها، اکسیداسیون بیوشیمی و ایجاد تهویه طبیعی نیز مؤثر می‌باشد. در زمستان که باکتریهای ژله ای شکل روی خرده سنگها دارای فعالیت کمتری هستند و بازده صافی بطور قابل ملاحظه ای کم می شود، بهتر است بار سطحی افزایش یابد تا از میزان فعالیت موجودات زنده کاسته نگردد.

و- عمق خرده سنگها

بطور کلی عمق کم خرده سنگها مناسب نیست زیرا سطح بیشتری برای صافی می طلبد که سبب افزایش کارهای ساختمانی اعم از دیوارسازی دور صافی و کف سازی آن می شود و در نتیجه مخارج اولیه بالا می رود. بعلاوه بازده صافی های کم عمق در مقایسه با صافی های عمیق کمتر است. [۱۰ و ۹ و ۳]

جدول ۳-۳، مقایسه عملکرد انواع صافی های چکنده را با توجه به عوامل مؤثر ذکر شده، نشان می دهد.

جدول ۳-۳ مقایسه عملکرد صافی های چکنده

پارامتر	انواع صافی	دو مرحله ای	شدت جریان قوی	شدت جریان ضعیف
بار سطحی $\frac{m^3}{m^2 \times day}$		۸-۳۰	۸-۳۰	۱-۴
بار حجمی $\frac{kg\ BOD}{m^2 \times day}$		۰/۷-۲/۵	۰/۴-۱/۵	۰/۰۸-۰/۴
عمق صافی چکنده D(m)		۰/۵-۲/۱	۰/۵-۲/۵	۱/۵-۲/۵
نسبت برگشت جریان		۰/۵-۴/۰	۰/۵-۳	۰
وجود آمدن مگس و حشرات		خیلی کم	خیلی کم	خیلی زیاد
بهره برداری		مشکل (متخصص)	مشکل (متخصص)	بسیار ساده
پریود گردش بازوها		مداوم	مداوم (یک دور در ۱-۲ دقیقه)	یک دور بر ۵-۷ دقیقه

۳-۵ مزایا و معایب صافی های چکنده

مزایای این روش تصفیه بیولوژیکی بصورت خلاصه در زیر آمده است:

- بالا بودن قدرت نیترا سازی
 - عدم تأثیر عمده تغییرات مداوم دبی ورودی در بازده
 - کم بودن مخارج نگهداری
 - امکان بهره برداری در شرایط مختلف جوی از جمله در ایام یخ بندان
 - آسانی بهره برداری و عدم احتیاج به متخصصین ورزیده
- معایب این سیستم بصورت خلاصه عبارتند از:
- افت فشار زیاد
 - امکان رشد و نمو و تکثیر مگس و حشرات دیگر
 - وجود بوی نامطبوع در حوالی صافی
 - نیاز به سطح زیاد

- زیادی مخارج اولیه بنا در مقایسه با حوض‌های هوارسانی
 - امکان یخ بستن سطح صافی در زمستان و کاهش بازده آن
 - اجبار در بنای صافی‌ها بدور از محدوده شهری و نقاط مسکونی
 - اشغال فضای خیلی زیاد
 - وجود محدودیتهای هیدرولیکی و بارآلی
 - وجود محدودیتهایی برای شدت آلودگی پساب ورودی
- اگر آلودگی موجود در آب زیاد باشد، ممکن است رشد میکروارگانیسمها به حدی برسد که منافذ صافی را مسدود نموده و مانع عبور پساب به طرف پایین و یا جریان هوا شود و در نتیجه صافی چکنده بصورت غیرهوازی عمل می‌کند که با بوی بد و تند همراه است. این نواقص و معایب باعث شده تا استفاده از این نوع سیستم تصفیه بیولوژیکی در صنعت بسیار کم و محدود صورت گیرد.

۳-۴ سیستم دیسکهای بیولوژیکی دوار

اولین بار روش دیسکهای بیولوژیکی دوار (RBC)^۱ در سال ۱۹۰۰ میلادی توسط ویگاندر در کشور آلمان مورد استفاده قرار گرفت. وی از صفحات چوبی برای ساختن دیسکهای گردان استفاده نمود. سپس در سال ۱۹۲۵، دومن در کشور آمریکا از صفحات فلزی استفاده کرد که به نتایج مطلوبی نرسید. با پیدایش صفحات پلاستیکی ارزان قیمت و سبک در سال های ۱۹۶۰ - ۱۹۵۷ در کشور آلمان اولین تصفیه‌خانه‌هایی که از فرایند RBC استفاده می‌کردند، احداث شدند. این روش تصفیه مشخصات مطلوب و راندمان قابل قبولی (۸۵-۹۰٪) دارد.

۳-۴-۱ شرح سیستم

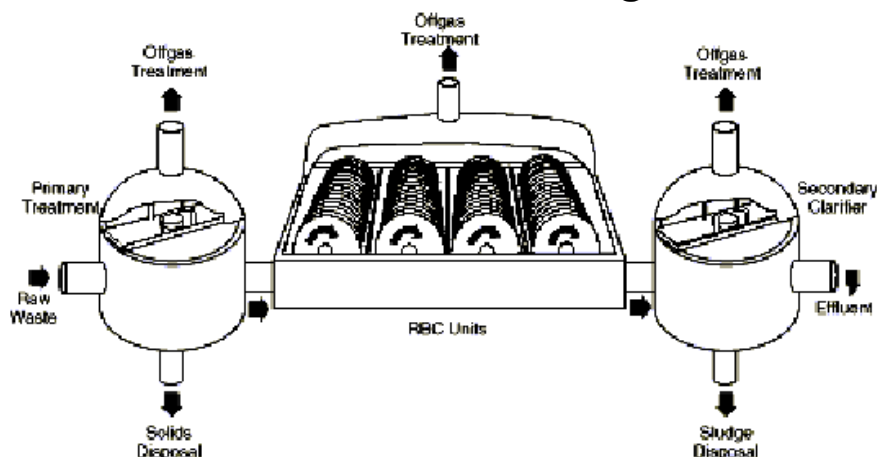
دیسکهای بیولوژیکی دوار شامل یک سری ورقه‌های پلاستیکی گرد هستند که بر روی یک محور^۲ نصب شده‌اند و به آرامی حول آن در حال چرخش می باشند (شکل ۳-۷). بر روی سطح این ورقه های پلاستیکی یک لایه زنده از میکروارگانیسمهایی که مسئول تثبیت پساب هستند تشکیل می شود. بنابراین فرایند RBC یک راکتور غشاء زنده است که شامل سه فاز می‌باشد.

فاز جامد که همان سطح صفحات پلاستیکی است. فاز مایع، پساب داخل تانک است و فاز گازی را هوا تشکیل می دهد. فاز جامد در میان دو فاز دیگر دائماً در حال حرکت است. بدلیل چرخش مداوم، یک لایه نازک از پساب بر روی غشاء زنده شکل می گیرد و هنگامی که با هوا تماس پیدا می کند، اکسیژن به درون لایه مایع انتقال می یابد. با نفوذ اکسیژن و مواد آلی به داخل لایه زنده در حال رشد،

^۱Rotation Biological Contactor

^۲Shaft

مورد مصرف میکروارگانیسمها جهت رشد و تنفس سلولی قرار می گیرند. اکسیژن محلول باقیمانده در لایه مایع پس از تماس با کل جریان پساب داخل تانک با آن مخلوط شده و موجب هوادهی جریان پساب داخل تانک می شود. به دلیل اعمال نیروی برش حاصل از چرخش دیسکها بر روی لایه زنده، توده های سلولی اضافی بطور متناوب از سطح غشاء ثابت جدا شده و بداخل جریان پساب می افتند. این تکه های جدا شده بدلیل چرخش صفحات بصورت توده های جامد معلق در پساب داخل راکتور باقی مانده یا ممکن است از تانک خارج شده و در کلاریفایرها حذف شوند. [۳۴]



شکل ۳-۷ سیستم RBC

توزیع سطحی میکروارگانیسمها در بیوفیلم در مراحل ابتدایی سیستم نسبتاً یکنواخت بوده و با تغییر عمق، تغییر چشمگیری ندارد اما در مراحل بعدی این تغییرات بیشتر دیده می شود. با افزایش ضخامت بیوفیلم، دانسیته نیز تا حد ماکزیمم افزایش یافته و سپس تا رسیدن به یک حالت تثبیت شده، کاهش سریعی دارد.

۳-۴ عوامل مؤثر در کارایی RBC

عوامل مهم در کارایی RBC شامل شش مورد زیر می باشد:

- ۱- بارگذاری: با افزایش بارگذاری، راندمان حذف BOD و COD کاهش می یابد.
- ۲- سرعت چرخش دیسک: اثرات سرعت چرخش دیسک بر روی عملکرد سیستم RBC عبارتند از:
 - تغییر در میزان انتقال
 - تغییر در میزان جرم سوبسترا به بیوفیلم
 - تأثیر بر Biomass Shear

۳- درجه حرارت: درجه حرارت بر روی میزان حذف سوبسترا و میزان انتقال اکسیژن اثر می گذارد. همچنین با افزایش درجه حرارت، میزان نیترا سازی نیز افزایش می یابد. با افزایش درجه حرارت راندمان

حذف COD افزایش می‌یابد. همچنین درجه حرارت بر روی راندمان حذف فنل و تیوسیانات تأثیر مثبتی دارد.

۴- زمان ماند : یک زمان ماند طولانی تر، می‌تواند راندمان حذف BOD بالاتری ایجاد کند، به این دلیل که در زمان ماند طولانی تر، فرصت در تماس بودن میکروارگانیسمها با سوبسترای موجود در پساب بیشتر است. کیفیت پساب خروجی با افزایش راندمان ماند هیدرولیکی بهبود خواهد یافت. با افزایش زمان ماند، میزان حذف ترکیبات آلی فرار نیز افزایش می‌یابد.

۵- تعداد مراحل : در شرایط عملکردی و سطح دیسک یکسان، راندمان حذف سوبسترات در یک سیستم RBC چند مرحله ای بیشتر از یک سیستم یک مرحله ای می‌باشد. علت این مسئله می‌تواند رشد انواع مختلف میکروارگانیسمها باشد که توانایی حذف انواع سوبسترات را در مراحل مختلف دارند.

۶- اکسیژن محلول : غلظت اکسیژن محلول به میزان بارگذاری ورودی و سرعت چرخش دیسک بستگی دارد. نسبت میزان انتقال اکسیژن به طریقه فیزیکی به مقدار مصرف اکسیژن به روش بیولوژیکی با کاهش سرعت چرخش دیسک، افزایش بارگذاری و افزایش قطر دیسک کاهش می‌یابد.

۷- اثر جریان برگشتی : مزایای سیستم RBC با خط برگشت جریان عبارتند از:

افزایش میزان بارگذاری آلی سیستم

بهبود کیفیت پساب خروجی (حدود ۵۰٪)

کاهش چشمگیر N و P بدون استفاده از مواد شیمیایی (۹۰٪ - ۶۰٪)

کاهش وزن جرم زندهٔ محور سیستم RBC (۵۰٪ - ۲۵٪)

۸- بزرگ‌سازی سیستم : راندمان حذف BOD با افزایش قطر دیسک (تحت شرایط یکسان) کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر میزان انتقال اکسیژن به سیستم در اثر افزایش قطر دیسک نیز کم می‌شود.

۳-۴-۳ مزایا و معایب سیستم RBC

مزایای این سیستم را می‌توان نکات زیر دانست:

-بدلیل بالا بودن نسبت $\frac{F}{M}$ در سیستم RBC تحمل بارهای ناگهانی آلی بالاست.

-راهبری سیستم ساده و آسان می‌باشد و هزینه بهره‌برداری و نگهداری پایین است.

-نصب و راه‌اندازی سیستم آسان است.

-جرم بیولوژیکی کنده شده از سطح دیسکها نسبتاً فشرده بوده در نتیجه ته نشینی ثانویه به خوبی

انجام می‌گیرد و کیفیت پساب خروجی خوب است.

- سطح زمین مورد نیاز برای راکتور RBC نسبت به روش های لجن فعال و صافی چکنده کمتر است.
- حذف آمونیاک در این روش RBC نسبت به روش های متعارف تصفیه هوازی نسبتاً بهتر است.
- تحمل فرایند در برابر مواد سمی داخل پساب نسبتاً خوب است.
- برگشت پساب خروجی بداخل سیستم لازم نیست.
- از معایب آن به موارد زیر اشاره می شود:
- سیستم نسبت به قطع برق حساس است.
- در مواقعی که بارگذاری در مراحل اولیه راکتور بالا باشد موجب رشد سولفوباکتریها شده و در نتیجه باعث انتشار بوی نامطبوع سولفید هیدروژن می شود.
- عدم وجود قلیائیت کافی در پساب ورودی موجب کاهش راندمان فرایند نیترا ت سازی در راکتور می شود.
- اطلاعات طراحی و راهبری در مقیاس بزرگ محدود است.
- هزینه سرمایه گذاری اولیه در سیستم RBC برای تصفیه خانه های بزرگ نسبت به روش لجن فعال بالاتر است. [۳۴]
- یکی از دلایل عمده در عدم استفاده از این سیستم در پالایشگاهها، عدم امکان طراحی این سیستم در مقیاس بزرگ و هزینه بالا می باشد.

۳-۵ راکتورهای ناپیوسته با عملیات متوالی (SBR)^۱

بسیاری از کشورهای صنعتی و نیمه صنعتی از راکتورهای ناپیوسته با عملیات متوالی (SBR) جهت تصفیه پساب های خانگی و صنعتی استفاده کرده اند. انعطاف پذیری و سادگی فرایند و مقرون بمصرفه بودن این سیستم، باعث اهمیت استفاده آن در تصفیه پساب گردیده است.

آنچه که در حال حاضر باعث بالا بودن کارایی سیستم SBR شده است، ارتقای تجهیزات هوادهی و نوآوری در سیستم کنترل می باشد. این امر سبب گردیده که فن آوری SBR بتواند رقابت موفقیت آمیزی با سایر سیستم های تصفیه پساب از جمله روش لجن فعال متعارف داشته باشد. هر پسابی را که با روش متعارف بتوان تصفیه نمود، می توان بکمک سیستم SBR نیز تصفیه کرد.

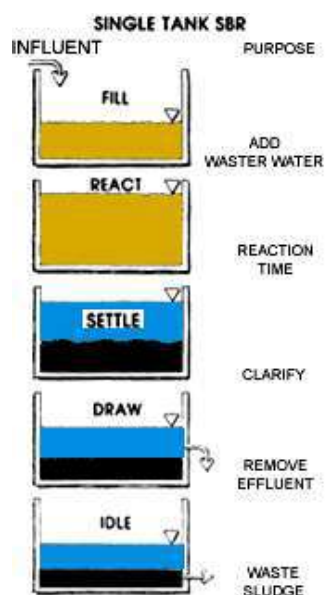
سیستم SBR را می توان نوعی روش لجن فعال دانست که در آن راکتور از پساب پر شده و سپس در طی یک سیکل زمانی بمقداری تخلیه می گردد. در واقع فرایندهای واحد مربوط به سیستم SBR و روش لجن فعال متعارف بسیار نزدیک بهم هستند، بطوری که هوادهی و ته نشینی (زالال سازی) در هر دو سیستم

^۱Sequence Batch Reactor

انجام می‌گردد ولی یک اختلاف اساسی وجود دارد. در روش متعارف، فرایندها بطور همزمان در مخازن مستقلی انجام می‌شود ولیکن در سیستم SBR فرایندها بطور متوالی در یک مخزن صورت می‌گیرد.

۳-۵-۱ شرح فرایند SBR

هر مخزنی در سیستم SBR در طی مدت زمان معین از پساب پر شده و سپس در حالت ناپيوسته مورد بهره‌برداری قرار می‌گردد. پس از تصفیه، به مایع مخلوط فرصت داده می‌شود تا برای مدت زمان از پیش تعیین شده‌ای، ساکن بماند تا ته‌نشین گردد و سپس مایع زلال روی سطح، از مخزن خارج می‌گردد. در زمان تصفیه و مراحل ته‌نشینی و تخلیه، جریان پساب به یک مخزن SBR دیگر موجود در سیستم، هدایت می‌گردد و یا در حالتی که مخزن SBR بصورت منفرد است به یک مخزن ذخیره هدایت می‌شود تا پس از خروج کامل مایع بالایی در مخزن SBR، به آن تخلیه گردد.



در هر سیستم SBR عمل تصفیه، ته‌نشینی مواد و تخلیه مایع روی سطح، در یک مخزن انجام می‌گیرد. بنابراین چنین سیستمهایی به کلاریفایر و پمپهای برگشت لجن فعال نیازی ندارند.

معمولاً بهره‌برداری از سیستم SBR تحت پنج مرحله زیر صورت می‌گیرد:

۱- پر شدن^۱ راکتور از پساب

۲- انجام واکنش^۲ در راکتور (هوادهی)

۳- ته‌نشینی مواد جامد در راکتور (زالال سازی)

۴- تخلیه^۳ و خروج پساب زلال شده از راکتور

۵- مرحله غیر فعال^۴ که آنرا مرحله سکون نیز نامیده‌اند

شکل ۳-۸، مخزن منفرد SBR را در هر یک از مراحل

بهره‌برداری فوق و طی یک سیکل زمانی کامل نشان می‌دهد. مراحل فوق به شرح زیر می‌باشد:

شکل ۳-۸ مراحل بهره‌برداری از یک راکتور ناپيوسته متوالی در طی یک سیکل زمانی

^۱ Fill

^۲ React

^۳ Draw

^۴ Idle

الف- پر شدن راکتور از پساب

هدف از این مرحله، افزودن سوبسترا (پساب خام یا پساب خروجی حوض ته نشینی اولیه) به راکتور می‌باشد. با انجام این مرحله سطح پساب در راکتور که در انتهای دور بهره‌برداری کاهش یافته و به ۲۵ درصد ظرفیت راکتور رسیده، یکباره به صددرصد افزایش می‌یابد. چنانچه این فرایند در راکتور بصورت زمانی کنترل گردد در این صورت پر شدن راکتور حدود ۲۵٪ سیکل زمانی کامل بهره‌برداری از راکتور را شامل خواهد شد.

ب- واکنش

هدف از این مرحله، تکمیل واکنش‌هایی است که با پر شدن راکتور از پساب آغاز می‌شود. معمولاً مرحله واکنش، شامل ۳۵ درصد سیکل زمانی کامل بهره‌برداری از راکتور می‌باشد.

ج- ته‌نشین شدن

هدف از مرحله جداسازی مواد جامد است تا بدین ترتیب پساب زلال شده، تخلیه گردد. در سیستم SBR فرایند ته‌نشینی معمولاً به مراتب مؤثرتر از ته‌نشینی در سیستم جریان پیوسته صورت می‌گیرد زیرا در این مرحله، مواد موجود در راکتور کاملاً ساکن می‌باشند.

د- تخلیه پساب

دفع لجن معمولاً طی فازهای ته‌نشینی یا مرحله غنی‌فعال صورت می‌گیرد ولی این عمل برحسب وضعیت بهره‌برداری می‌تواند در مراحل دیگر هم انجام گیرد. هدف از این مرحله، خروج پساب تصفیه‌شده از راکتور است. در حال حاضر مکانیسم‌های متعددی در این خصوص به کار می‌روند که سرریزهای قابل تنظیم یا سرریزهای شناور از آن جمله‌اند. زمان انجام این مرحله بین ۵ تا ۳۰ درصد از سیکل زمانی کامل بهره‌برداری می‌باشد.

ه- مرحله غیرفعال (سکون)

هدف از مرحله غیرفعال در سیستم SBR متشکل از چند مخزن، ایجاد زمان لازم جهت تکمیل سیکل پر کردن راکتور از پساب است. با توجه به غیرضروری بودن مرحله غیرفعال غالباً آن را حذف می‌نمایند.

مشکل اصلی استفاده از فن آوری SBR، در مقیاس صنعتی نبودن استانداردهای طراحی قابل قبول می‌باشد. دفع لجن یکی از مراحل مؤثر در بهره‌برداری SBR می‌باشد که عملکرد آنرا تا حد زیادی تحت تأثیر قرار می‌دهد. البته این مرحله جزء پنج مرحله اصلی فرایند محسوب نمی‌گردد. در این سیستم فاصله زمانی دفع لجن و مقدار لجن دفعی، برحسب نیاز می‌باشد که نظیر این مسأله در سیستم جریان پیوسته

متعارف هم وجود دارد. در بهره‌برداری از این راکتور معمولاً دفع لجن طی فازهای ته نشینی و یا مرحله غیرفعال انجام می‌گیرد و نیازی به سیستم برگشت لجن فعال در راکتورهای ناپیوسته متوالی نیست زیرا لجنی در مرحله واکنش (هوادهی) دفع نمی‌شود و در واقع هوادهی و ته نشینی در یک حوضچه صورت می‌گیرد. از جمله اصلاحات انجام شده در فرایند SBR این است که بهره‌برداری از راکتور بجای جریان ناپیوسته، با جریان پیوسته صورت بگیرد. [۲۴]

۳-۵-۲ مزایای سیستم SBR

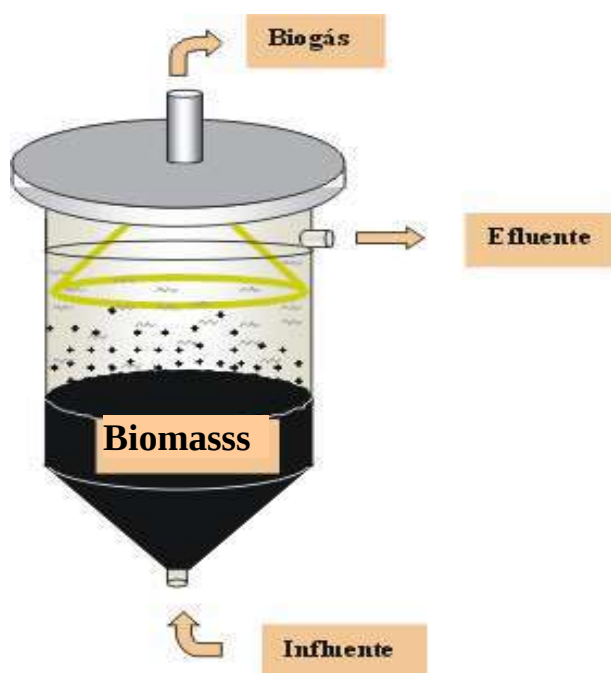
- برخی از مهمترین مزایای سیستم SBR عبارتند از:
 - یک مخزن SBR در حین پرشدن راکتور از پساب نظیر یک حوض متعادل کننده عمل می‌نماید. بنابراین می‌تواند به آسانی جریان حداکثر پساب و بارهای مربوط به شوک BOD را بدون اینکه خللی به کیفیت پساب وارد گردد تحمل نماید.
 - از آنجا که تخلیه پساب بطور متناوب و با محدودیت انجام می‌گیرد لذا پساب ممکن است تا زمانی که به کیفیت مناسب نرسیده است تخلیه نگردد.
 - در ابتدای دوره بهره‌برداری وقتی که جریان بطور قابل ملاحظه ای نسبت به ظرفیت کمتر باشد آنالایزهای کنترل سطح آب را می‌توان در ارتفاع پایین‌تر، بگونه‌ای تنظیم نمود که جزء کمی از ظرفیت مخزن مورد استفاده قرار گیرد. به این ترتیب زمان تصفیه را می‌توان همانند زمان پیش‌بینی شده در طراحی به گونه‌ای در نظر گرفت که انرژی غیرضروری در اثر هوادهی بیش‌ازحد هدر نرود.
 - مواد جامد- مایع مخلوط نمی‌توانند در هنگام تخلیه پساب از مخزن SBR (در اثر شوکهای هیدرولیکی) خارج شوند و آنها را می‌توان تا زمان لازم در مخزن نگه داشت.
 - هیچگونه پمپاژ لجن فعال برگشتی در سیستم SBR لازم نمی‌باشد زیرا همواره مخلوط در راکتور وجود دارد.
 - جداسازی فاز مایع و جامد (ته‌نشینی) تحت شرایط آرام نزدیک به ایده آل صورت می‌گیرد و هیچگونه جریان میان‌بر در حین ته‌نشینی صورت نمی‌گیرد.
 - از آنجا که مقدار اکسیژن محلول حین مرحله پرشدن نزدیک به صفر یا صفر می‌باشد، حین مرحله واکنش نیاز به اکسیژن زیادی بوجود می‌آید.
 - رشد باکتریهای رشته‌ای را می‌توان به آسانی با تغییر در شرایط بهره‌برداری حین مرحله پرشدن راکتور کنترل کرد. [۲۴]

۶-۳ راکتورهای UASB^۱

راکتور بالارو با بستری از لجن بی هوازی (UASB)، یک سیستم تصفیه بیولوژیکی بی هوازی است که اولین بار در سال ۱۹۷۹ توسط Letinga (از هلند) معرفی گردید و از آن پس به طور گسترده برای تصفیه پساب های مختلف بکار گرفته شد. این سیستم برای تصفیه پساب های رقیق و غلیظ قابل کاربرد است. راکتورهای UASB معمولاً برای تصفیه پساب هایی که مواد آلی آلوده کننده اصلی آنهاست، مورد استفاده قرار می گیرند. پساب هایی که حاوی مواد جامد معلق (SS) زیادی هستند کارایی سیستم فوق را کاهش می دهند.

۱-۶-۳ شرح فرایند UASB

اجزاء اصلی یک راکتور UASB در شکل ۳-۹ نشان داده شده است که عبارتند از سیستم توزیع جریان ورودی، جداکننده گاز-جامد-مایع (متشکل از منحرف کننده گاز، جمع کننده گاز و ته نشین کننده) و سیستم جریان خروجی از راکتور.



شکل ۳-۹ اجزاء اصلی راکتور UASB

در این سیستم جریان پساب از ته راکتور وارد شده و توسط توزیع جریان ورودی، با لجن بی هوازی موجود در داخل راکتور مخلوط می شود. با عبور جریان به سمت بالاتر از می ان بستر لجن، مواد آلی پساب عمدتاً به بیو گلو و بخشی نیز به لجن جدید تبدیل می شود. گاز تولید شده، تماس لجن و پساب را افزایش می دهد. با استفاده از یک منحرف کننده گاز که در بالای بستر لجن قرار گرفته، از ورود گاز به قسمت ته نشین کننده جلوگیری می شود و گاز تنها وارد قسمت معینی از راکتور می گردد (جمع کننده گاز). لجن که همراه جریان به قسمت بالای راکتور حمل شده است، در ته نشین کننده جدا و به ته راکتور برمی گردد. جریان خروجی نیز توسط سرریزها به طور یکنواخت از سطح ته نشین کننده خارج می شود. [۲۹ و ۳۰]

^۱ Up flow Anaerobic Sludge Blanket

بازدهی یک راکتور UASB بستگی به کیفیت لجن بی هوازی داخل آن از نظر قابلیت ته نشینی و فعالیت متان‌زائی دارد. انواع لجن بی‌هوازی به شرح زیر است:

- لخته‌ای^۱: توده هائی با ساختار سست.
 - ساچمه‌ای^۲: توده‌هائی با ساختار معین که به سرعت ته‌نشین می‌شوند.
 - دانه‌ای یا گرانوله^۳: ساچمه‌هایی که ظاهر گرانوله دارند.
- لجن لخته‌ای سبک است و تحت بارهای هیدرولیکی سریعاً تخلیه و شسته می‌شود. با تحقیقاتی که به عمل آمده، مشخص شده است که:

- ۱ - لجن گرانوله گاز بیشتری تولید می‌کند.
 - ۲ - حذف TOC در راکتور حاوی لجن گرانوله نسبت به لجن لخته‌ای بیشتر است.
 - ۳ - غلظت استات در تمام مدت در راکتور حاوی لجن گرانوله کمتر است.
 - ۴ - تعداد باکتری‌های متان‌زا در لجن گرانوله نسبت به لجن لخته‌ای بیشتر است.
- طی راه‌اندازی سیستم تحت شرایط فیزیکی و شیمیائی مطلوب، گرانوله شدن لجن در راکتور انجام می‌شود که در نتیجه آن، ته‌نشین لجن بی‌هوازی با قدرت عالی انجام می‌شود بطوری که همراه جریان خروجی از راکتور خارج نمی‌شود. بنابراین جهت راه‌اندازی مناسب در راکتور UASB ضروری است که لجن بصورت گرانوله مورد استفاده قرار گیرد. تشکیل گرانولها از لجن بی هوازی و اندازه آنها در راکتور م‌تأثر از عوامل مختلف است. ب‌نظر می‌رسد که ترکیب و درجه حرارت پساب، حضور مواد خنثی یا معلق قابل تجزیه در پساب، شدت بار آلی، شکل راکتور و شرایط هیدرودینامیکی از مهمترین عوامل باشند. مشخصات لجن گرانوله در جدول زیر، آمده است:

جدول ۳-۴ مشخصات لجن گرانوله

۱-۱/۰۸	وزن مخصوص ($\frac{gr}{cm^3}$)
۰/۱-۸	اندازه گرانولها (mm)
۱۰-۶۰	میزان خاکستر (%)
۲-۹۰	سرعت ته‌نشین ($\frac{m}{hr}$)
۰/۵-۲	فعالیت گرانوله ($\frac{kg\ COD}{kg\ VSS.d}$)

^۱ Flock

^۲ Fellet

^۳ Granule

۳-۶-۲ عوامل مهم در کاربرد راکتور UASB

عوامل مهم در استفاده از این سیستم عبارتند از:

الف- مواد معلق (SS)

غلظت کم مواد معلق موجود در پساب مشکلات کمتری را به همراه خواهد داشت. حداکثر مواد معلق قابل قبول بمیزان کل غلظت مواد آلی در پساب بستگی دارد. بنابراین دو معیار در مورد مواد معلق مطرح است و آن اینکه اگر بطور همزمان $\frac{SS}{COD} < 0.5$ و $\frac{mgr}{L} < 1000$ باشد، می توان گفت که در تصفیه پساب توسط UASB مشکل و مانع خاصی وجود ندارد. پساب هائی که دارای مواد معلق درشت هستند، باید قبل از ورود به راکتور، آشغال گیری و رسوب گذاری شوند، بطوریکه بتوان پساب را با معیارهای فوق همساز نمود، البته از سیستمهای هیدرولیزی (پیش اسیدسازی) در چنین پساب هائی می توان استفاده نمود.

ب- ترکیبات سمی

موضوع مهم در تصفیه پساب توسط راکتور UASB وجود بالقوه ترکیبات سمی است که روی باکتریها تاثیر می گذارند. در این مورد تحقیقات زیادی شده است و عمده بررسی ها روی تأثیرات فلزات سنگین، مواد قلیائی، سولفات ها، فلزات قلیائی، سولفیدها، کلروفرم، سیانید، کلراید، نیترات و اکسیژن بوده است.

البته برای پساب هائی که شامل چندین ترکیب سمی بسیار قوی و مشکل ساز می باشند، بعضی روش ها جهت بهبود تصفیه بی هوازی مورد استفاده قرار می گیرند از جمله این روش ها، رقیق کردن پساب، چرخش خروجی هاضم و اختلاط با پساب ورودی و پیش اسید سازی می باشد. عموماً وجود سولفات در اکثر پساب ها اهمیت ویژه ای دارد، چرا که باکتریهای متان ساز در حضور سولفاتها جهت مصرف هیدروژن با باکتریهای احیاء کننده سولفات به رقابت می پردازند. با احیاء سولفاتها، H_2S تولید گشته که هم برای باکتریها بسیار سمی است و هم عامل بو و خوردگی در راکتور محسوب می شود. ثابت شده است اگر نسبت $\frac{COD}{SO_4^{-2}}$ در پساب بیشتر از ۷ تا ۱۰ باشد، تا حدود زیادی از بروز چنین مشکلاتی اجتناب خواهد شد. همچنین برای زمان ماندهای ۷ و ۷/۲ ساعت مقدار $\frac{mgSO_4^{-2}}{Lit}$ ۴۰۰ معقول شناخته شده است.

ج- دما

دما برای اقتصادی کردن عمل فرایند UASB نقش مهمی را ایفاء می کند. دمای بهینه برای هضم بی هوازی تقریباً $37^{\circ}C$ است. هر چند در بازه های دمایی $15-25^{\circ}C$ و بالاتر از آن $30-40^{\circ}C$ نیز،

فرایند نتیجه قابل قبولی را ارائه می دهد. در کلیه شرایط محیطی لازم است که از تغییرات سریع در دمای راکتور اجتناب شود.

د- بارگذاری مواد آلی و تغییرات جریان

راکتورهای UASB برای تصفیهٔ پساب‌هایی که تغییرات قابل توجهی در غلظت مواد آلی موجود در جریان ورودی دارند، مفید و مناسب است. چند پیشنهاد برای این شرایط بیان می شود:

- ۱- استفاده از تانک‌های متعادل کننده اولیه
- ۲- برای پساب‌های با غلظت بالای مواد آلی، برگردان خروجی از هاضم و اختلاط آن با پساب ورودی
- ۳- استفاده از چندین راکتور UASB بصورت موازی در موارد تغییرات زیاد در جریان ورودی پساب

ه- pH و مواد غذایی

اگر پساب فاقد مواد غذایی فسفر و نیتروژن باشد، تصفیه آن در راکتور UASB بدون مشکل نخواهد بود. توصیه می شود که اگر نسبت‌های $\frac{COD}{N} \leq 70$ و $\frac{COD}{P} \leq 350$ در پساب موجود نباشد، مواد غذایی P و N به راکتور اضافه شود.

pH بهینه حدود ۷ می باشد و مقادیر pH زیر ۶/۵ یا بالای ۷/۵ به باکتریهای متان ساز آسیب می رساند. اگر چه تصفیه پساب‌های با pH خیلی پایین به راحتی در راکتورها ی UASB انجام می شود چرا که ظرفیت بافری فرایند بی‌هوازی در اغلب پساب‌ها وجود دارد. [۲۹ و ۳۰ و ۳۱]

۳-۶-۳ مزایا و معایب سیستم UASB

از مزایای این سیستم :

- عدم نیاز به هوادهی
- تولید لجن بسیار کم و غلیظ و تثبیت شده
- مصرف بسیار کم انرژی و تولید بیوگاز
- مقاومت در برابر نبودن مواد غذایی
- پذیرش بار حجمی بیشتر
- نیاز کم به زمین
- و از معایب آن می توان به موارد زیر اشاره نمود:
- بازده نسبتاً کم
- تولید بو
- مدت راه اندازی نسبتاً طولانی
- حساسیت نسبت به درجه حرارت

۷-۳ برکه‌های تثبیت

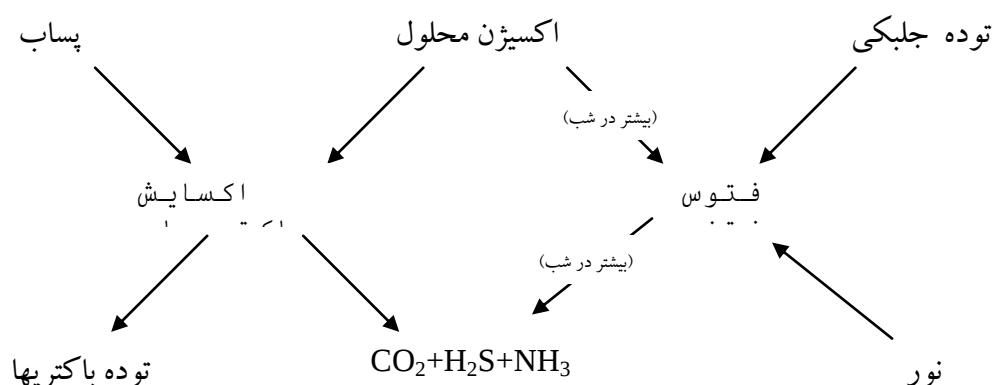
برکه‌های کم عمق (۵-۱ متر) گزینه‌های دیگری برای تصفیه بیولوژیکی پساب هستند که می‌توانند همراه یا بجای دیگر روش‌های متداول بکار گرفته شوند.

وقتی که پساب به برکه وارد می‌شود، در برکه تصفیه یا تثبیت توسط چند فرایند طبیعی که همزمان در حال وقوع هستند، صورت می‌گیرد. جامدات سنگین ته‌نشین شده و توسط باکتری تجزیه می‌شوند. مواد معلق سبکتر در حالت تعلیق توسط باکتریها جذب می‌شوند و مقداری از پساب نیز از طریق تبخیر از سطح برکه دفع می‌شود.

جلبکها از دی اکسید کربن و بی کربنات برای سنتز پروتوپلاسم سلولی استفاده می‌کنند و برای رشد، مانند دیگر گیاهان در متابولیسم خود به نیتروژن و فسفر نیاز دارند. زائادات حاصله از این متابولیسم اکسیژن و مقداری دی اکسید کربن است. مشکل این جلبکها این است که پس از مرگ لاشه آنها بصورت بار آلی ثانویه ای به برکه تحمیل می‌شود، همچنین فعالیت آنها فصلی است یعنی در زمستان دارای اثر کمی هستند.

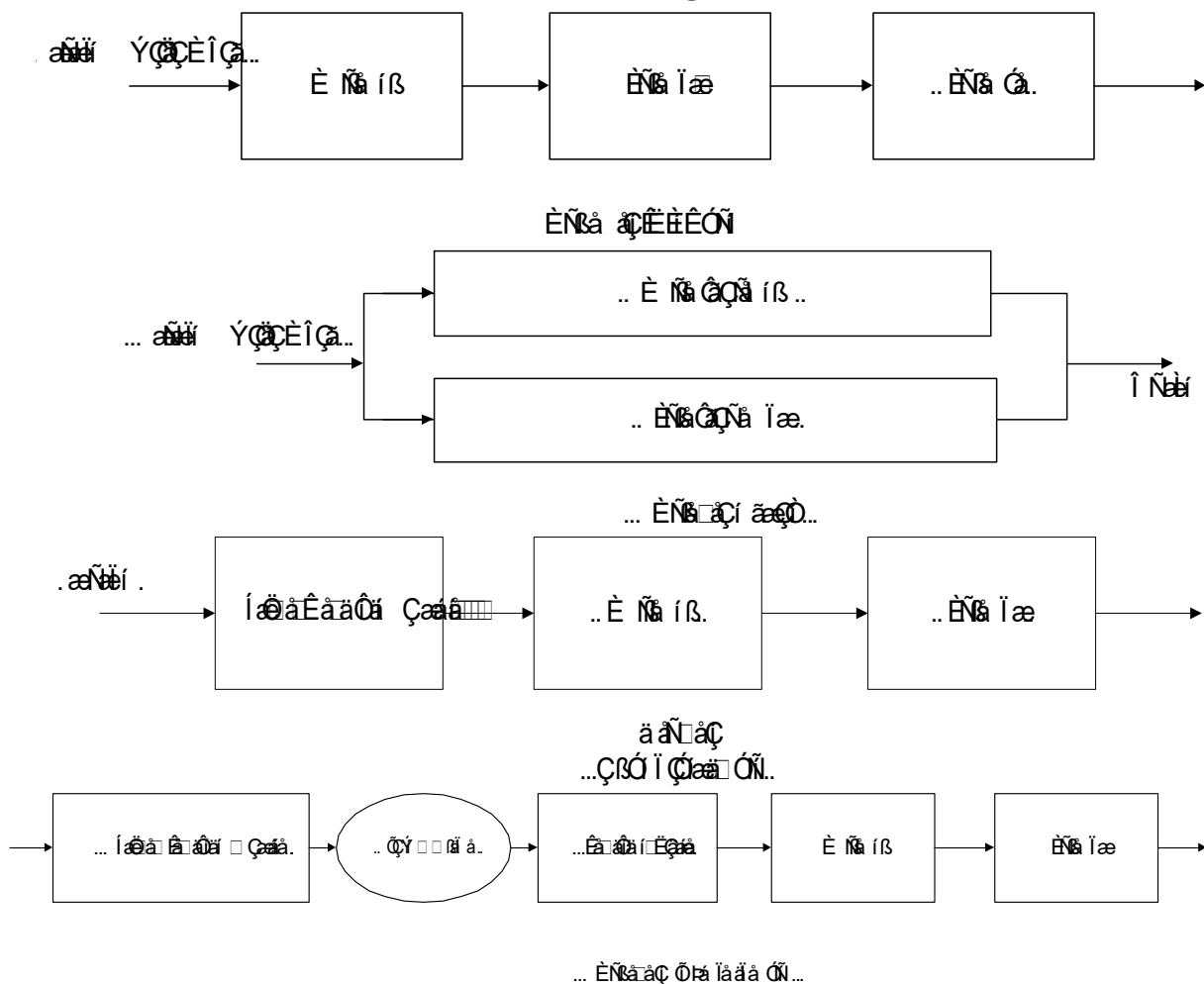
برکه‌ها، می‌توانند نقش مفیدی در تصفیه پساب ایفاء نمایند. با مطالعات انجام شده در مورد عملکرد آنها، شناخت بهتری نسبت به فرایندهای طبیعی دخیل در تصفیه حاصل شده است. [۴ و ۱۰] شکل زیر فعالیت جلبکها در برکه‌های تثبیت را بصورت خلاصه نشان می‌دهد:

برکه‌های طراحی شده برای دریافت پساب بدون هیچ گونه پیش تصفیه، “برکه‌های تصفیه پساب‌های خام” یا “برکه‌های تثبیت” نامیده می‌شوند (شکل ۳-۱۰). در این سیستمها به سطح زیادی از زمین نیاز است.



از برکه‌ها معمولاً بصورت سری برای زلال سازی، حذف BOD و حذف عوامل بیماری‌زای پساب حاصل از تصفیه مقدماتی استفاده می‌شود. در بعضی مواقع به این برکه‌ها، نهر اکسیداسیون گفته می‌شود.

برکه‌ها گاهی بصورت سری برای انجام تصفیه پیشرفته بعد از صافی چکنده قرار داده می شوند. این برکه‌های سری کیفیت پساب قابل قبولی برای دفع به اکثر آبهای پذیرنده تولید می کنند.



شکل ۳-۱۰ دسته بندی برکه‌ها

انواع مختلفی از برکه‌ها وجود دارند که می توان آنها را برحسب تفاوت در عمق، شرایط عملکرد، غلظت اکسیژن و میزان بارگذاری طبقه بندی نمود. [۲۰]

۳-۷-۱ طبقه بندی برکه‌ها بر اساس غلظت اکسیژن

الف- برکه‌های اختلاقی

این برکه‌ها اصلی ترین و طبیعی ترین نوع برکه می باشند. عمق آنها حدود ۱/۵ تا ۲ متر است که به تدریج به سه لایه مختلف تفکیک می شود:

۱- لایه در تماس با هوا

در این لایه نفوذ اکسیژن و نور خورشید قابل ملاحظه است و لذا لایه هوازی تشکیل می شود. باکتری‌های آب در این ناحیه با مصرف گاز O_2 مواد آلی را تجزیه کرده و گاز CO_2 تولید می کنند. جلبک‌ها و خزه‌های شناور در این لایه با استفاده از نور خورشید و مواد مغذی داخل آب (بخصوص ازت و فسفر) و گاز CO_2 تولید شده توسط سایر باکتری‌ها تکثیر گشته و گاز O_2 رها می سازند و خود طعمه سایر موجودات می شوند. هر کیلو گرم جلبک قادر است حدود $3/5$ کیلو گرم اکسیژن در یک روز عادی تابستان تولید کند. در شب که نور کافی برای فتوسنتز وجود ندارد، جلبکها از اکسیژن برای تنفس استفاده کرده، دی اکسید کربن تولید می کنند. استفاده و مصرف متناوب O_2 و CO_2 می تواند باعث نوسانات شبانه روزی pH و اکسیژن محلول شود. در طول روز جلبکها، اکسیژن استفاده کرده که باعث افزایش pH می شود و در شب دی اکسید کربن تولید می کنند و pH کاهش می یابد. جلبکها بطور طبیعی و بدون نیاز به بارورسازی در برکه بوجود می آیند و در شرایط مطلوب رشد و تکثیر آنها سریع است.

۲- لایه مجاور برکه

این لایه بعثت نفوذ بسیار کم O_2 بصورت بی هوازی عمل می نماید و باکتریهای بی هوازی در این ناحیه تکثیر می شوند. باکتریها از مواد غذائی موجود در پساب استفاده می کنند و گاز کربنیک و گاز H_2S و مقداری اسیدهای آلی تولید می کنند و گاهی نیز گاز متان تولید می شود.

۳- لایه بین این دو سطح

باکتری‌های این ناحیه در هر دو شرایط کار می کنند و باکتری‌های اختیاری هستند.

ب- برکه‌های هوازی

مشخصه این برکه‌ها، وجود اکسیژن در سراسر آنها، تقریباً در تمام مواقع است. در این برکه‌ها معمولاً به اکسیژن اضافه بر میزان نفوذ از اتمسفر نیاز می باشد. این منبع کمکی می تواند توسط جلبک‌ها در طول روز، توسط تلاطم مکانیکی در سطح یا توسط حبابهای هوای تولیدی توسط کمپرسورها، تولید شود. برای تأمین اکسیژن محلول و ایجاد اختلاط و جلوگیری از یخ زدن سطح برکه در زمستان معمولاً از هوادهای مکانیکی سطحی بصورت شناور و یا عمقی و هوا پخش کن‌های حباب ریز استفاده می شود. عمق این استخرها حدود ۳ تا ۴ متر است و در اصول، شبیه سیستم لجن فعال ولی بدون برگشت لجن عمل می کنند. زمان توقف پساب حدود ۳ تا ۸ روز است و به درجه حرارت هوا بستگی دارد. بار آلی وارده و میزان هوادهی باید دقیقاً کنترل شود تا مشکل بو و رشد بی هوازی بوجود نیاید. حداقل ۱۰ تا ۲۰ وات برای هر متر مکعب، انرژی جهت اختلاط در برکه لازم است تا شرایط بی هوازی ایجاد نشود.

ج- برکه‌های بی هوازی

در برکه‌های بی هوازی یا لایه بی هوازی برکه‌های اختیاری، مواد آلی در آغاز توسط گروهی از موجودات موسوم به "اسیدسازها" به دی اکسید کربن، نیتروژن و اسیدهای آلی تبدیل می شوند و بطور

همزمان اسیدها و دیگر فراورده‌های گروه اول را به گاز متان و قلیائیت تبدیل می‌کنند. آب یک محصول دیگر تجزیه مواد آلی است.

برکه‌های بی‌هوازی فاقد اکسیژن می‌باشند. تصفیه، تابع تخمیر لجن در ته برکه است. در بعضی از شرایط این فرایند می‌تواند تولید بوی نامطبوع نماید ولی کارایی آن در از بین بردن زائدات آلی بسیار خوب است. این روش برای پساب‌هایی که از نظر طبیعی مناسب هستند (برای پردازش زائدات صنعتی) مانند پساب پالایشگاههای نفت استفاده می‌شود. امتیاز این سیستم‌ها در تولید لجن به میزان بسیار کمتر از سیستمهای هوازی است و مشکل عمده آن ناقص بودن تصفیه حاصل از آن و نرسیدن کیفیت پساب خروجی به استانداردهای محیط زیست است. از این رو برکه‌های بی‌هوازی معمولاً بصورت یک مرحله پیش تصفیه و یا اولین مرحله از یکسری مراحل یک تصفیه‌خانه بکار برده می‌شود.

برای ایجاد شرایط بی‌هوازی و جلوگیری از نفوذ اکسیژن هوا به داخل آب باید از یک لایه چربی و یا مانع دیگر استفاده شود. در مورد پساب‌هایی که دارای این چربی نیستند باید مانع را بوجود آورد و بهمین جهت برکه بی‌هوازی معمولاً فقط برای تصفیه پساب‌هایی بکار برده می‌شود که دارای این مزیت هستند.

برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی توصیه شده غلظت BOD ورودی زیاد باشد (بیشتر از $500 \frac{\text{mg}}{\text{litre}}$) و اصولاً روش‌های تصفیه بیولوژیکی بی‌هوازی با پساب‌های غلیظ مناسب‌تر می‌باشند. برای ایجاد شرایط غیرهوازی، عمق برکه‌ها حدود ۵ متر در نظر گرفته می‌شود که ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر قشر روغن و چربی باید روی آن بسته شود تا مانع ورود هوا شود. ورود پساب در کف استخر و خروج پساب از نقطه‌ای نزدیک سطح مانع نفوذ هوا می‌گردد.

برکه‌های بی‌هوازی برای شرایط تابستانی و نقاط گرمسیر بسیار مناسب است و اصولاً در درجه حرارت زیاد (۳۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد) خیلی خوب عمل می‌کنند. زمان توقف در این نوع برکه‌ها از ۴ تا ۶ روز کمتر نیست و حذف BOD از ۷۰ تا ۷۵ درصد بیشتر نمی‌باشد چون غلظت BOD ورودی زیاد است، غلظت BOD خروجی هیچ‌وقت به استاندارد لازم نخواهد رسید در نتیجه یک تصفیه بعدی لازم خواهد بود. گاهی قشر چربی مورد تغذیه باکتریها قرار گرفته و تجزیه می‌شود. گاهی نیز وزش باد باعث کاهش این قشر در بعضی از نقاط سطح برکه می‌گردد و در نتیجه باعث بهم خوردن شرایط بی‌هوازی و متصاعد شدن بوی تعفن می‌گردد. [۲۰ و ۱۵]

۳-۲ طبقه‌بندی برکه‌ها بر اساس زمان ماند

طبقه‌بندی برکه‌ها می‌تواند برحسب زمان ماند انجام گیرد. برکه با زمان ماند کمتر از ۵ روز، عملکردی مشابه حوضچه ته نشینی دارد یعنی مقداری جلبک تولید می‌شود ولی اثری اساسی بر روی

تصفیه پساب ندارد. در برکه‌های با زمان ماند ۳ تا ۲۰ روز، جلبکها رشد قابل توجهی دارند ولی میزان جلبک در خروجی زیاد است.

با ورود و ته نشین شدن این جلبکها در آبهای پذیرنده، سلولهای آنها تجزیه می شود. در صورت بارگذاری بیش از حد توسط جلبکها، شرایط بی هوازی در آبهای پذیرنده ایجاد می شود و باعث مرگ آبزیان و شروع یک سلسله واکنشهای شیمیایی زنجیره ای نامطلوب می شود. به عبارت دیگر تصفیه پساب صورت نگرفته، فقط زمان و محل وقوع تغییر پیدا کرده است.

در زمانهای ماند طولانی امکان ته نشینی جلبکها فراهم می شود. معمولاً این حالت در برکه های اختیاری که دارای شرایط بی هوازی در ته برکه و شرایط هوازی در لایه های سطحی هستند، بوجود می آید. ترکیبی از تصفیه بی هوازی و هوازی فراهم شده بوسیله زمانهای ماند طولانی، تثبیت خوبی برای پساب ورودی است.

برکه‌ها با تخلیه کنترل شده در واقع برکه های اختیاری با زمان ماند ۱۸۰ روز یا بیشتر می باشند. تخلیه از این برکه‌ها ممکن است فقط یک بار (پاییز) یا دوبار (بهار و پاییز) صورت گیرد. [۲۰ و ۱۰ و ۴]

۳-۷-۳ مزایا و معایب برکه‌های تثبیت

از مزایای این سیستم:

- عدم نیاز به تجهیزات گران قیمت
 - مخارج کم احداث برکه
 - هزینه و مخارج پایین بهره‌برداری و نگهداری
 - عدم نیاز به پرسنل راهبری با مهارت زیاد
 - مقرون به صرفه از لحاظ هزینه‌های ساخت
 - تأمین تصفیه با راندمان مشابه با فرایندهای متداول
 - توان تحمل نوسانات بارگذاری
 - مصرف کم انرژی
 - کیفیت قابل قبول پساب تصفیه شده از نظر انگل و پاتوژنها
 - زمان کوتاه برای احداث
 - عمر مفید بیشتر
 - عدم وجود مشکلات پردازش و دفع لجن
- و از معایب آن می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:
- تجربهای نامطبوع
 - سطح زیاد زمین مورد نیاز

- وابستگی راندمان تصفیه به شرایط آب و هوا
- احتمال آلوده شدن آبهای زیر زمینی
- احتمال بالا بودن غلظت جامدات معلق در پساب تصفیه شده
- تبخیر بسیار زیاد آب و در نتیجه تلفات زیاد آب و شوری پساب تصفیه شده

تصفیه پیشرفته و دفع پساب

در مورد کیفیت آلودگی‌ها از قبیل رنگ، مواد شیمیایی غیرقابل تصفیه، فسفات‌ها، آمونیاک در ترکیبات آلی، نیترات‌ها، نیتريت‌ها و بسیاری از املاح دیگر که در پساب تصفیه شده وجود دارند، استانداردهای تعیین شده که تصفیه مقدماتی و بیولوژیکی امکان دست یافتن به این استانداردها را ندارد (استانداردهای تعیین شده توسط سازمان محیط زیست کشور در پیوست یک آورده شده است).

هدف کلی از تصفیه پساب جداسازی مواد جامد محلول و نامحلول از آب می باشد. پساب تصفیه شده یا در آب‌های سطحی دفع می شود و یا می تواند در صنعت مورد استفاده مجدد قرار گیرد و یا اینکه به مصرف کشاورزی و آبیاری برسند.

روش‌های مختلف تصفیه پیشرفته برای حذف این گونه آلودگی‌ها مطرح شده است. این روش‌ها تقریباً هر نوع تصفیه ای بعد از تصفیه بیولوژیکی را شامل می شود. گاه به این مرحله از پالایش، تصفیه مرحله سوم^۱ نیز گفته می شود. در ممالکی که دچار کمبود منابع آب تازه می باشند، عمل تصفیه پیشرفته بسیار مهم می باشد چون از پساب تصفیه شده برای مصارف صنعتی، کشاورزی و آبیاری استفاده مجدد می شود. تصفیه پیشرفته در مرحله اول شامل کاهش مواد معلق و شناور می باشد که باعث کاهش زیاد BOD و همچنین شفافیت پساب و کاهش رنگ می شود. در مرحله بعد حذف فسفر و آمونیاک مطرح می باشد و نهایتاً پس از گندزدایی و افزودن کلر، پساب برای استفاده مجدد یا دفع به دریا یا رودخانه آماده می شود.

همچنین ترکیبات آلی غیرقابل تجزیه بیولوژیکی مانند فنل‌ها، فورفورال، تولوئن و ترکیبات سولفوردار از جمله مواد آلاینده پساب‌های صنعتی می باشند. در این فصل روش‌های متفاوتی که تاکنون برای حذف این مواد که در پساب صنعتی پالایشگاه‌های نفت وجود دارند، ارائه می شود.

^۱Tertiary Treatment

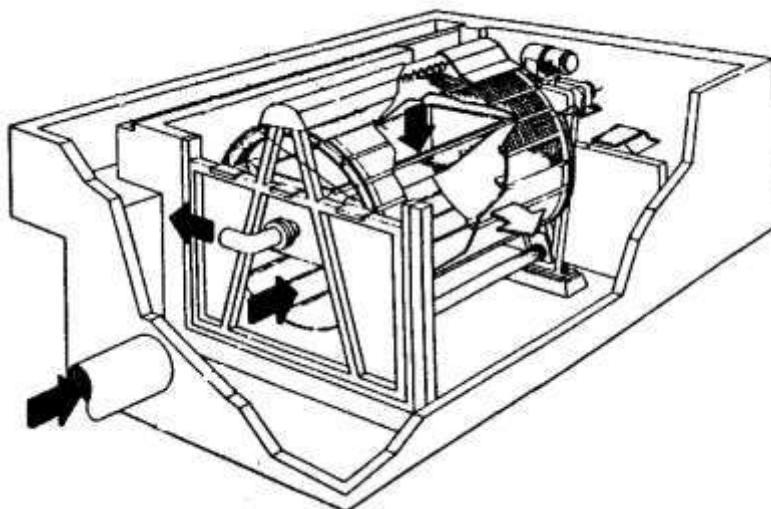
۱-۴ حذف مواد معلق و محلول

در سیستم‌های تصفیه پیشرفته ممکن است لازم باشد که جامدات معلق و در بعضی مواقع جامدات محلول نیز حذف شوند. فرایندهای حذف جامدات در سیستم‌های تصفیه پیشرفته شبیه روش‌های استفاده شده در فرایندهای تصفیه آب آشامیدنی است، اگرچه کاربرد آنها در اثر کیفیت ضعیف پساب مشکلت‌ر می‌شود.

۱-۱-۴ حذف جامدات معلق

محدودیت‌هایی که در ته نشین شدن مواد شناور در حوضچه های ته‌نشینی پس از مرحله تصفیه بیولوژیکی وجود دارد، باعث می‌شود که مقدار ذرات و لخته‌های بسیار ریز و مواد معلق پساب به میزان مطلوب کاهش نیابد. روش‌های موجود جهت حذف جامدات معلق عبارتند از: حذف بوسیله غربال میکرونی^۱ و فیلترهای شنی یا ماسه‌ای.

یکی از روش‌های حذف مواد شناور استفاده از غربال میکرونی است (شکل ۱-۴). این غربال استوانه‌ای شامل پوششی توری مانند با منافذی حدود ۵۰-۲۰ میکرون است. پساب به وسط این استوانه وارد شده و سپس از جداره توری مانند استوانه، به بیرون نفوذ پیدا می‌کند. جداره استوانه، مانع عبور ذرات معلق به بیرون می‌شود در نتیجه پساب تصفیه شده و ذرات معلق به مرحله اول تصفیه خانه بازگشت داده می‌شوند.



شکل ۱-۴ غربال میکرونی برای حذف ذرات معلق و شناور

^۱Micro straining



شکل ۴-۲ نمای کلی فیلتر

روش دیگر حذف ذرات معلق و شناور در پساب، استفاده از فیلترهای ماسه‌ای است که برای برداشت مواد معلق و شناور (SS) بسیار موثرند. البته فیلترهای تحت فشار مساحت بسیار کمتری را اشغال می‌کنند ولی بعزت وجود مخازن مخصوص، هزینه بیشتری می‌طلبند. فیلترهای ماسه‌ای نیاز به مساحت بیشتری دارند ولی با هزینه بسیار کمتری عمل می‌کنند.

فیلترهای شنی برای واحدهای تصفیه بی‌هوازی استفاده می‌شوند. کاربرد این نوع فیلتر برای پساب برکه‌های اکسیداسیون با موفقیت قابل ملاحظه‌ای همراه بوده و توانسته است

غلظت BOD پساب را به کمتر از $100 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}$ و میزان جامدات معلق را به $0.56 - 0.37 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{day}}$ برساند.

شکل ۴-۲، نمای کلی یک فیلتر شنی را نشان می‌دهد.

برای سیستم‌های بزرگتر، فیلتر کردن با ماده گرانوله مناسب تر است. بسترهای دو یا چند ماده‌ای از مشکل گرفتگی سطح جلوگیری کرده، عملکرد طولانی تری را ممکن می‌سازد. مقادیر بارگذاری به غلظت و طبیعت جامدات در پساب بستگی دارد. بار فیلتر در محدوده $30 - 12 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{day}}$ با عملکرد مداوم فیلتر تا یک روز استفاده شده است.

فیلترهای بسترهای متحرک بطور پیوسته تمیز می‌شوند و میزان تمیز کردن را می‌توان با میزان بارگذاری جامدات تطبیق داد. جامدات فیلتر شده را می‌توان تغلیظ و بوسیله هضم بی‌هوازی تصفیه کرد که منجر به افزایش تولید متان می‌شود.

غالباً پسایی که از غربال و یا فیلترها رد می‌شود دارای غلظت ذرات معلق در حدود ۱۰ ppm است و اگر این مقدار نیز قابل قبول نباشد می‌توان بوسیله لخته کردن و انعقاد ذرات معلق قابلیت برداشت BOD و ذرات شناور را بالا برد. [۱۴]

۴-۱-۲ حذف جامدات محلول

تصفیه بیولوژیکی و حذف مواد مغذی، هر دو مقدار جامدات پساب را کاهش می‌دهد با این وجود هیچکدام از این فرایندها همه اجزاء آلی را کاملاً حذف نکرده و هیچکدام مقدار زیادی از جامدات

محلول غیرآلی را حذف نمی کند. برای کاهش جامدات محلول می توان از تبادل یونی، فیلتر کردن با غشاء ریز منفذ، جذب سطحی و اکسیداسیون شیمیائی استفاده کرد. استفاده از این روشها برای تصفیه پیشرفته پساب بـه شرطی امکان پذیر است که نتواز بالایی از تصفیه مقدماتی صورت گرفته باشد. حذف مواد آلی محلول (بوسیله جذب سطحی با کربن فعال) قبل از فیلتر کردن با غشاء ریز منفذ برای جلوگیری از گرفتگی منافذ ریز به وسیله مولکولهای آلی بزرگتر، لازم است. فرایند تصفیه پیشرفته برای حذف پساب محلول، پیچیده و گران است. [۱۰]

۴-۲ حذف فسفر

فسفر به همراه آمونیاک عواملی هستند که باعث رشد بیش از حد گیاهان، جلبکها و خزها در رودخانه ها و مردابها می شوند و چون دفع و برداشت آمونیاک مشکل تر از فسفر می باشد، به این جهت با کنترل فسفر در پساب خروجی از تصفیه خانه ها، رشد گیاهان را در آنها مهار می نمایند. حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد فسفری که در پساب یافت می شود از طریق تجزیه ترکیبات مختلف از جمله پروتئین ها وارد پساب شده، ولی بقیه آن یعنی ۵۰ تا ۷۰٪ را می توان به مواد صابونی، پاک کننده ها و مواد شوینده نسبت داد. با وجود این که مقداری از فسفر محلول در پساب در ته نشینی مقدماتی از طریق ته نشینی و رسوب شدن حذف می شود و در حدود ۲۰ تا ۳۰٪ آن نیز در تصفیه بیولوژیکی به مصرف رشد و تکثیر باکتریها می رسد ولی مقدار زیادی از آن به صورت محلول در پساب تصفیه شده باقی می ماند که اصولاً مقدار آن نباید از ۱-۲ میلی گرم بیشتر باشد. باین ترتیب در تصفیه پساب باید حدود ۹۰٪ فسفر ورودی حذف گردد. در زیر روش های حذف فسفر آمده است.

۴-۲-۱ روش کشت خز

خزها و گیاهانی مثل نیلوفرهای آبی از طریق فتوسنتز رشد می کنند و در نتیجه فسفر محلول موجود در پساب را مصرف کرده و باعث کاهش غلظت این عنصر در پساب می گردند. این روش فقط در مواردی قابل اعمال است که در آخرین مرحله سیستم تصفیه پساب، بمنظور پالایش نهایی از برکه های زلال ساز هوازی استفاده شده باشد.

۴-۲-۲ روش حذف شیمیائی

رسوب سازی فسفر با استفاده از آهک و یا املاح آلومین یوم و سایر مواد لخته ساز، از قبیل کلروفریک، مناسبترین روش برای کاهش غلظت فسفر در پساب محسوب می گردد. افزودن مواد منعقد کننده و لخته ساز باعث لخته شدن، ته نشینی مواد معلق و شناور و در نتیجه کاهش کدورت پساب می شود. این امر از نکات بسیار مثبت در حذف شیمیائی فسفر محسوب می گردد. با این روش حدود ۸۰-۹۰٪ فسفر را براحتی می توان ته نشین نمود. [۱۴]

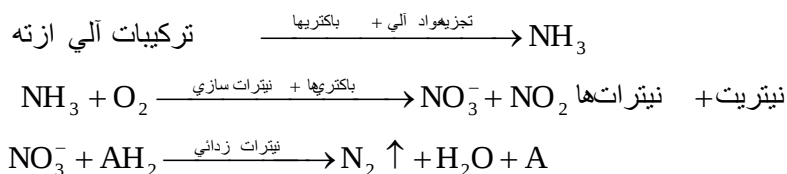
۳-۴ حذف آمونیاک

وجود نیتروژن در آبهای آشامیدنی به دلیل ترکیب با هموگلوبین خون و مختل نمودن سیستم انتقال اکسیژن توسط آن و همچنین در آبهای سطحی و دریاچه ها به دلیل رشد جلبک‌ها عامل نامطلوب به حساب می‌آید. نیتروژن در طبیعت به صورت های مختلف از جمله نیتروژن آلی، آمونیاک، نترات و نیتريت یافت می‌شود. جهت خارج نمودن نیتروژن از پساب، ابتدا باید آنرا بصورت نیتريت و سپس نترات درآورد (نترات سازی) و در مرحله بعدی نیتروژن گ ازی را احیاء نمود (ازت سازی یا نترات زدایی). در فرایندهای تصفیه رایج ابتدا اکسیداسیون کربن رخ می دهد سپس نترات سازی و در نهایت نترات زدایی صورت می‌پذیرد.

۱-۳-۴ حذف آمونیاک و فرایند نترات سازی^۱ و نترات زدایی^۲

وجود آمونیاک در پساب، بعلت دفع مواد زائد انسانی، مواد غذایی و نیز پساب‌های صنعتی است. ترکیبات پروتئینی از منابع اصلی آمونیاک محسوب می شوند. با تجزیه ترکیبات پروتئینی، ازت آلی بصورت آمونیاک آزاد می شود که متعاقباً تبدیل به نیترات می گردد و بنابراین از کل آمونیاک موجود در پساب‌های شهری ۳۵ الی ۴۰٪ بصورت آمونیاک و ۶۰٪ بصورت ترکیبات آلی ازت و مقدار کمی هم بصورت نترات‌ها می‌باشند. فعل و انفعالاتی که صورت می‌گیرد به این شرح می‌باشند:

در اولین مرحله، تحت شرایط هوازی و یا بی هوازی، مواد آلی ازت تجزیه شده و آمونیاک (یا ترکیبات آلی) تولید می‌کنند. در مرحله بعدی، ترکیبات آمونیاکی بوسیله باکتریهای «نیتروسومونا»^۳ و باکتریهای نیتروباکتر^۴ که اصطلاحاً به باکتریهای «نترات ساز» معروف می‌باشند، تبدیل به نترات و نیتريت می‌شوند. نترات تولید شده، خود تحت شرایط بی‌هوازی، تجزیه شده و تبدیل به گاز آمونیاک می‌شود. در نتیجه برای حذف آمونیاک از پساب باید مراحل مختلف طی شود تا آمونیاک بصورت گاز رها گردد، ولی همانطوری که در روابط ساده شده زیر دیده می‌شود، فعل و انفعالات مربوط به آمونیاک در پساب باعث مصرف اکسیژن محلول در آب نیز می‌شود که چنانچه غلظت اکسیژن را بیش از حد (معمولاً ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر) کاهش دهد برای موجودات آبرزی مرگ آور می‌باشد و علاوه بر آن آمونیاک نیز برای آبریان مسموم کننده است، نیتريت‌ها و نترات‌ها نیز برای سلامتی انسان مضر می‌باشند.



^۱Nitrification

^۲Denitrification or Nitrogen Removal

^۳Nitrosomona

^۴Nitrobacter

فرایندهای نیترات سازی و نیترات زدایی فرایندهای بیولوژیکی^۱ می باشند و بنابراین تحت شرایط عمومی واکنشهای بیولوژیکی از جمله درجه حرارت، وجود میکروارگانیسم مناسب و نبودن عناصر بازدارنده و شرایط محیطی مناسب، انجام می گیرند. این فرایندها معمولاً قادر به برداشت حدود ۹۰٪ از آمونیاک پساب می باشند.

معمولاً در فرایندهایی که مدت و میزان هوادهی زیاد است مثل روش لجن فعال با هوادهی طولانی، مقدار زیادی از آمونیاک تبدیل به نیترات می شود یعنی عمل نیترات سازی بهتر انجام می گیرد، ولی چون زمان لازم برای این عمل بیشتر از زمان لازم برای تصفیه و حذف کربن آلی بطریق بیولوژیکی می باشد بعضاً توصیه می شود برای نیترات سازی از یک مخزن هوادهی جداگانه استفاده شود. یعنی پساب در دو مرحله هوادهی می شود، ابتدا از مخزن هوادهی اول برای تجزیه مواد کربنی و سپس مرحله دوم هوادهی برای اجرای فرایند نیترات سازی مورد استفاده است. pH بهینه برای این عمل ۸/۴ و حداقل اکسیژن مورد نیاز ۱ میلی گرم در لیتر می باشد.

نیترات زدایی فعل و انفعالاتی بی هوازی است که احتیاج به یک منبع کربن (AH₂ در رابطه فوق) برای رشد و تأمین انرژی مورد نیاز باکتریها دارد. از این نظر اغلب از متانول (از شکر، اتانول، استون و استیک اسید نیز استفاده می شود) بعنوان منبع کربن استفاده می شود و واکنش در یک بیوراکتور ترجیحاً با جریان پیستونی مثل بیوراکتورهای از نوع بیوفیلتر بی هوازی که دارای بستر مناسبی برای رشد و تکثیر میکروارگانیسمها است انجام می گیرد.

لازم به یادآوری است که این فرایندها همیشه لازم نیستند و لذا در همه تصفیه خانه ها مورد استفاده قرار نمی گیرند (مثلاً در مواردی که پساب نهایی برای آبیاری زمین های کشاورزی بکار برده می شود) ولی مسأله مهم اکسید آمونیاک و حذف این ترکیب است که باید حتماً انجام شود.

۳-۲ دفع آمونیاک بوسیله هوادهی^۲

آمونیاک تولید شده را می توان بصورت گاز نیز از پساب خارج نمود، لذا روش دفع گاز آمونیاک بوسیله هوادهی نیز برای زدودن آمونیاک از پساب نهایی استفاده می شود:



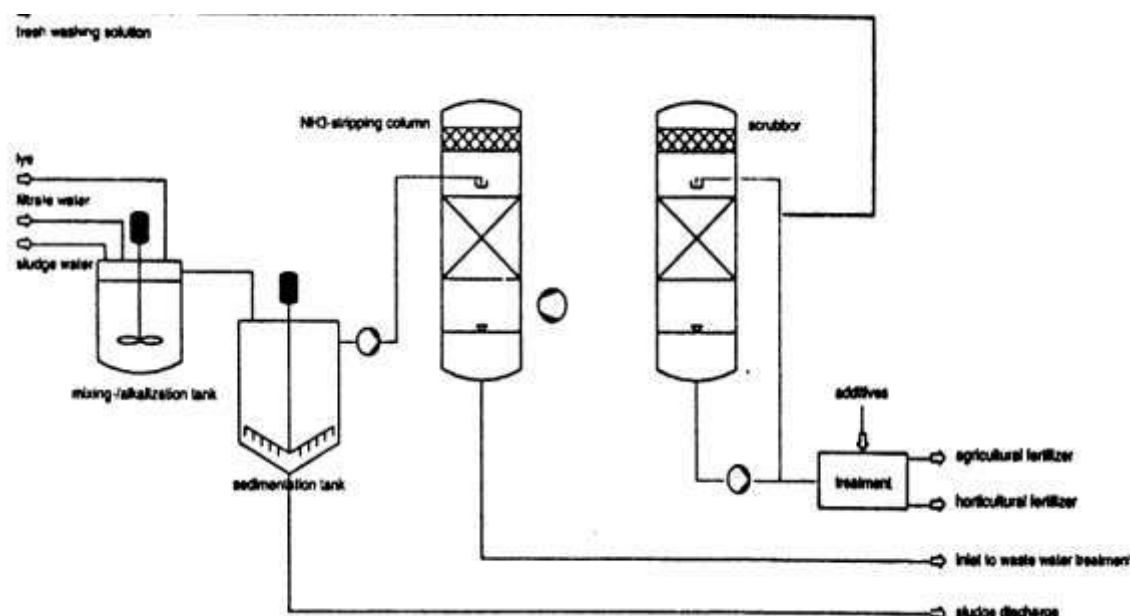
در این روش، پساب خروجی از مرحله تصفیه بیولوژیکی را به بالای برج های بلندی که مشابه برج های خنک کننده می باشد، پمپاژ نموده و روی پرکننده های برج پخش می کنند. بارش پساب بسمت پایین و عبور با شدت هوا از پایین به بالای برج، باعث زدودن آمونیاک محلول و تبدیل آن به گاز می گردد (گاز تولید شده بوسیله جریان هوا از محیط خارج می شود). واکنش کاملاً تحت تأثیر pH آب و دما قرار دارد و بطور کلی تحت شرایط pH قلیائی و درجه حرارت تابستانی، بازده سیستم بیشتر است. در زمستان

^۱ Biological Nitrification & Denitrification

^۲ Air Stripping

گاه

ش راندمان آمونیاک زدایی و یخ زدگی آب باید مورد توجه قرار بگیرد . شکل ۳-۴ حذف آمونیاک توسط برجهای جذب را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴ حذف آمونیاک توسط برجهای جذب

این سیستم که بر مبنای روش‌های کلاسیک دفع گاز است نسبت به سیستم‌های دیگر یعنی نیترات‌سازی کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا آمونیاک ورودی به هوا نیز خود معضلی محسوب می‌گردد. [۱۴]

۳-۳-۴ سیستم هیدرولیز-عریان‌سازی

عریان‌سازی آمونیاک از پساب با استفاده از بخار، هم برای حذف آمونیاک و هم برای بازیافت آن روشی موثری می‌باشد. بخار در فشارهای $4-15 \text{ kg/cm}^2$ بکار گرفته می‌شود و ثابت شده است که آمونیاک را می‌توان با این روش از 24000 mg/l به 500 mg/l کاهش داد.

فرایند هیدرولیز-عریان‌سازی برای تصفیه پسابهای حاوی اوره بکار برده می‌شود و بر اساس هیدرولیز، اوره به آمونیاک و دی‌اکسید کربن تبدیل می‌شود و متعاقب آن آمونیاک آزاد، با عریان‌سازی جدا می‌گردد. هیدرولیز در درجه حرارت $180-190^\circ\text{C}$ و با وارد کردن بخار با فشار $10-11 \text{ kg/cm}^2$ عملی می‌باشد. تحت این شرایط اوره موجود در پساب به کربنات آمونیوم هیدرولیز می‌شود و سپس به آمونیاک گازی و دی‌اکسید کربن تجزیه می‌گردد.

۴-۳-۴ تبادل یونی^۱

با استفاده از سیستم های تبادل یونی، آمونیاک را می توان از پساب حذف کرد. رزینهای کاتیونی قوی برای این منظور استفاده می شوند که قابل احیاء با اسیدسولفوریک می باشد. در این رابطه محصول فرعی سولفات آمونیوم نیز تولید می شود. سطح بالایی از حذف آمونیاک با این فرایند عملی بوده و غلظت آمونیاک در پساب را می توان با این روش به کمتر از ۱ mg/lit رساند. اگر چه هر دو نوع رزین های تبادل یونی طبیعی و مصنوعی در دسترس هستند اما رزینهای مصنوعی به خاطر دوام بهتر، بیشتر بکار می روند. با این وجود بعضی از رزینها طبیعی (ژئولیت ها) در حذف آمونیاک از پسابها کاربرد دارند. محلول احیاء شده از برج عریان کننده عبور داده می شود تا آمونیاک آن جدا گردد. درصد حذف BOD بر حسب درصد حذف آمونیاک در جدول زیر آمده است.

جدول ۴-۱ درصد حذف BOD بر حسب درصد حذف آمونیاک

۳۴	۴۱	۴۳	۴۶	۵۷	۶۱	درصد حذف آمونیاک
۱۴	۱۵	۹۰	۸۹	۹۲	۹۱	درصد حذف BOD

در روشهای مطرح شده برای حذف نیتروژن، فرایند نیترات سازی - نیترات زدایی به دلایل زیر ترجیح داده می شود:

- دارای پتانسیل راندمان حذف بالا می باشد.
- پایداری فرایند بالا بوده و به واقعیت نزدیکتر است.
- کنترل فرایند آسان است.
- نیاز به زمین کمتری است.
- هزینه متوسط دارد.

انجام فرایندهای فوق می تواند به طریق ذیل صورت پذیرد:

- راکتورهای مجزا با استفاده از متانول یا هر منبع کربن آلی دیگر
- سیستمهای مرکب اکسیداسیون کربن - نیترات سازی - نیترات زدایی با استفاده از پساب یا منابع کربن برای حذف آمونیاک به روش نیترات سازی و ازت سازی، فرایند مرکب با فازخودبه خودی کربن آلی، فرایندی مناسب بوده که علاوه بر اینکه مزایای بالا را دارد، به دلیل حذف متانول و همین طور نیاز به تجهیزات کمتر از لحاظ کاهش هزینه های حین عملیات نیز مناسب است. [۴۲]

^۱ Ion exchange

۴-۴ حذف فنل

فنل و ترکیبات هم خانواده آن مولکولهای آروماتیک شامل گروههای هیدروکسیل، متیل آمید یا سولفونیک هستند که به یک حلقه بنزنی متصل شده اند. مقدار مجاز فنل در آبهای شرب $1 \mu\text{g/lit}$ است و وجود $1/3 \text{ mg/lit}$ آن در خون مرگ آور است. به طور کلی حذف فنل از پسابهای صنعتی توسط فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی صورت می گیرد.

۴-۴-۱ تصفیه فیزیکی و شیمیایی

الف- حذف ترکیبات فنلی توسط جذب فیزیکی

کربن فعال به صورتهای گرانوله و پودری، به طور گسترده ای در این فرآیند به عنوان جذب کننده کاربرد دارد. کربن فعال ظرفیت جذب بالایی در مورد مولکولهای آلی دارد. با این وجود برای این جذب کننده خوب، معایبی نیز وجود دارد که عبارت است از محدودیتهای اقتصادی به دلیل گران قیمت بودن کربن فعال، همچنین بازیابی مجدد جذب کننده که سبب هدر رفتن ۱۰ تا ۱۵ درصد مقدار اولیه خواهد شد. این معایب باعث شده است که تلاشی برای جایگزینی کربن فعال توسط مواد ارزانتر انجام پذیرد که عبارتند از: زغال سنگ، خاک، زغال چوب نما، خاک رس، چوب، سیلیکاژل و خاکستر آکنده.

ب- خشک کردن در دمای فریز

تحقیقات نشان می دهد که خشک کردن در دمای فریز و ذخیره سازی بر بازدهی کشت های میکروبی برای حذف فنل مؤثر است. کاهش میزان میکروارگانیسم های زنده پس از عملیات خشک کردن در دمای فریز و ادامه آن در اثر افزایش زمان ذخیره سازی از آثار این فرآیند است. در عین حال در اثر خشک کردن در دمای فریز درصد تجزیه کننده های فنل در کشت مورد آزمایش، افزایش می یابد.

ج- حذف فنل توسط فرایند اکسیداسیون

فرایندهای اکسیداسیون شیمیایی مانند کلر، اسرین، ازناسیون، اکسیداسیون پرمنگنات پتاسیم و اکسیداسیون پراکسید هیدروژن همگی روش هایی برای حذف شیمیایی مواد سمی و آلوده کننده از پسابهای صنعتی می باشند. در میان اکسید کننده ها، ازن دارای خواص مطلوبی برای استفاده در تصفیه می باشد. ازن با خواص اکسید کنندگی بالا قابلیت تجزیه بسیاری از ترکیبات آلی را دارا می باشد. همچنین در آب محلول بوده و به آسانی قابل دسترسی است. ازن به سرعت به اکسیژن و آب تجزیه شده و آلوده کننده نمی باشد. قابلیت ازن در کاهش COD، TOC و BOD توسط آزمایشات متعددی به اثبات رسیده است.

۲-۴-۴ روشهای بیولوژیکی

تاکنون روشهای بیولوژیکی متعددی از جمله حذف فنل توسط UASB، بیوراکتورهای دوفازی ناپیوسته، سیستم‌های لجن فعال، سیستم‌های تثبیت کننده تماس متوالی و راکتورهای RBC به منظور حذف فنل از پسابهای حاوی آن صورت پذیرفته است که در زیر خلاصه‌ای از این روشها ذکر شده است:

الف- حذف فنل توسط سیستمهای لجن فعال

این فرآیند به دلیل ملاحظات اقتصادی و آسان بودن به منظور حذف بیولوژیکی فنل مورد توجه است. سیستمهای تصفیه لجن فعال در محدوده‌های پایین غلظت فنل و بطور کلی در مقادیر کم آلودگی کربنی (COD) بسیار مناسب می باشند اما حساسیت این سیستم ها به شوکهای آلودگی به خصوص در مورد پسابهای سمی کارایی آنها را برای حذف بیولوژیکی فنل در محدوده های بالای آلودگی کاهش می دهد.

ب- حذف فنل توسط سیستمهای تثبیت کننده تماس متوالی (SCS)^۱

سیستمهای SCS شامل یک راکتور چند مرحله ای است که در آنها میکروارگانیزم بر روی یک سطح واسطه تثبیت می شوند. هر مرحله به صورت یک راکتور کاملاً مخلوط مجزا عمل می کند. خروجی هر مرحله به عنوان ورودی مرحله بعدی در نظر گرفته می شود. مراحل سیستم SCS می تواند از نظر حجمی یکسان و یا متغیر باشد.

ج- حذف فنل توسط راکتورهای RBC^۲

حذف فنل در سیستم تصفیه RBC توسط سه مکانیزم تجزیه بیولوژیکی، جذب سطحی و تبخیر انجام می پذیرد. سهم دو مکانیزم اخیر در بازدهی حذف فنل حدود ۱۰٪ است. [۳۵ و ۲۷]

۵-۴ حذف تولوئن

تولوئن از ترکیبات آروماتیک و مایعی بی رنگ است. منابع تولید تولوئن در حال حاضر، ذغال سنگ و نفت است. این ماده به عنوان یکی از ترکیبات تشکیل دهنده بنزین مورد استفاده قرار می گیرد و به عنوان حلال نیز استفاده می شود.

با توجه به اینکه تولوئن در گروه ترکیبات آلی فرار^۱ (VOCs) قرار دارد، حالت بخار آن بسیار متحرک است و از این رو احتمال انتشار آن در محیط زیاد است. وجود برخی از این ترکیبات در جو

^۱ Sequence Contactor System

^۲ Rotating Biological Contactor

ممکن است خطرات مهمی برای سلامتی مردم ایجاد کند. همچنین وجود این مواد به افزایش عمومی هیدروکربن‌های واکنش‌پذیر در جو کمک می‌کند که این امر ممکن است منجر به تشکیل اکساینده‌های فتوشیمیایی شود. ترکیبات آلی فرار جزء آلاینده‌های درجه اول می‌باشد که به دلیل آثار شناخته شده یا مشکوک آنها در سرطان‌زایی، جهش‌زدایی، آسیب‌رسانی به جنین یا سمی بودن بسیار شدید، از مقررات کنترل خاصی برخوردارند.

با توجه به خطرانی که در اثر انتشار ترکیبات آلی فرار و ترکیبات آروماتیک در محیط متوجه انسان می‌گردد، مطالعاتی در زمینه حذف این گونه آلاینده‌ها از پسابها انجام گرفته است. این مطالعات به دو بخش روشهای تصفیه فیزیکی و شیمیایی و روشهای تصفیه بیولوژیکی قابل تقسیم است.

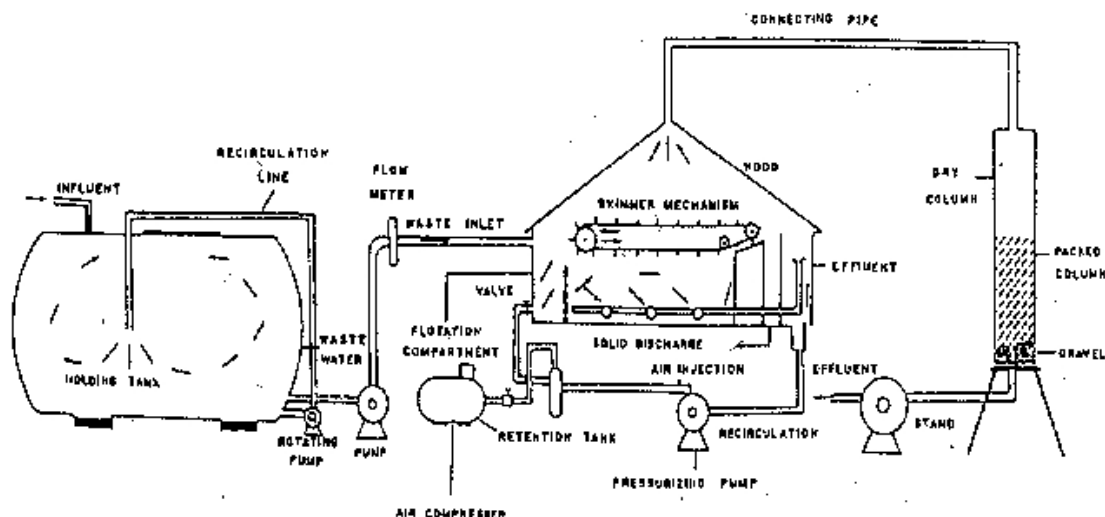
۴-۵-۱ تصفیه فیزیکی و شیمیایی

از میان روشهای تصفیه فیزیکی و شیمیایی، روش شناورسازی با کمک هوا و به دنبال آن حذف سطحی برای حذف ترکیبات آلی فرار از جمله تولوئن مناسب می باشد. در این زمینه تحقیقاتی بر روی پساب صنعتی منطقه Shuaiba در کویت انجام شده است که نمای دستگاه پایلوت آن در شکل ۴-۵ آمده است.

واحد شناورسازی هوای محلول شامل یک تانک نگهداری خوراک با جریان برگشتی برای یکنواخت نمودن پساب و یک تانک شناورسازی هوا به صورت سرپوشیده می باشد. هوا به صورت حبابهای ۳۰ تا ۱۰۰ میکرونی به درون تانک شناورسازی تزریق می گردد. در ادامه واحد شناورسازی یک برج با قطر ۹۹cm قرار دارد که ارتفاعی از آن با گرانول های کربن فعال پر شده است. پساب مصنوعی که ترکیبی از بنزن و تولوئن و زایلن می باشد و به وسیله آب و متانول رقیق می گردد، از تانک نگهداری به تانک شناورسازی پمپ می شود. زمان ماند هیدرولیکی در حدود ۱۰ تا ۷۰ دقیقه می باشد. پس از اعمال شناورسازی هوا بر روی پساب، VOCs خروجی از آن زیر هود جمع شده و به بالای برج، پمپ می شود و از بستر کربن فعال عبور کرده و جذب سطحی صورت می گیرد. در این فرایند دو عامل زمان ماند و نسبت هوا به آب در جریان سازی^۲ پساب از ترکیبات فرار مؤثر است.

^۲ VOCs: Volatile Organic Compounds

^۱ Stripping



شکل ۴-۴ دستگاه پایلوت جهت حذف تولوئن

راندمان حذف تولوئن و سایر ترکیبات فرار با افزایش زمان ماند و افزایش نسبت هوا به آب، افزایش می‌یابد. با نسبت هوا به آب معادل با ۰/۵ که حد بهینه این نسبت برای جداسازی روغن و گریس در عملیات شناورسازی می باشد، راندمان حذف بنزن ۱۴٪، تولوئن ۱۴/۵٪ و پارازایلن ۱۵٪ و اورتوزایلن ۱۴/۵٪ می‌باشد. در صورتی که نسبت هوا به آب بیشتر از ۷۰٪ باشد، راندمان حذفی بیشتر از ۹۰٪ برای ترکیبات فرار بدست می‌آید. در مطالعات انجام شده بر روی پساب واقعی پالایشگاه، راندمان عریان سازی پساب از ترکیبات آلی فرار در مرحله شناورسازی، با افزایش غلظت روغن و گریس، کاهش می‌یابد. نتایج حاصل از تماس گازهای خروجی واحد شناورسازی با گرانول کربن فعال در جدول ۴-۲ آمده است.

جدول ۴-۲ نتایج حاصل از تماس گازهای خروجی واحد شناورسازی با گرانول کربن فعال

noitartnecnoC(gm/l)						dnuopmoC
First Run			Second Run			
erofeB	retfA	(/.)lavomeR	erofeB	retfA	(/.)lavomeR	
۱۱۶	۲۱	۸۱/۷	۳۲۰	۲۳	۹۲	Benzene
۱۰۸	۶/۴	۹۴	۲۷۰	۵/۲	۹۸	Toluene
۱۰۶	۲/۶	۹۷/۵	۲۳۰	۲	۹۹	Chlorobenzene
۱۰۶	۳/۴	۹۶/۷	۱۸۰	DN	۹۹	Bromoform
۱۰۶	۳	۹۷	۲۰۰	۲/۵	۹۸	O-xylene

راندمان حذف ترکیبات فرار توسط برج کربن فعال برای تولوئن در محدوده ۹۴٪ تا ۹۸٪، برای بنزن ۸۱/۷٪ و برای سایر ترکیبات در حدود ۹۷٪ می‌باشد. لذا مشخص می‌شود که استفاده از کربن فعال خشک یک روش مؤثر برای حذف این گونه ترکیبات از پساب می‌باشد.

۲-۵-۴ تصفیه بیولوژیکی

تولون به سادگی توسط همه میکروارگانیسم‌های هوازی قابل حذف نمی‌باشد و برخی از گونه‌های باکتری توانایی حذف تولون را دارند. در ارتباط با مکانیزم حذف بیولوژیکی تولون توسط میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی اعتقاد براین است که ترکیبات آروماتیکی مانند تولون، بنزن و زایلن‌ها که در ساختمان مولکولی خود فاقد اکسیژن هستند در مقابل حمله میکروبی تحت شرایط بی‌هوازی مقاومت بیشتری می‌کنند.

سیستم فیلتر چکنده (TF) و دیسک‌های بیولوژیکی دوار (RBC) جزء فرایندهای بیولوژیکی با فیلم ثابت می‌باشند که جهت تصفیه ترکیبات آلی فرار مورد توجه قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از مطالعه بر روی هر دو سیستم TF و RBC، نشان داده است که راندمان حذف تولون در محدوده ۷۵/۲-۹۱/۶٪ برای سیستم TF و در محدوده ۷۷/۵-۸۸٪ برای سیستم RBC قرار دارد. همچنین درصد تبخیر آن در سیستم TF و RBC به ترتیب در محدوده ۶/۲-۲۲٪ و ۱۰/۵-۲۳/۷٪ قرار دارد. [۲۸]

۳-۵-۴ ترکیب روش تصفیه بیولوژیکی با تصفیه فیزیکوشیمیایی

برای کاهش هرچه بیشتر انتشار ترکیبات آلی فرار از دستگاه های تصفیه، در مواردی دو روش تصفیه بیولوژیکی و جذب سطحی بر روی کربن فعال، به صورت سری قرار می‌گیرند. در این سیستم، تولون هم از طریق جذب سطحی و هم حذف بیولوژیکی کاهش یافته و غلظت آن به کمتر از $10 \mu\text{g/l}$ می‌رسد. راندمان حذف این گونه سیستم‌ها برای پساب‌هایی با بارهای آلودگی کم و شامل مواد آلی خطرناک قابل توجه است. [۲۸]

۶-۴ حذف فورفورال

یکی از مواد بازدارنده در تصفیه پذیری یک پساب صنعتی - روغنی فورفورال می‌باشد که بسیار سمی است. فورفورال در موارد زیر کاربرد دارد:

- ساخت مشتقات آن مانند فورال و انواع تتراهیدروفورال‌ها
- استفاده از آن به عنوان حلال برای جداسازی محصولات اشباع از غیراشباع در صنایع پتروشیمی، نفتی، گازی، سوخت‌های دیزلی و خصوصاً روغن‌سازی که در برخی از پالایشگاه‌ها وجود دارد.
- استخراج هیدروکربنها C4 و C5 به کمک تقطیر برای ساخت محصولات لاستیکی
- عامل رنگبری برای رزین‌های چوبی

^۱ Trickling Filter

- حلال و کمک فرایند برای تولید آنتراسن

- از عوامل تهیه رزینها

- حلال و مرطوب کننده در ساخت لنت های ترمز

سه روش لجن فعال، لجن فعال - پودر کربن فعال و افزایش بیولوژیکی در لجن فعال جهت میزان حذف فورفورال مورد بررسی قرار گرفته شده است. جهت این بررسی، از سه راکتور بدون جریان برگشتی و با حجم ۷ لیتر استفاده شده است که حجم قسمت فعال آن ۶ لیتر و حجم قسمت ته نشینی آن یک لیتر می باشد.

۴-۶-۱ حذف فورفورال توسط لجن فعال

در این روش، لجن فعال شده به یکی از راکتورها اضافه و به مدت ۴ ماه هوادهی شد. با اضافه کردن مواد مغذی مثل اوره و فسفات سعی بر فعال کردن لجن فعال شد. مشاهده شده است که در طی این ۴ ماه هوادهی، راندمان حذف COD پایین و به بیش از ۳۰ درصد نمی رسد.

۴-۶-۲ حذف فورفورال با سیستم لجن فعال - کربن فعال

در این روش بعد از ۲۴ ساعت از اضافه کردن پودر کربن فعال، نتایج زیر حاصل شد:

در آزمایشات انجام شده در سه زمان ماند مختلف ۱۸، ۱۲ و ۶ ساعت، راندمانهای مختلفی بدست آمده است. در زمان ماند ۱۸ ساعت خروجی صاف بوده ولی خروجی زمان ماند ۶ ساعت، بسیار تیره می باشد. درصد دفع فورفورال در تمام زمان ماندها، بالای ۹۰ درصد است ولی در زمان ماند ۶ ساعت درصد دفع COD به زیر ۹۰ درصد می رسد یعنی با کاهش زمان ماند درصد دفع کاهش یافته که به دلیل خارج شدن MLSS از سیستم می باشد.

۴-۶-۳ دفع فورفورال توسط افزایش بیولوژیکی در لجن فعال

با استفاده از جداسازی میکروبی توسط کشت اختصاصی میکروبی، میکروب تجزیه کننده فورفورال بعد از جداسدن به بیوراکتور تلقیح می شود. بعد از افزایش این میکروب و بعد از ۲۴ ساعت مقدار MLSS به مقدار زیادی افزایش یافته و رنگ سیستم تغییر می کند و در واقع کار سیستم لجن فعال آغاز می گردد. آزمایشات انجام گرفته بر روی این سیستم در زمانهای ماند ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت انجام گرفته که در زمانهای ۲۴ و ۶ ساعت، راندمان بالاتری مشاهده خواهد شد.

در این سیستم نیز مانند سیستم PACT حذف فورفورال بیش از حذف COD می باشد، چون این پساب صنعتی و حاوی مواد بازدارنده دیگری است. [۴۰]

۷-۴ روشهای حذف ترکیبات سولفور

غالباً یک یا چند ترکیب سولفوردار در پساب های پالایشگاههای نفت و گاز یافت می شود. حداقل ۳۰ ترکیب یونی و مولکولی سولفوردار وجود دارد که تنها ۶ ترکیب تیوسولفات (HSO_4^-)، سولفات ها (SO_4^{2-})، سولفور (S)، سولفید هیدروژن (H_2S)، هیدروسولفید (HS^-) و سولفید (S^{2-}) از نظر ترمودینامیکی در دماهای معمولی پایدار هستند. سولفید یکی از آلاینده های محیط زیست است و دارای اثرات زیست محیطی زیر می باشد:

- سمیت سولفید هیدروژن: در غلظت بالای ۱۰۰۰ mg/l موجب از بین رفتن سریع حس بویایی و سپس بعد از دو دقیقه، توقف تنفس را باعث می شود و در غلظت های پایین تر اثراتی از جمله تحریک چشم، سرفه کردن و تحریک تنفسی را به دنبال دارد.
- اثرات خوردگی: ترکیبات سولفید محلول در آب، باعث تخریب دیواره بتنی لوله ها و مخازن می شود.

- بوی ناخوشایند: بوی ترکیبات سولفیدی از جمله سولفید هیدروژن، متان تیول، متیل سولفید و متیل مرکاپتان، شبیه بوی تخم مرغ گندیده است و در غلظت ۰/۲ ppm در هوای تازه قابل تشخیص است.
- اکسیژن مورد نیاز: برای تبدیل هر مول سولفید به سولفات دو مول اکسیژن مورد نیاز است.
- تغییر کیفیت آب شرب: وجود سولفید در آب حتی در غلظتهای ۱ mg/l باعث تغییر مزه و بوی آب می شود.

- سمیت سولفید برای سیستم های بیولوژیکی: سولفید رشد و فعالیت میکروارگانیسم ها را به مخاطره می اندازد. حذف سولفید یک مسأله اساسی در تصفیه بی هوازی پساب های حاوی سولفات است. غلظت هایی از سولفید محلول بین ۵۰ تا ۱۰۰ mg/l برای میکروارگانیسم ها قابل تحمل است. سمیت سولفید در pH بالا کاهش می یابد. برای کاهش مقدار سولفید در شرایط بی هوازی آنرا به صورت غیر محلول در می آورند، مثلاً اضافه کردن Fe^{2+} ، سولفید را به شکل سولفید آهن غیر محلول تبدیل می کند و به سادگی از سیستم خارج می کند. سولفید هم چنین برای سیستم لجن فعال هم ایجاد اشکال می کند. در حضور سولفید، باکتریهای Thiobacillus می توانند گسترش پیدا کنند، این باکتریها مسأله تورم لجن^۱ را ایجاد می کنند.

روشهای حذف متفاوتی برای سولفید گزارش شده است که به دو دسته شیمیایی و بیولوژیکی تقسیم می شوند. روشهای فیزیکی- شیمیایی هزینه بالایی دارند و روش بیولوژیکی دارای سرعت بالا و هزینه پایین و به دلیل استفاده از باکتری خاص در این مورد، دارای محدودیت می باشد.

^۱ Bulking

۴-۷-۱ روشهای حذف فیزیکی- شیمیایی

از جمله روشهای حذف سولفید که امروزه مطرح است فرایندهای فیزیکی- شیمیایی می باشد که عبارتند از دفع مستقیم با هوا، ته نشینی شیمیایی و اکسیداسیون. مصرف انرژی نسبتاً بالا، هزینه مصرف مواد شیمیایی و تشکیل لجن شیمیایی سولفید آهن و اکسیدمنگنز از جمله موانع مهم این روشها می باشند. توضیح این روشها به صورت زیر می باشد:

الف- عریان سازی مستقیم با هوا

در این روش با هوادهی به پساب محتوی H_2S ، این ماده بصورت گاز دفع می گردد. این روش نیاز به حجم زیادی از هوا دارد.

ب- ته نشینی شیمیایی

در این روش بعد از اضافه کردن سولفات فرو به استخر هوادهی، رسوب تشکیل می شود و رنگ پساب در نتیجه تشکیل سولفید آهن، سیاه می شود. در صورتی که هوادهی انجام شود رسوب سولفید آهن سریعاً به آهن سه ظرفیتی و سولفور، اکسید می شود و علاوه بر بهبود خاصیت ته نشینی لجن، خطرناک بودن آنرا از بین می برد.

ج- اکسیداسیون سولفید

اکسیداسیون سولفید یک واکنش ساده نیست. تغییرات pH و وابستگی پیچیده سرعت های واکنش نسبت به غلظت اکسیژن و سولفید، حساسیت واکنش نسبت به ناخالصی ها و تعداد محصولات میانی از جمله پیچیدگی های واکنش است.

انواع فرایندهایی که برای اکسیداسیون سولفید به کار می رود عبارتند از: هوادهی (کاتالستی و غیر کاتالستی)، اکسیداسیون با کلر، اکسیداسیون با ازن، اکسیداسیون با پراکسید هیدروژن، اکسیداسیون با پراکسی مونوسولفات. در همه این فرایندها محصول اکسیداسیون سولفید، سولفور، تیوسولفات و سولفات خواهد بود.

اکسیداسیون غیر کاتالستی سولفید با هوا فرایند بسیار آهسته ای می باشد و برای افزایش سرعت اکسیداسیون از اکسیژن خالص استفاده می شود. در مورد اکسیداسیون در اثر هوادهی به صورت کاتالستی در تحقیقات مختلف فعالیت کاتالست ها برای اکسیداسیون سولفید سدیم بررسی شده است. از محلول های متداول در این فرایند هیدروکینون، هیدروکینون- کلرید فریک، و هیدروکینون- کلرید فریک- پراکسی دی سولفات می باشد که بازده سیستم هیدروکینون- کلرید فریک- پراکسی دی سولفات بالاتر از بقیه می باشد. همچنین نتایج تحقیقات نشان می دهد که فعالیت کاتالستی سولفات آهن، کربن فعال و کربن دوده در مخلوطی با نسبت های برابر راندمان بهتری دارد.

۴-۷-۲ روش بیولوژیکی

هدف از تحقیقات جدید در جهت حذف بیولوژیکی سولفید، گسترش فرایند مؤثر با قیمت پایین و سرعت بالای حذف است که سولفید را به سولفور تبدیل می کند. این فرایند براساس یک اکسیداسیون هوازی به وسیله گروه سولفور باکتریهای بی رنگ انجام می شود، مزایای روشهای حذف بیولوژیکی سولفید عبارتند از: عدم نیاز به اکسیدکننده ای به غیر از هوا، عدم ایجاد لجن شیمیایی، مصرف انرژی پایین، مقدار کم خروج سولفات یا تیوسولفات، سرعت بالای فرایند و بازده حذف زیاد.

در فرایند حذف بیولوژیکی سولفید دو انتخاب وجود دارد: یکی اکسیداسیون با نور یا نیترات و دیگری اکسیداسیون با اکسیژن که به وسیله باکتری های سولفور بی رنگ انجام می شود. اکسیداسیون بیولوژیکی با اکسیژن دارای سرعت بسیار بالا و راندمان عالی می باشد، لذا تحقیقات انجام گرفته بر روی حذف بیولوژیکی سولفید به سمت بهینه کردن این فرایند پیش رفته است.

از جمله عوامل مؤثر بر کارایی این سیستم ها غلظت اکسیژن، زمان ماند هیدرولیکی میکروارگانیزم تثبیت شده یا معلق می باشد. همچنین عوامل نسبت سولفید به اکسیژن، غلظت سولفید و بار سولفید در بهینه سازی تولید سولفور مؤثرند.

در مطالعات تجربی انجام شده، عموماً از محلول سولفید سدیم بعنوان خوراک به همراه مواد مغذی شامل $(\text{NH}_4\text{CH}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$ و MgSO_4 و KH_2PO_4 استفاده شده است. آزمایشات را بر روی راکتورهای با رشد جرم زنده ثابت و معلق انجام داده اند و اثر لایه های میکروبی تثبیت شده را بر راندمان عمل مشخص کرده اند. [۴۱]

باتوجه به اینکه در پالایشگاه ها جهت تصفیه بیولوژیکی از روش لجن فعال استفاده می شود و افزودن پودر کربن فعال نیز همانطور که گفته شد دارای مزایای بسیاری است. لذا باتوجه به مطالب فوق در مورد حذف آلایندها، بنظر می رسد با بکارگیری سیستم PACT جهت تصفیه بیولوژیکی پساب پالایشگاه ها، می توان فنل و تولوئن و فورفورال را بدون نیاز به سیستم و تجهیزات اضافی با بازدهی خوبی حذف کرد (اطلاعات کامل تر در پیوست چهار آمده است).

۴-۸ کلر زنی

در تصفیه پیشرفته به منظور گندزدایی پساب خروجی و همچنین کاهش مقدار BOD، از ترکیبات شیمیایی کلردار استفاده می شود. مقدار کلر لازم، برای پساب خروجی از تصفیه با کمک لجن فعال ۸-۱۲ میلی گرم در لیتر و برای پساب خروجی از صافی های ماسه ای ۵-۱ میلی گرم بر لیتر می باشد. در تصفیه خانه های بزرگ عموماً از کلر مایع و در تصفیه خانه های کوچک معمولاً از ترکیبات کلردار استفاده می کنند. از جمله این ترکیبات، گرد سفید رنگ آهک کلردار است که شامل ۳۵٪ کلر

می باشد. ترکیب دیگر، هیپوکلریت کلسیم است که بصورت محلول مصرف می گردد و دارای ۷۰٪ کلر می باشد.

۴-۸-۱ روش های افزودن کلر

برای افزودن کلر به پساب روش های زیر معمول است:

الف - گاز کلر در سیلندرهایی محکم قابل تنظیم، پر شده و به محل تصفیه خانه حمل می شود و جهت انتقال آن از لوله های از جنس چدن ریزدانه و پلیمر PVC، استفاده می شود که این لوله مستقیماً وارد پساب می گردد. باید توجه داشت که محل تزریق کلر حداقل ۱/۲ متر پایین تر از سطح پساب باشد تا گاز کلر تصعید نشود و هدر نرود.

ب - گاز کلر را ممکن است در آب تمیز و یا پساب خروجی حل نمایند و سپس محلول را که دارای کلر فراوانی است وارد پساب سازند.

ج - به منظور ضد عفونی کردن پساب تصفیه شده قبل از دفع آن در منابع طبیعی آب، آنرا از حوض کلرزنی عبور داده و در تماس کامل با کلر قرار می دهند. برای آنکه پساب کاملاً ضد عفونی شود باید زمان توقف آن حداقل ۱۵ دقیقه با زاء حداکثر پساب روزانه باشد. حوض های کلرزنی را با مقاطع دایره و یا مستطیل می سازند. [۹ و ۱۴]

۴-۹ دفع پساب

پساب خروجی از مراحل سه گانه تصفیه، با توجه به کیفیت و استانداردهای محیط زیست، می تواند به دریا، دریاچه و یا رودخانه ارسال شود. همچنین از این پساب تصفیه شده می توان جهت استفاده مجدد در پالایشگاه بهره برد. مورد دیگر استفاده آبیاری زمین های کشاورزی می باشد.

۴-۹-۱ دفع پساب به منابع طبیعی آب

دفع پساب از طریق دفع به آبها، وقتی امکان پذیر است که با ورود پساب تصفیه شده در منابع طبیعی آب نظیر دریا، دریاچه، رودخانه و یا نهر هیچگونه اشکالی اعم از ناپسند گشتن وضع ظاهری منابع و یا بروز محیط غیر بهداشتی در کناره آنها پیش نیاید. همچنین کیفیت پساب تصفیه شده باید به استانداردهای محیط زیست جهت دفع به این منابع رسیده باشد.

باید توجه داشت که عوامل زیر سبب از بین رفتن گیاهان و حیوانات آبرزی بویژه ماهی ها می گردد:

- تغییر درجه حرارت محیط

- کمبود نور

- تغییر رنگ آب

- وجود مواد جامد معلق و محلول نظیر کلرورها

- کمبود اکسیژن محلول

- وجود مواد سمی ناشی از تخلیهٔ پساب صنعتی

لذا در هنگام دفع پساب به آبها باید موارد بالا به دقت مورد توجه قرار گیرند . طبق آزمایشات و تجربیات موجود اگر مقدار اکسیژن محلول در آب (در مواردی که آب گرم باشد) از ۴۰ درصد حد اشباع آن کمتر باشد و یا به عبارت دیگر از ۳ و حتی ۴ میلی گرم در لیتر کمتر باشد ماهی ها دیگر قادر به ادامه حیات نخواهد بود.

۴-۹-۲ مصارف کشاورزی

در اواسط قرن حاضر، LieDig اولین کسی بود که به خواص باروری پساب در کشاورزی اشاره نمود و مصرف آنرا برای آبیاری توصیه کرد . وجود مقادیر قابل توجهی فسفات، پتاس و آمونیاک در پساب که تماماً مواد با ارزشی از نظر باروری زمین های کشاورزی محسوب می شود، باعث افزایش استفاده از پساب جهت آبیاری شده است.

علی‌رغم محاسن استفاده از پساب در کشاورزی، مصرف پساب برای کشاورزی خطرات بهداشت فردی و خطرات بهداشتی محصولات کشاورزی را نیز به همراه دارد . خطرات نوع اول اغلب از میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا است که احیاناً به دلیل مواد سمی شیمیایی موجود در پساب می باشند. خطرات بهداشتی محصولات، حاصل فعل و انفعالات بعضی تشکیل دهنده های پساب با خاک و گیاه می‌باشند.

مواد شیمیایی سمی موجود در پساب، عمدهٔ ترکیبات فلزات سنگین نظیر سیانور هستند که می‌توانند در ورود به بدن خطرات بهداشتی جدی تولید نمایند . این ترکیبات علاوه بر خطرات بهداشت فردی اثرات منفی بر خاکهای کشاورزی از خود باقی می گذارند. خطرات ناشی از محصولات کشاورزی آلوده شده، به مواردی چون زمان ادامه حیات عوامل بیمار یزا در خاک، نحوهٔ چسبیدن این عوامل به محصولات کشاورزی و مدت زمان ادامهٔ حیات این عوامل بر روی محصولات کشاورزی مربوط است. بر حسب نوع آبیاری با پساب تعدادی از عوامل بیماری‌زا به پوستهٔ دانه های گیاهی می چسبند ولی مدت زمان ادامه حیات آنها بر روی این محصولات به اندازهٔ حیات آنها در خاک نیست . در سطح بعضی سبزیجات که با پساب آبیاری شده، وجود عواملی بیماری‌زا گزارش شده است. ویروس به مدت ۲ ماه، کلیفورم چندین ماه، پروتوزا کمتر از ۷ روز و کرم های بیماری‌زا ۵ ماه، بر روی محصولات کشاورزی می‌توانند ادامه زندگی دهند . خوشبختانه ویروس و باکتری نمی‌توانند از جداری سبزیجات بداخل آن نفوذ نمایند.

متأسفانه زمان زنده ماندن عوامل بیماری‌زا روی محصولات کشاورزی به اندازه ای هست که این آلودگیها به بازار فروش مصرف کننده انتقال یافته و ایجاد بیماری نماید.

چنانچه محصولات کشاورزی آبیاری شده با پساب، به صورت پخته مصرف شوند، بلامانع است (البته کلیه پارامترهای زیست محیطی باید رعایت شود). وقتی pH خاک اسیدی باشد امکان بروز مسمومیت از طریق مواد شیمیائی با ترکیبات فلزات سنگین که به پوسته محصولات چسبیده اند افزایش می یابد.

پساب معمولاً در آبیاری چمن، علفهای مصرفی چهار پایان یا محصولات دانه ایی که خوراک این حیوانات هستند بکار رفته، از این رو باید انتظار انتقال عوامل بیماریزای موجود در پساب را از طریق مصرف این محصولات بوسیله حیوانات داشت. [۸ و ۴]

به طور کلی نحوه استفاده از پساب در کشاورزی و استانداردهای موجود در این زمینه به قرار زیر هستند:

۱- حداکثر تعداد کلی فرم نباید در هر ۱۰۰ میلی لیتر، از یک درصد تجاوز کند. این رقم باید در ۸۰٪ نمونه های پساب احیاء شده صادق باشد. در مورد آبیاری جنگل تعداد کلی فرم در هر صد میلی لیتر، تا ۱۰۰۰ عدد قابل قبول است.

۲- BOD- پساب مصرفی در آبیاری باید بین ۱۰۰-۲۰ میلی گرم در لیتر باشد.

۳- pH- پساب باید بین ۶-۸ باشد.

۴- پساب مصرفی در کشاورزی نباید در موارد شرب بکار رود.

۵- کلر موجود در پساب مصرفی نباید از ۱۰ میلی گرم در لیتر زیادتر باشد.

۶- میوه یا محصولاتی که خام یا پخته مصرف می شوند، حداقل ۷ روز قبل از برداشت نباید با پساب آبیاری شوند.

۷- اولین چریدن چهارپایان حداقل ۷ روز بعد از آبیاری علوفه آبیاری شده با پساب انجام گیرد.

۸- در آبیاری بارانی با پساب حداقل فاصله نقاط مسکونی تا مزارع نباید از صد متر کمتر باشد.

۹- کارگران مزارع موظف به استفاده از چکمه و دستکش بوده و بعد از اتمام کار دست خود را با آب محتوی ماده ضد عفونی کننده بشویند.

۱۰- از جاری شدن پساب مصرفی در آبیاری بر روی جاده ها، جلوگیری بعمل آید.

۱۱- در مزارع و جنگل ها در نقاط مختلف اختارهایی به منظور آگاهی مردم در مورد مصرف پساب نصب گردد.

۱۲- حداقل زمان تماس کلر با پساب مصرفی در کشاورزی کمتر از یک ساعت نباشد. [۷ و ۱۲]

۳-۹-۴ مصارف صنعتی

از پساب های صنعتی احیاء شده می توان در صنایع استفاده نمود. همانطور که اشاره شد در حال حاضر دوسوم از آب مصرفی در صنایع، آب خنک کننده است که به راحتی می توان با کنترل کیفی، از

پساب احیاء شده برای آن استفاده نمود. در سال ۱۹۷۵ در آفریقای جنوبی روزانه ۴۹۲۰۰۰ متر مکعب پساب تصفیه شده در مراکز تهیه نیرو بعنوان آب خنک کننده بکار رفته است. در شهر لندن در کنار تصفیه‌خانه پساب BECTON که قادر است یک میلیون متر مکعب پساب در روز تصفیه نماید، نیروگاه حرارتی بسیار بزرگی احداث نموده‌اند که بجای کاربرد آب رودخانه تایمز بعنوان خنک کننده، از پساب تصفیه شده تصفیه خانه مجاور خود بصورت یکبار در گردش استفاده و سپس این پساب در رودخانه تخلیه می‌شود. در آلمان غربی مجموعاً در سال حدود ۱۰/۷۲۵ میلیون متر مکعب از پساب های تصفیه شده صنعتی بصورت مصرف مجدد در صنایع بکار گرفته می‌شود. در میان صنایع آلمان، صنایع شیمیائی از نظر مصرف مجدد پساب، در ردیف اول قرار گرفته‌اند. [۵ و ۳]

صنایع نفت، پتروشیمی و کاغذسازی از صنایعی هستند که به راحتی از پساب تصفیه شده خود بعنوان آب مورد نیاز بصورت مجدد استفاده می‌کنند.

تصفیه و دفع لجن

مواد جامد محلول و نامحلول جدا شده در طی مراحل مختلف تصفیه پساب مقدار زیادی لجن تولید می‌کنند. این مواد باید پس از جمع آوری، جهت دفن مناسب و یا کودسازی، تحت فرا یندهای از قبیل هضم، خشک کردن و یا سوزاندن قرار گیرند. در این فصل به توضیح این مراحل پرداخته می‌شود.

در فرایند تصفیه پساب انواع لجن‌های زیر تولید می‌شود:

- جامداتی که در مرحله آشغال‌گیری از پساب جدا می‌شوند.

لجری که از کف جداکننده‌ها جمع آوری می‌گردد.

- لجن ته‌نشین شده که از قسمت تحتانی شناورسازها خارج می‌گردد.

- لجن مازاد ناشی از بخش بیولوژیکی که در حقیقت سلولها و میکروارگانیسم های اضافی تولید شده

می‌باشد. این لجن معمولاً از حوض ته نشینی بیولوژیکی تخلیه می گردد و با توجه به نوع سیستم تصفیه

استفاده‌شده، شامل یکی از موارد زیر می‌باشد:

الف- لجن حوض ته‌نشینی ثانویه: رنگ آن خاکستری مایل به قهوه‌ای است و دارای ۹۷-۹۴٪ آب

می‌باشد. اگر تصفیه این لجن با تأخیر انجام شود به علت وجود مواد آلی جامد فساد پذیر به سرعت

گندیده شده و بوی بدی ایجاد می‌کند.

ب- لجن فعال شده: این لجن دارای رنگ قهوه‌ای طلایی است و در حالت تازه بدون بو می باشد و چون

در تماس دائم با اکسیژن قرار داشته به آخرین تشکیل دهنده های خود اکسیده می شود که ۹۹-۹۸٪ آب

دارد. این مواد ۷-۵٪ آمونیاک و ۴-۲٪ فسفات (P_2O_5) دارد و لذا می تواند در باروری زمین های

کشاورزی بکار رود.

۱-۵ کیفیت انواع لجن

درصد مواد جامد از پارامترهای بسیار مهم در کیفیت لجن است. در تصفیه خانه‌ها هر مقدار میزان حجمی لجن بیشتر باشد، هزینه تصفیه آن بیشتر خواهد بود. لجنی که دارای مواد جامد بیشتری باشد، بسیار کم هزینه تر تصفیه خواهد شد مثلاً برای بدست آوردن ۲ kg لجن خشک از لجن تری که درصد آب آن ۹۸٪ است باید ۱۰۰ لیتر لجن را خشک نمود ولی برای بدست آوردن همین مقدار لجن خشک از لجن تری که درصد آب آن ۹۶٪ درصد است، فقط ۵۰ لیتر لجن را باید خشک نمود. بنابراین اهمیت تغلیظ لجن در تصفیه آن درک می‌شود. در جدول ۱-۵ حدود پارامترهای مهم انواع لجن در مراحل تصفیه پساب آورده شده است. [۶ و ۲]

جدول ۱-۵ کیفیت شیمیایی انواع لجن

نوع ترکیب	لجن حوض اولیه	لجن فعال	لجن هضم شده
pH	۵-۶/۵	۶/۵-۷/۵	۶/۵-۷/۵
درصد مواد جامد	۳-۸	۰/۵-۱	۵-۱۰
درصد مواد فرار	۶۰-۹۰	۶۰-۸۰	۳۰-۶۰
وزن مخصوص	۱/۳-۱/۵	۱/۲-۱/۴	۱/۳-۱/۶
BOD کل مواد فرار	۰/۱-۰/۳	.....	.....
COD	۱/۳-۱/۶	۲-۳	.....
کلی فرم	۵۰۰-۱۵۰۰	۲۰۰-۵۰۰	۲۵۰۰-۳۵۰۰
درصد چربی و روغن	۶-۳۵	۵-۱۲	۵-۲۰
درصد پروتئین	۲۰-۳۰	۳۲-۴۱	۱۵-۲۰
درصد آمونیاک N	۱/۵-۴	۲/۵-۷	۱/۴-۴
درصد فسفر P	۰/۸-۲/۸	۲-۷	۱/۴-۴
ارزش حرارتی	۱۵۰۰۰-۲۴۰۰۰	۱۲۰۰۰-۱۶۰۰۰	۶۰۰۰-۱۴۰۰۰

۲-۵ مراحل تصفیه لجن‌های غیر نفتی

اگر لجن‌های غیر نفتی که در نقاط مختلف تصفیه خانه تولید می‌شوند، بصورت خام و هضم نشده و یا خشک نشده دفع شوند مشکلاتی از قبیل زیر حاصل می‌شود:

- دیر خشک شدن و ایجاد حجم بسیار زیادی جهت حمل و نقل و غیره
- خاصیت آلاینده‌گی شدید و ایجاد بوی تعفن در مجاورت هوا (بعلت فعالیت باکتریهای بی‌هوازی)
- ایجاد محیط غیر بهداشتی بعلت وجود انواع کرمها و حشرات و بوجود آمدن محل مناسبی برای تخم‌گذاری پشه و مگس

لذا این لجنه‌ها را جهت دفع با توجه به امکانات تصفیه خانه و موارد کاربرد و دفن لجن تحت عملیات زیر قرار می‌دهند:

- نگهداری لجن

- تغلیظ لجن برای ساده‌تر نمودن هضم بیولوژیکی و یا خشک نمودن

- تثبیت لجن

- بی‌آب کردن مکانیکی لجن

- خشک کردن کامل لجن

- دفع نهایی لجن

لجن بدست آمده از سیستم لجن فعال به مقدار زیادی به تانک هوادهی برگردانده می‌شود و لجن اضافی اگر به تانک رسوب گیری مقدماتی بریزد باعث برهم خوردن لخته‌های ته‌نشین شده در آن تانک می‌گردد، در نتیجه این لجن را در تانک جداگانه ای حفظ نموده و لجن بدست آمده از مخازن ته نشیری مقدماتی را نیز به آن اضافه می‌کنند و از این نقطه جهت تغلیظ لجن فرستاده می‌شوند.

۵-۲-۱ فرایند تغلیظ لجن

با توجه به اینکه غلظت مواد جامد در لجن‌های تصفیه خانه (معمولاً لجن خام و لجن مازاد بیولوژیکی) در حدود ۱-۳٪ می‌باشد، به منظور کاهش حجم لجن و اقتصادی بودن واحد‌های تصفیه، عملیات تغلیظ لجن صورت می‌گیرد. برای این منظور، معمولاً از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

الف- تغلیظ به کمک ته‌نشینی^۱

مخازن تغلیظ بر مبنای بار جرمی، طراحی و انتخاب می‌شوند. بار قابل قبول در مخازن تغلیظ در حدود ۵۰-۲۵ kg مواد جامد بر هر مترمربع مساحت سطح مخزن در روز می‌باشد. برای تسریع در تغلیظ مواد جامد لجن و بهتر ته‌نشین شدن این مواد در حوض تغلیظ، از تزریق مواد شیمیائی منعقدکننده یا پلی‌الکترولیتها که میزان مصرف آنها از طریق آزمایش جار تعیین می‌گردد، استفاده می‌شود. چون به ذرات جامد موجود در لجن همیشه مقداری ناخالصی مواد آلی و معدنی چسبیده و مانع تأثیر مواد منعقدکننده می‌گردد، شستشوی مقدماتی لجن قبل از تصفیه شیمیایی لازم است و این عمل را اصطلاحاً Elutration گویند. این شستشو علاوه بر جداسازی لایه ناخالص مواد معلق که به لجن چسبیده اند، میزان مصرف مواد منعقدکننده را نیز کاهش می‌دهد.

^۱Gravity Thickening

هرگاه لجن جمع آوری شده در حوضی انبار شود، به تدریج کفاب در اثر سبکتر بودن از لجن جدا شده و به سطح حوض صعود می کند، زیر آن لجناب و در مجاورت کف حوض، لجن تغلیظ شده جمع آوری می شود. لجناب و کفاب حاصل توسط لوله ای بلندتهای قیفی شکل به تدریج جمع آوری و برای تصفیه مجدد به حوض ته نشینی نخستین بازگردانده می شود. لجن نیز بصورت وزنی و یا توسط پمپ هایی از کف حوض تغلیظ لجن، به مخازن هاضم انتقال داده می شود. زمان توقف لجن در حوض را حداقل ۶ ساعت منظور می نمایند و عمق حوض های تغلیظ با کار دائم می تواند تا ۴/۵ متر انتخاب شود. لجن خروجی از جداکننده به اندازه کافی غلیظ است که نیاز به استفاده از حوض تغلیظ قبل از ورود به مخازن هاضم لجن نداشته باشد ولی لجن های فعال را برای بالا بردن غلظت مواد جامد لازم است بعد از عبور از حوض های تغلیظ به مخازن هاضم ارسال نمود. به منظور تسریع در امر تغلیظ لجن و کوچکتر کردن حجم حوض تغلیظ، از همزن های مکانیکی با حرکت آرام، استفاده می شود.

ب- شناورسازی لجن

در فرایند شناورسازی، پساب در مخزن مخصوصی تحت فشار زیاد با هوا مخلوط می شود تا هوا در لجن حل شود. مخلوط پساب با هوای محلول پس از عبور از یک شیر فشارشکن به مخزن شناورسازی وارد می شود و بعلاوه برداشت فشار در این مخزن هوای حل شده از حالت محلول خارج و نامحلول می گردد. حبابهای هوا به هنگام صعود به سطح مخلوط، ذرات و لخته ها را نیز با خود به سطح لجناب می آورند و لجن متراکم شناور شده روی سطح جمع آوری می گردد. فشار در مخزن تحت فشار حدود ۳-۵ atm و میزان هوای مورد نیاز برای شناورسازی جامدات در حدود ۰/۰۴ - ۰/۰۲ کیلوگرم هوا به ازای هر کیلوگرم مواد جامد است. برای افزایش بازدهی فرایند شناورسازی مواد شیمیائی منعقدکننده مانند کلروفریک و پلی الکترولیت استفاده می شود. پس از جمع آوری لجن از سطح مخزن، لجناب را که در زیر لجن قرار می گیرد توسط لوله ای به تدریج به حوض ته نشینی نخستین هدایت می کنند. سیستم شناورکننده در روند تغلیظ لجن فعال شده بیشتر بکار می رود و لجنی که از این طریق تغلیظ می شود حاوی ۴٪ مواد جامد است. میزان بار قابل تحمل در این دستگاه بدلیل بازدهی بیشتر سیستم و زمان توقف بسیار

کوئتا تر، بیشتر از تغلیظ بکمک ته نشینی و حدود $\frac{kg}{m^2 hr}$ ۱۵-۹ می باشد. [۹ و ۸ و ۲]

در جدول ۵-۲، درصد مواد جامد و میزان بارگذاری در لجنهای مختلف آورده شده است.

جدول ۵-۲ درصد مواد جامد و میزان بارگذاری در لجنهای مختلف

نوع لجن	درصد مواد جامد لجن معمولی	درصد مواد جامد لجن غلیظ شده	بارگذاری به کیلو مواد جامد بر مترمربع در روز
لجن حوض اولیه	۲/۵-۵/۵	۸-۱۰	۱۰۰-۱۵۰
لجن بستر باکتری	۴-۷	۷-۹	۴۰-۵۰
لجن فعال	۰/۲-۰/۵	۲/۵-۳/۳	۲۰-۴۰
لجن اولیه و بستر باکتری	۳-۶	۷-۹	۶۰-۱۰۰
لجن اولیه و لجن فعال	۲/۶-۴/۸	۴/۶-۹	۴۰-۸۰

۲-۲-۵ فرایند تثبیت لجن

برای از بین بردن کامل مواد آلی موجود در لجن، لجن را در شرایطی قرار می دهند تا این مواد آلی توسط باکتریها تجزیه شوند. روش های تثبیت یعنی هضم و تصفیه لجن بدو صورت هوازی و بی هوازی می باشد:

الف- هضم هوازی^۱

هضم هوازی معمولاً برای تثبیت لجن مازاد در فرایند لجن فعال که در حوض هوادهی به وجود آمده، بکار برده می شود. در این سیستم با هوادهی لجن، میکروارگانیزمها وارد فاز به اصطلاح خودخوری شده و به تدریج تجزیه می گردند.^۲

زمان هوادهی در مخزن هضم هوازی به مدت ۱۰-۲۰ روز می باشد. میزان بار وارده در این سیستم مواعتماد فرار $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \cdot \text{day}}$ ۰/۱۵-۰/۲ در نظر گرفته می شود.

هوادهی لجن در هاضم (مخزن هوادهی) توسط هوادهی های سطحی انجام می شود و معمولاً بازااء هر مترمکعب حجم مخزن هوادهی ۳۰ وات انرژی مصرف می شود. در هضم هوازی در حدود ۶۰-۷۰٪ از مواد آلی فرار تجزیه می گردند و لجن بدست آمده از این روش، بصورت تر نیز قابل استفاده برای کود می باشد.

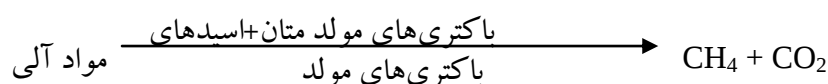
^۱ Aerobic Digestion

^۲ Enclogenous Respiration

لجن هضم شده بدون بو و بدون خواص مضر لجن خام می باشد ولی اشکال عمده تغلیظ این لجن آنست که غالباً بدون اضافه نمودن مواد شیمیائی صورت نمی پذیرد و در نتیجه لجن هضم شده بطریق هوازی غالباً باید توسط دستگاههای مکانیکی مثل سانتریفیوژ تغلیظ شود.

ب- هضم غیرهوازی^۱

در این فرایند، مواد آلی در شرایط بی هوازی توسط میکروارگانیسمها هیدرولیز شده و ابتدا تشکیل مواد آلی ساده تر داده که خود توسط میکروارگانیسمهای اسیدساز تبدیل به اسیدهای آلی (بخصوص اسید پروپیونیک و اسیداستیک) می شوند. در مرحله بعد اسیدهای تشکیل شده تبدیل به گاز کربنیک و گاز متان می شوند که به بیوگاز معروف است.



روش هضم بی هوازی مهمترین روش تثبیت لجن می باشد و با این روش، لجن خام متعفن پس از تصفیه بصورت لجنی تیره رنگ، بدون بو، قابل تغلیظ و آب گیری درمی آید. فعل و انفعالاتی که در این روش اتفاق می افتند شامل سه مرحله می باشد. در مرحله اول باکتریها مواد آلی را با هیدرولیز تبدیل به مواد ساده تر می کنند و در مرحله دوم باکتریهای اسید ساز، مواد آلی در هاضم را تبدیل به اسیدهای آلی و گازها (CO_2 ، H_2S و غیره) می نمایند. در مرحله سوم باکتریهای متانزا^۲ این مواد آلی (اسیدها و الکلهای) را هضم نموده، تبدیل به گاز CH_4 و CO_2 می نمایند. مرحله اول و دوم به سرعت، ولی مرحله سوم یعنی مرحله پیدایش متان به کندی صورت می گیرد. زمان توقف در مخازن هضم بی هوازی معمولی و در شرایط عادی حدود ۳۰-۹۰ روز می باشد. تولید گاز متان ۰/۵-۰/۳ متر مکعب گاز در ازاء هر کیلوگرم مواد جامد و فرار اضافه شده است. ترکیب گاز بصورت ۶۵-۷۰٪ متان، ۳۵-۳۰٪ دی اکسید کربن و مقدار جزئی سایر گازها می باشد. درصد حذف و برداشت مواد جامد فرار ۷۰-۵۰٪ می باشد.

مخازن هضم بی هوازی دایجستر نامیده می شوند. دایجسترها از نظر تعداد مراحل شامل دو نوع تک مرحله ای (با کنترل دما و بدون کنترل دما) و دو مرحله ای (با کنترل دما) می باشند. هاضم تک مرحله ای، مخزن استوانه ای شکلی به عمق ۸-۱۲ m و قطر ۸-۲۰ m است. مخزن ممکن است سقف دار یا بدون سقف باشد، در صورت سقف دار بودن باید سقف آنها متحرک باشد تا دارای انعطاف در کم و زیاد کردن حجم تانک و ایجاد فضای ذخیره مناسب برای بیوگاز تولید شده، باشد. لجن خام بوسیله پمپ از لوله هایی که تقریباً در مرکز مخزن تعبیه گردیده داخل هاضم شده و لجن هضم شده از لوله هایی که در کف مخزن

^۱Anaerobic Digestion

^۲Metanogenesis

قرار دارد، خارج می‌گردد. روزانه باید نزدیک ۶۶٪ حجم لجن خام ورودی به هاضم که آب جدا شده از هضم لجن است به تصفیه خانه پمپاژ شود.

در دایجستر دومرحله ای، لجن خام ابتدا وارد هاضم اول شده و در مدت ۷-۱۰ روز توقف در این هاضم تقریباً مواد آلی جامد لجن تجزیه کامل می‌شوند. سپس محتویات هاضم اول به هاضم دوم انتقال می‌یابد و در ۱۵-۲۰ روز، لجنهای هضم شده، گاز متان و مایع روی لجن بطور جدا از هم از این هاضم خارج می‌گردند. بطور کلی در سیستم دومرحله ای اغلب مرحله اول به منظور تولید اسیدهای فرار و مرحله اسیدی شدن نامیده می‌شود و مرحله دوم، مرحله متان زایی نامیده می‌شود. البته در عمل اینطور نیست و بسیار مشکل است که اسیدی شدن و متان‌زایی را از یکدیگر تفکیک نمود.

گاهی نیز سیستم دومرحله ای بمنظور تفکیک لجن هضم شده از لجناب بکار برده می‌شود. این در صورتی است که لجن وارد شده از نظر مواد آلی بسیار غلیظ بوده ولی از نظر مواد جامد شناور و درصد آب، رقیق باشد. این پساب مستقیماً وارد تانک هضم بی‌هوازی شده و مرحله ابتدایی تصفیه را که حذف ۹۰-۶۰٪ بار آلی است، می‌گذراند.

از نظر دمایی، دایجسترها در محدوده درجه حرارت‌های زیر کار می‌کنند:

الف - درجه حرارت $20-30^{\circ}\text{C}$ (دایجسترهای مزوفیلیک)^۱

ب - درجه حرارت $30-45^{\circ}\text{C}$ (دایجسترهای ترموفیلیک)^۲

نوع و فعالیت باکتریهای بی‌هوازی در دو سیستم مزوفیلیک و ترموفیلیک متفاوت می‌باشد و هرگاه سیستم از یکی از دو روش فوق به دیگری انتقال پیدا کند (مثلاً به علت خرابی مولد، حرارت از 30°C به 20°C برسد) باعث به هم خوردن تعادل خواهد شد و زمانی طول می‌کشد تا دوباره هضم بی‌هوازی بطور عادی عمل نماید. در واقع تبدیل و تغییر درجه حرارت باعث برهم خوردن تعادل pH و اسیدی شدن مواد لجن داخل دایجستر شده و در اثر آن باکتریهای متان‌زا فعالیت خود را از دست می‌دهند. در تصفیه‌خانه‌های بزرگ دایجسترهای طراحی شده، دارای کنترل‌کننده حرارت می‌باشند و برای افزایش راندمان و تولید هر چه بیشتر CH_4 از سیستم ترموفیلیک استفاده می‌شود.

برای پساب‌های غلیظ، با غلظت BOD بیش از $20000 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}$ استفاده از سایر روش‌های هضم بی‌هوازی پر بار مانند فیلترهای بیولوژیکی بی‌هوازی و یا سیستم UASB معمول‌تر می‌باشد. [۶ و ۲]
بیوفیلتر بی‌هوازی بصورت ستون‌های با بستر آکنه ساخته شده و بعلاوه عملکرد بسیار مطلوب، راهبری نسبتاً ساده و ثبات بیولوژیکی، بعنوان سیستم مناسبی در صنعت تصفیه پساب بکار برده می‌شود.

^۱Mesophilic

^۲Termophilic

- سیستم UASB نوعی هاضم بی هوازی پربار می باشد. در این سیستم ورود پساب از قسمت پایین بیوراکتور و جریان آب بسمت بالا است. با رشد گرانولهای از توده های میکروبی که عامل اصلی محسوب می شوند، پساب دو فاز متمایز تشکیل می دهد: فاز بالا فاز تصفیه شده و فاز پایین گرانولهای میکروبی. پارامترهای زیر در کنترل سیستم فرایند هضم بی هوازی مهم می باشند:
- pH باید در محدوده $7/4 - 6/7$ حفظ شود.
 - دمای سیستم باید حتی الامکان در حدود $20 - 45^{\circ}\text{C}$ کنترل شود.
 - غلظت اسیدهای فرار در محدوده $800 - 2000 \frac{\text{mg}}{\text{litre}}$ قرار گیرد.
 - مقدار بار آلی $0/6 - 0/3$ کیلوگرم مواد جامد در هر متر مکعب از حجم تانک در روز.
 - ایجاد اختلاط
 - عدم وجود مواد سمی برای میکروارگانیسمها (فنل، فرمالین و Cl_2) [۴ و ۲]

۳-۲-۵ آب گیری مکانیکی لجن

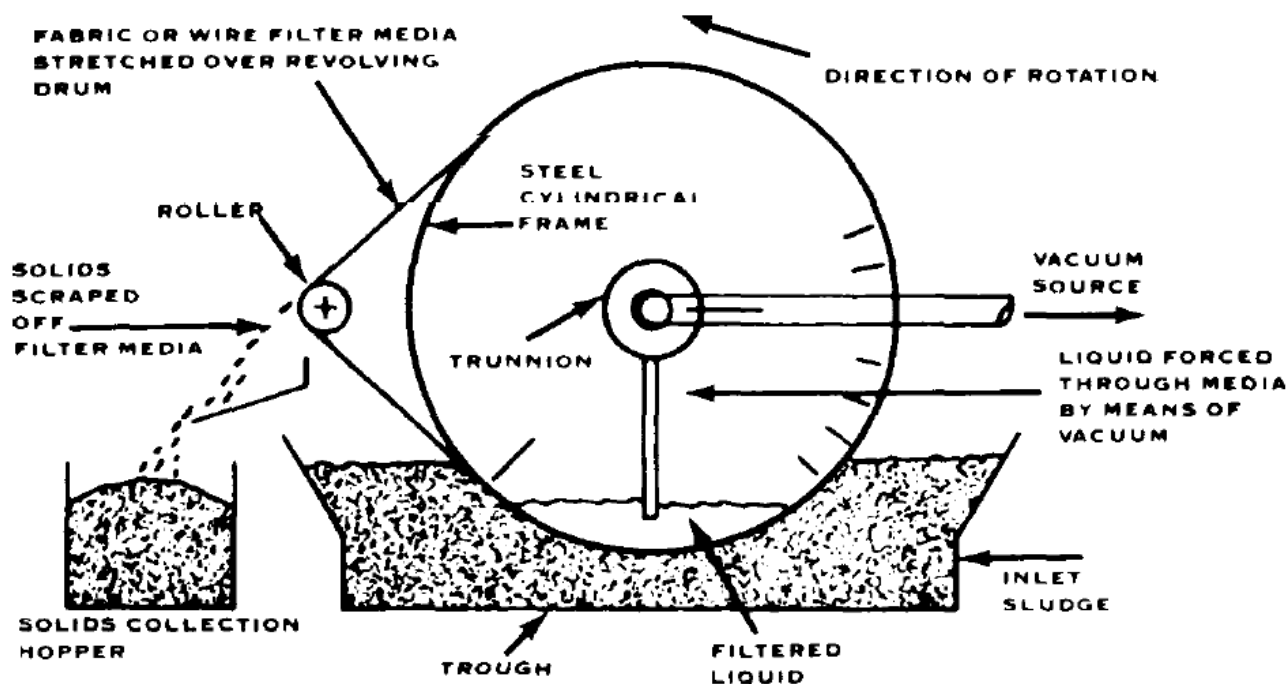
برای افزایش درصد ماده جامد یا کاهش رطوبت لجن در روش مکانیکی از انواع : فیلترخلاء، فیلتر پرس و سانتریفیوژ استفاده می شود.

الف- فیلترخلاء^۱

فیلترخلاء یکی از متداولترین وسایل برای آب گیری لجن تصفیه شده می باشد. معمولاً برای تشکیل لخته های بزرگتر و جلوگیری از خرد شدن خمیر لجن روی سطح صافی، از مواد شیمیائی استفاده می شود. این مواد به نسبت های مختلف به لجن اضافه می شوند و تعیین نوع و اندازه ماده شیمیایی با نوع لجن متفاوت می باشد و باید توسط آزمایش تعیین شود. مواد شیمیایی عادی عبارتند از آهک حدود $10 - 5\%$ ، کلروفریک $4 - 2\%$ و پلی الکترولیت ها حدوداً 1% .

خمیر لجنی که از این طریق بدست می آید دارای حدود 30% مواد جامد است. فیلترهای عادی حدود 4 کیلوگرم مواد جامد خشک در هر مترمربع از سطح فیلتر در ساعت را آب گیری می نمایند. از پارامترهای مورد نیاز طراحی می توان به سرعت دوران، میزان خلاء و مقدار مواد شیمیایی لازم برای لخته کردن اشاره کرد.

^۱Vacuum Filter



شکل ۵-۱ نمایی از یک صافی خلاء

ب- صافی فشاری^۱

صافی فشاری برای جداسازی جامدات از مایعات کاربرد فراوانی در صنایع مختلف دارد. در این نوع صافی، با عبور لجن آب از فیلتر تحت فشار، آب از لجن جدا می شود. در این روش تقریباً ۹۰٪ مواد جامد گرفته می شود و خمیر لجن بدست آمده حدود ۵۰-۴۰٪ مواد جامد دارد. همچنین جابجایی و سوزاندن لجن تولید شده ساده تر و بدون بو بوده و به سهولت دفع می گردد.

عیب اصلی این سیستم آن است که صافی فشاری معمولاً بصورت منقطع^۲ بکار برده می شود، بنابراین هزینه بهره برداری و عملی این فرایند معمولاً بیشتر از فرایندهای سانتریفیوژ و فیلتر خلاء می باشد ولی چون کیک بدست آمده دارای تراکم بیشتر و درصد رطوبت بسیار کمتری است کاربرد فراوانی در صنعت دارد.

ج- سانتریفیوژ^۳

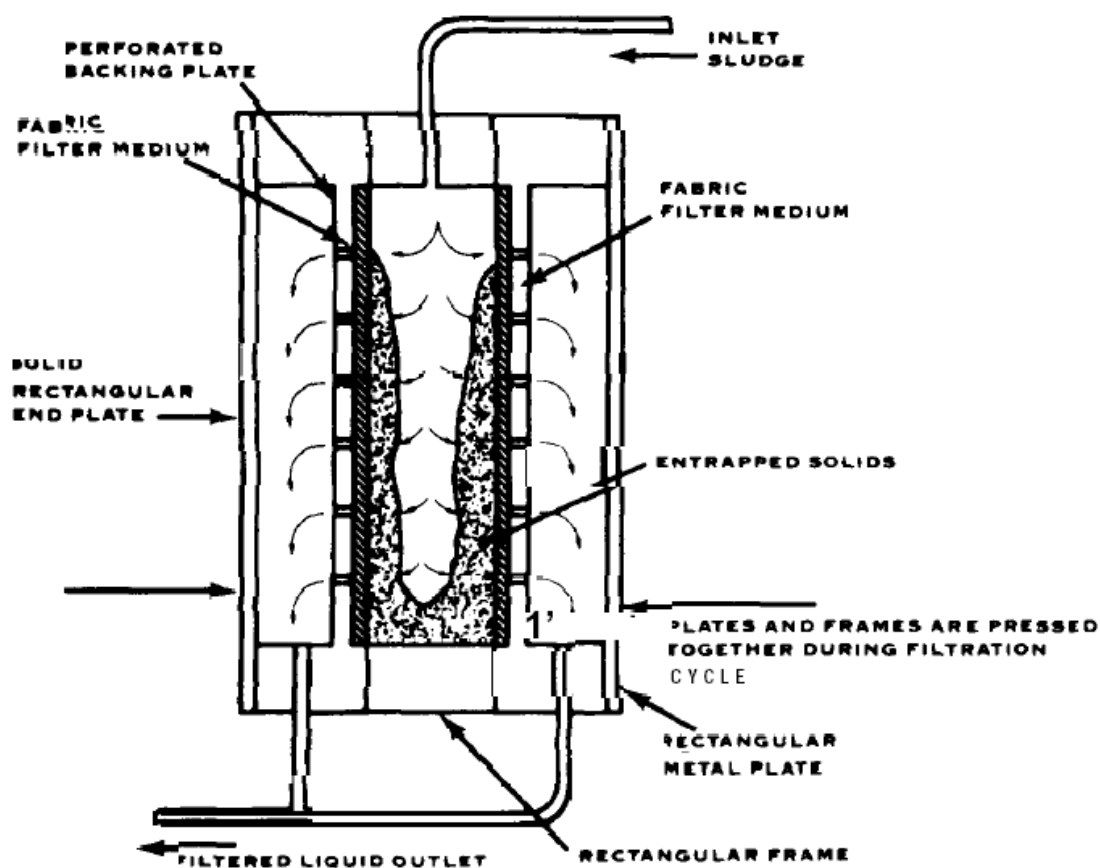
سانتریفیوژ موارد استفاده کمتری نسبت به فیلتر خلاء دارد. این روش، خمیری که دارای ۲۰-۱۵٪ مواد جامد می باشد، تولید می نماید و راندمان این سیستم از فیلتر خلاء کمتر می باشد. مواد شیمیائی در این

^۱ Filter press

^۲ Batch

^۳ Centrifugation

سیستم نیز به لجن اضافه می شود تا با تشکیل لخته های بزرگتر در زمان کمتری آب خود را از دست بدهد. [۵ و ۲]



شکل ۵-۲ نمایی از یک فیلتر فشاری

جدول ۵-۳ مقایسه میزان انرژی الکتریکی مصرفی مورد نیاز در بی آب کردن لجن با انواع وسایل مکانیکی بر حسب تن مواد خشک و متر مکعب لجن را نشان می دهد:

جدول ۵-۳ مقایسه میزان انرژی مصرفی در بی آب کردن لجن

۲ کیلو وات ساعت در هر متر مکعب لجن	صافی فشاری
۶ کیلو وات ساعت در هر متر مکعب لجن	فیلتر خلاء
۱-۲ کیلو وات ساعت در هر متر مکعب لجن	سانتریفیوژ

۴-۲-۵ خشک کردن لجن

جهت خشک کردن لجن دو راه معمول وجود دارد:

الف- سوزاندن

لجنی که حداقل دارای ۳۰٪ مواد جامد می باشد در دستگاههای مخصوص (زباله سوز) سوزانده و از بین برده می شود. حرارتی که در دستگاه زباله سوز تولید می شود، لجن را بصورت خشک و قابل سوزاندن در می آورد، در نتیجه فرایند خود کفا بوده و احتیاج به سوخت خارجی ندارد. از این قبیل زباله سوزها به منظور خشک کردن کامل لجن و یا «خشک کردن و سوزاندن» استفاده می گردد.

درجه حرارت تولید شده در زباله سوزها به حدود ۸۰۰ درجه سانتیگراد نیز می رسد و گاهی در سیستم های بزرگتر از این فرایند استفاده نموده و حرارت تولید شده را به مصارف دیگر نیز می رسانند. زباله سوز نباید بیشتر از ۷۰ میلی گرم مواد جامد در هر مترمکعب گاز تولید شده خروجی داشته باشد (بدلیل مشکلات آلودگی هوا).

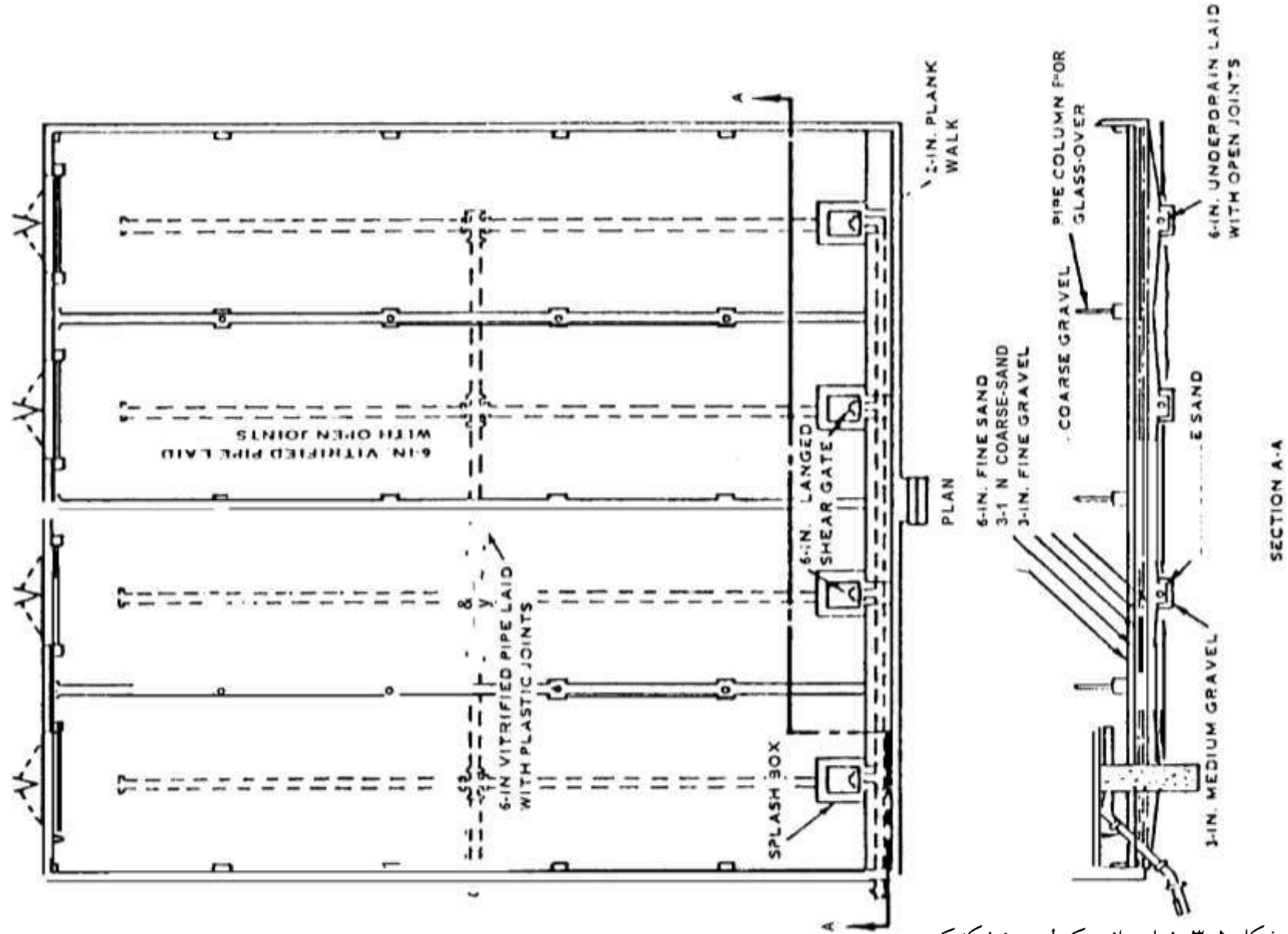
ب- خشک کردن در بسترهای شنی^۱

بسترهای لجن عموماً بشکل مستطیل ساخته شده و دیواره های جانبی آن ممکن است از آجر یا پوشش سیمان یا بتن مسلح باشد. عمق کل بستر لجن از کف، حدود یک متر می باشد و در کف آن بوسیله لوله هایی بجنس مناسب و سوراخ شده وجود دارد. بستر لجن با لایه ای از شن و ماسه پوشیده شده که پوشش شنی آن حداکثر ۱۵ سانتیمتر با شن هایی به قطرهای ۳۰-۱۵ سانتیمتر و پوشش ماسه ای حداکثر ۴۵ - ۳۰ سانتی متر از نوع ماسه صافی خواهد بود. شیب کف بستر از محل ورود لجن تا انتهای آن حدود ۰/۰۱ برای جریان وزنی آن پیش بینی می شود.

لجن هضم شده یا تصفیه شده با ضخامت ۴۰-۳۰ سانتی متر بر روی بستر پخش و رطوبت آن از طریق نفوذ در لایه های بستر یا تبخیر از بین می رود. زمان خشک شدن لجن در بسترها به کیفیت لجن، شرایط بستر و شرایط جوی بستگی دارد. این عملیات معمولاً بین ۱۵-۱۰ روز طول می کشد. این سیستم برای آب و هوای خشک و گرم بسیار مناسب می باشد. در این نوع آب و هوا، بار سطحی تا حدود ۲۰۰ kg مواد جامد بر هر مترمربع سطح بستر در سال مجاز می باشد، در سایر شرایط آب و هوایی بار کمتری باید انتخاب شود.

از مشکلات این سیستم تولید پشه و مگس و یا متصاعد شدن بو (اگر لجن به نحوی حذف نشده باشد) می باشد. [۹ و ۲]

^۱Drying Beds



شکل ۳-۵ نمایی از برکه لجن خشک کنی

جدول ۴-۵، هزینه‌های تعدادی از روشهای آب‌گیری مکانیکی و خشک کردن لجن را مقایسه می‌کند.

جدول ۴-۵ مقایسه هزینه بی‌آب شدن و خشک شدن لجن

نوع بی‌آب شدن	مقایسه قیمت
بستر لجن خشک‌کنی	۱۰۰
صافی فشاری	۱۵۰
صافی خلاء	۶۷۰

۵-۲-۵ دفع نهایی لجن

اگر لجن تر فقط متشکل از پساب خانگی باشد، بهمان صورت نیز قابل مصرف بعنوان کود می‌باشد، در غیر اینصورت، طبق مراحل که گفته شد باید خشک و دفع شود. در هر صورت هزینه‌های مربوطه و اشکالاتی که احتمالاً از نظر محیط بوجود می‌آید (انتشار پشه و مگس، بوی تعفن و آلودگی و ...) عوامل تصمیم‌گیرنده می‌باشند. بطور کلی دفع نهایی به یکی از اشکال زیر صورت می‌گیرد:

- کود سازی
- دفع در زمین
- توزیع لجن بوسیله لوله به روستاها برای مصارف کشاورزی
- تخلیه لجن در دریاها
- سوزاندن لجن
- تخلیه و دفع لجن در لاگون

کمپوست یا کودسازی لجن همراه با زباله های خانگی روش دیگری برای دفع لجن می‌باشد. چنانچه لجن دارای ترکیبات مضر از جمله فلزات سنگین (کرم، کادمیوم، سرب و ...)، ترکیبات مواد آلی خطرناک و یا تخم انگل نباشد، قابل استفاده برای غنی سازی خاکهای کشاورزی است. کمپوست کردن لجن خام از چندین دهه قبل با استفاده از مواد حجیم کننده و رطوبت گیر نظیر کاه، کاغذ، علف و یا زباله های شهری انجام شده است.

در چندین سال اخیر، کمپوست کردن لجن تصفیه نشده پساب، بدون استفاده از مواد حجیم کننده بطور موفقیت آمیزی صورت گرفته است. سودمندی این فرایند در رابطه با صرفه جویی در هزینه های ساختمانی، تدارکات، حمل و نقل و توزیع می‌باشد. بعلاوه مواد مغذی به مقدار بسیار کم کاهش می‌یابد و به همراه آن، مواد آلی و مواد فرار و رطوبت موجود نیز کم می‌شوند. کمپوست تولید شده از جمله تولیداتی است که تصفیه خانه های پساب به منظور بهره‌وری بهتر از زمین های کشاورزی تولید می‌نمایند. [۱۶ و ۵ و ۲]

۳-۵ تصفیه لجن‌های نفتی

روشهای مختلفی برای تصفیه لجن نفتی وجود دارند که خود به دو دسته مهم بیولوژیکی و فیزیکی-شیمیایی تقسیم می‌شوند.

۱-۳-۵ تصفیه بیولوژیکی

در گذشته فرایند Land Farming که یک سیستم روباز می باشد، برای تجزیه بیولوژیکی هوازی لجن‌های نفتی و مواد زائد آلی استفاده می شده است. در این روش لجن را به خاک افزوده و با شخم زدن زمین، آنرا داخل خاک می نمایند. میکروب‌های هوازی داخل خاک، لجن را به دی اکسید کربن، آب، Humic matter و سلول‌های جدید تبدیل می کنند. عمل شخم زدن به طور متناوب انجام می گیرد تا لجن با خاک بطور یکنواخت مخلوط شده و هوای لازم برای باکتری‌ها فراهم گردد و واکنش بیولوژیکی سرعت یابد. استفاده از این فرایند برای رقم اقتصادی بودن آن، به علت قوانین و محدودیت های زیست محیطی دفع مواد زائد خطرناک و همچنین اثرات نامطلوبی که این فرایند بر محیط زیست دارد، کاهش یافته است. عوامل اصلی کاهش استفاده از این روش عبارتند از: تولید بو، رسوب دهی فلزات سنگین در خاک و در نتیجه پتانسیل و توانایی آلوده نمودن منابع آب زیرزمینی و همچنین عدم بازیابی مواد نفتی با ارزش موجود در لجن.

به علت اینکه فرایند Land Farming یک سیستم باز می باشد، تحت تاثیر شرایط آب و هوایی قرار می گیرد. در آب و هوای سرد (دمای زیر ۱۰ درجه سانتی گراد) فعالیت میکروب‌ها کم شده و سیستم از کار افتاده و متوقف می شود. از طرفی انتقال اکسیژن در خاک هایی با رطوبت بالا محدود می گردد و در نتیجه فعالیت میکروب‌های هوازی کم می شود.

راه حل پیشنهادی برای رفع محدودیت های فوق الذکر این است که این فرایند در مکانهای بسته از جمله بیوراکتورهای با سرعت بالا انجام گیرد. در این سیستم، لجن در تانک خوراک ذخیره می گردد که این تانک مجهز به سیستم تزریق مواد مغذی و همزن بوده و هوا به آن اضافه می شود تا اکسیژن مورد نیاز توده بیولوژیکی فراهم شود. بخار نیز جهت گرم کردن لجن تزریق می گردد. راکتور دارای دو ناحیه می باشد: ناحیه اول که در آن واکنش صورت می گیرد و ناحیه دوم که جداسازی هوا از مایع در آن انجام می شود. لجن تصفیه شده و میکروب ها از راکتور خارج شده و به تانک جداسازی فرستاده می شود. خروجی از راکتور نیز به یک تانک جداسازی دیگر به نام Decanter فرستاده می شود.

۵-۳-۲ تصفیه فیزیکی- شیمیایی

در گذشته فرایند قابل قبول برای دفع لجن نفتی، سوزاندن بوده است که این روش به علت اینکه آلودگی هوا ایجاد می نماید، کوره های خاصی نیاز دارد که خرید، نصب، تعمیر و نگهداری این کوره ها گران قیمت می باشد و از طرفی مواد نفتی موجود در لجن با این روش بازیابی نمی شود. در نتیجه روش های جدید تصفیه مورد توجه قرار گرفته است که در زیر به آنها اشاره می شود.

الف- استخراج با حلال

در این فرایند لجن نفتی به سه جزء مواد نفتی، آب و مواد جامد تفکیک می شود. از حلال تری اتیل آمین جهت شکستن امولسیون های آب- روغن استفاده می شود. لجن نفتی تا دمای ۴۰ درجه فارنهایت با حلال سرد شده و سپس با لجن نفتی مخلوط می گردد. مواد جامد از امولسیون آب- روغن جدا می شوند و سپس جامدات توسط سانتریفیوژ جدا شده و خشک می گردند. مواد نفتی بدست آمده کمتر از ۰/۸۸ درصد وزنی آب دارند و جهت تصفیه بیشتر به پالایشگاه فرستاده می شوند و آب هم به سیستم پساب فرستاده می شود. این فرایند برای لجنی که دارای ذرات جامد درشت بوده و با حلال واکنش می دهد، مناسب نمی باشد.

ب- فیلتراسیون

در این فرایند لجن را با یک ماده کمک فیلتر و حلال که از محصولات میانی پالایشگاه است، مخلوط نموده و سپس از فیلترهای صفحه ای عبور می دهند. محصول این فرایند، مخلوطی از آب، مواد نفتی و حلال می باشد. آب از مواد نفتی جدا شده و به سیستم تصفیه پساب فرستاده می شود و مواد نفتی جهت تصفیه و تهیه محصولات قابل فروش به پالایشگاه ارسال می شود.

این روش دارای دو اشکال عمده است:

- ۱- لجن با آب مخلوط می شود.

۲- این فرایند از نظر بهداشتی برای کارکنان مضر بوده لذا عملیات باید در محیط مسدود انجام گیرد.

ج- بازیابی انرژی لجن های نفتی

در این فرایند سعی می شود که انرژی موجود در ترکیبات آلی لجن های نفتی بازیابی گردد. در این فرایند، لجن نفتی را که میزان ارزش حرارتی آن کمتر از ۴۰۰۰ Btu/lb بوده و انتقال آن مشکل می باشد، خشک نموده و مواد گرانبولی بدست می آید. این مواد به عنوان سوخت در کوره مورد استفاده قرار می گیرد و از خاکستر بدست آمده در ساخت مواد معدنی استفاده می شود. این فرایند برای لجن های API و DAF مناسب می باشد.

جهت آب گیری لجن از سیستم های Plate Press، سانتریفوژ، فیلتر و یا هر نوع وسیله مکانیکی دیگر استفاده می شود. این وسایل آب لجن را به ۴۰ تا ۶۰ درصد وزنی می رسانند. اگر لازم باشد که لجن بیشتر خشک گردد از حرارت استفاده می شود.

د- بازیابی مواد نفتی از لجن نفتی

در این فرایند لجنی که میزان مواد نفتی و آب آن زیاد باشد، ابتدا مواد نفتی و آب آزاد لجن توسط سانتریفوژ یا فیلتراسیون ثقلی جدا می گردند. اگر لجن اسیدی باشد به آن موادی نظیر اکسید و هیدروکسید فلزات قلیایی اضافه می شود. سپس از لجن خروجی از سانتریفوژ یا فیلتر توسط یک سری عملیات تبخیر و میعان مواد نفتی بازیابی می شود.

این روش برای لجن های حاوی مواد جامد به میزان زیاد مشکل و غیر عملی می باشد. مواد نفتی بدست آمده از قسمت سانتریفوژ و عملیات تبخیر و میعان، جهت تصفیه به پالایشگاه نفت خام فرستاده می شود. آب و جامدات بدست آمده هم از نظر زیست محیطی سمی نبوده و لذا آب به سیستم تصفیه پساب فرستاده و جامدات هم به Sanitary landfill ارسال می شوند.

بررسی سیستم تصفیه پساب پالایشگاهها

امروزه در دنیا بحران آب مشکل بسیار جدی می‌باشد. در ایران نیز با این مشکل به طور جدی از سال ۱۳۷۵ تا کنون بصورت قطع آب در برخی از شهرهای بزرگ مواجه بوده‌ایم. پالایشگاه‌ها تامین کننده انواع سوخت‌های مورد نیاز شهرهای مربوطه و نیز شهرهای مجاور آنها می‌باشند. پالایشگاه‌های ایران معمولاً در مجاورت شهرهای بزرگ (مانند پالایشگاه اصفهان، شیراز و ...) و بعضاً در داخل شهرها (مانند پالایشگاه کرمانشاه) می‌باشند. گسترش و توسعه شهرهای بزرگ باعث شده پالایشگاه‌ها، که زمانی خارج از شهرها بودند در میان این شهرها و یا شهرک‌های بوجود آمده، قرار گیرند. انواع صنایع با توجه به محصول تولیدی که دارند، دارای ضایعات و پسماندهای مربوط به خود هستند و معمولاً دارای مشکلات محیط زیستی خاص خود هستند. پالایشگاه‌ها علاوه بر مشکلات زیست محیطی مربوط به آلودگی هوا دارای مشکلات زیست محیطی آب و خاک می‌باشند. گذشت زمان از طراحی و راه اندازی پالایشگاه‌ها و نیز تغییرات و افزایش ظرفیتهای صورت گرفته در واحدهای مختلف پالایشگاهی، باعث شده تا بعضی از معیارهای زیست محیطی در مورد آلودگی های هوا، آب و خاک به فراموشی سپرده شود. اما با توجه به سیاست اخذ گواهینامه ISO-14001 توسط پالایشگاه‌ها و افزایش سخت گیری سازمان محیط زیست کشور در رعایت استانداردهای محیط زیستی جهانی در سالهای اخیر، همه پالایشگاه‌ها فعالیتهایی را جهت بهبود فرایندها و کارکرد دستگاهها از نظر زیست محیطی آغاز نموده‌اند.

واحدهای تصفیه پساب از واحدهای بسیار مهمی هستند که در همه پالایشگاه‌ها وجود دارند. اما متأسفانه به علت عدم سودآوری، این واحدها کمتر مورد توجه و سرمایه گذاری قرار می‌گیرند و در هنگام تغییرات اساسی و افزایش ظرفیتهای واحدهای مختلف در پالایشگاه‌ها از جهت بهینه سازی و بالا بردن کیفیت پساب تصفیه شده مورد بررسی فنی قرار نمی‌گیرد.

یکی از معیارهای طراحی واحدهای تصفیه پساب در پالایشگاهها بر اساس نوع استفاده از پساب تصفیه شده می باشد. آب تصفیه شده در پالایشگاههای کشور دارای موارد استفاده زیر می باشد:

- استفاده از آب تصفیه شده در برجهای خنک کننده

- ارسال آب تصفیه شده به آب دریا یا آب رودخانه

- استفاده از آب تصفیه شده در آبیاری فضای سبز پالایشگاهها

با توجه به بحران کمبود آب، اهمیت واحدهای تصفیه پساب پالایشگاهی در بازگشت آب به چرخه مصرف در پالایشگاه بیشتر مشخص می شود. خصوصاً اینکه بعضی از پالایشگاهها از آب شهری به عنوان آب مصرفی در سیستم آب پالایشگاهها استفاده می کنند و این در حالی است که حجم زیادی از آب خنک کننده در پالایشگاهها (بجز در پالایشگاه هایی که برج خنک کننده ندارند) در برجهای خنک کننده تبخیر می شود. جدول زیر منابع تامین کننده آب مصرفی در فرایند پالایشگاهها را نشان می دهد [پیوست پنج].

جدول ۶-۱ منابع و میزان آب مصرفی در پالایشگاههای کشور

منبع مصرف پالایشگاه	آب چاه (m^3/hr)	آب شهری (m^3/hr)	آب بازیافتی (m^3/hr)	آب دریا یا رودخانه (m^3/hr)	مجموع (m^3/hr)
اراک	۶۰۰		۱۰۰*		۷۰۰
اصفهان		۵۰	۲۰۰	۶۵۰	۹۰۰
بندرعباس				۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰
تبریز	۳۴/۷	۲۵۱/۵	۱۷۰		۴۵۶/۲
تهران	۳۶۱/۱	۵۵۴/۲	۲۰۸/۳*		۱۱۲۳/۶
کرمانشاه	*	*		*	۵۰
شیراز	۳۱۸/۷۵				۳۱۸/۷۵

* تنها در تابستان استفاده می شود.

همانطور که در جدول فوق آمده است تنها پالایشگاههای تهران، اصفهان و تبریز مجدداً از آب تصفیه شده در فرایند (سیستم آب خنک کننده) استفاده می کنند. برای آنکه بتوان از پساب تصفیه شده در سیستم آب خنک کننده پالایشگاه (برگشت به برجهای خنک کننده) استفاده کرد، باید کیفیت آن در حدی باشد که پارامترهای طراحی مربوط به آب فرایندی در برجهای خنک کننده رعایت شود. بدیهی است با سرمایه گذاری

و بهینه سازی واحدهای تصفیه پساب بتوان کیفیت آب تصفیه شده را به حدی رساند که بتوان در برجهای خنک کننده استفاده نمود.

نقص در سیستم تصفیه پساب یا سیستم جمع آوری پساب بعضاً باعث می شود حجم زیادی از آب تصفیه نشده به برکه های تبخیر فرستاده شود. غالباً این نواقص با انجام بررسی های فنی قابل رفع شدن می باشند.

جدول ۶-۲ موارد مصرف پساب تصفیه شده در پالایشگاه های کشور

منبع مصرف پالایشگاه	آبیاری و کشاورزی (m ³ /hr)	ارسال به دریا یا رودخانه (m ³ /hr)	ارسال به برج های خنک کننده (m ³ /hr)	ارسال به پوندهای تبخیر (m ³ /hr)
اراک	*		*	*
اصفهان	*	۲۵۰-۳۰۰	۲۰۰	۱۲۰
بندرعباس	۳-۴	۲۴۵		*
تبریز			۱۷۰	*
تهران	*		۲۰۸/۳ **	*
کرمانشاه	۳۰*	۳۰		
شیراز			۱۱۰	

* تنها در زمستان استفاده می شود (در بعضی موارد عددی گزارش نشده است).

** تنها در تابستان استفاده می شود

در ادامه به بررسی بعضی از واحدهای تصفیه پساب پالایشگاه های کشور می پردازیم . اطلاعات ارائه شده در این گزارش بر اساس مدارک دریافتی (پیوست ۵) و بازدیدهای انجام شده از پالایشگاهها تهران، اراک، بندرعباس و کرمانشاه می باشد . در مورد پالایشگاه تهران مطالعات دقیقتری از نزدیک صورت گرفته است. به همین دلیل تحلیل و پیشنهاداتی ارائه شده است.

۱-۶ سیستم تصفیه پساب پالایشگاه تهران

پالایشگاه تهران در سال ۱۳۵۲ در دو واحد موازی به نام های پالایشگاه جنوبی و شمالی راه اندازی گردید. واحد تصفیه پساب این پالایشگاه در سال ۱۳۵۶ (سال ۱۹۷۸ میلادی) توسط شرکت آمریکایی فلور طراحی گردید. کل آب مصرفی پالایشگاه حدوداً $26967 \text{ m}^3/\text{day}$ می باشد. حدود $10000 \text{ m}^3/\text{day}$ در طول فرایند تبخیر می شود و مقدار $1500-4000 \text{ m}^3/\text{day}$ زیر آب^۱ دیگ های بخار و برج های خنک کننده و پساب حاصل از احیاء رزین ها (آب با املاح بالا) می باشد که عمل تصفیه روی آن صورت نمی گیرد. حدود $5000-6000 \text{ m}^3/\text{day}$ فاضلاب حاصل از واحدهای مختلف مورد تصفیه قرار می گیرد. در گذشته محل آب مصرفی از آب شهر تأمین می شد، اما امروزه به دلیل بحران کمبود آب قسمتی از آب مورد نیاز از چاه های حفر شده در اطراف پالایشگاه و آب پساب تأمین می شود.

جدول ۳-۶ منبع آب مصرفی و میزان آن در پالایشگاه تهران

محل تامین آب	چاه	آب شهری	آب بازیافت شده
میزان (m^3/day)	۸۶۶۷	۱۳۳۰۰	۵۰۰۰

همانطور که مشاهده می شود تقریباً ۵۰٪ حجم آب مصرفی در پالایشگاه تهران از آب شهری می باشد و این در حالی می باشد که شهر تهران در تابستانها مواجه با کم آبی می باشد. تنها در تابستان به اجبار از آب بازیافت شده به دلیل کاهش ذخیره آب شهری، در سیستم آب خنک کننده و آب آتش نشانی استفاده می شود. هدف اولیه برای مصرف آب تصفیه شده، تأمین آب جبرانی^۲ برج خنک کننده پالایشگاه شمالی و جنوبی می باشد. طبق طراحی در صورت اضافه بودن آب تصفیه شده، روانه برکه های تبخیر می شود. از آنجایی که کیفیت آب چاه بهتر از آب حاصل از تصفیه می باشد لذا مخلوط اینها را به برج خنک کننده می فرستند. امروزه به دلیل کمبود آب، بعضاً آب آتش نشانی هم از پساب تأمین می شود و میزان اضافی آن برای آبیاری فضای سبز و حتی آبیاری زمین های کشاورزی اطراف استفاده می شود.

^۱ Blow down

^۲ Make up

۱-۱-۶ سیستم جمع‌آوری فاضلاب

جمع‌آوری فاضلاب در پالایشگاه تهران در اثر نیروی گرانش^۱ و به دلیل شیب موجود در پالایشگاه می‌باشد. فقط فاضلاب بهداشتی پالایشگاه شمالی به وسیله مکش^۲ جمع‌آوری می‌شود. جنس لوله‌ها کربن استیل، چدن و ایرانیت می‌باشد. علاوه بر این سیستم جمع‌آوری، کانال روبازی در پالایشگاه در نظر گرفته شده است که هدف از ایجاد آن جمع‌آوری آبهای سطحی و آب باران و انتقال آن به بیرون پالایشگاه بوده است. اما امروزه به دلیل آلوده شدن آب جاری در آن با مواد روغنی به سیستم تصفیه پساب فرستاده می‌شود. کانال آب باران به یک حوض بزرگ که شبیه API می‌باشد و دارای Scum Pipe هست انتقال داده می‌شود. مواد روغنی به علت دانسیته کمتر در سطح قرار می‌گیرند و به علت شیبی که وجود دارد به داخل Scum Pipe سرریز شده و از آنجا وارد Scum Pipe مربوط به API جنوبی می‌شود. آب هم از پایین سیفون شده و به برکه متعادل ساز انتقال می‌یابد تا مورد تصفیه قرار گیرد. این حوض دارای پارو و پمپ انتقال لجن نمی‌باشد و لذا عمل سرریز شدن روغن به Scum Pipe به کندی صورت می‌گیرد و نیز لجن‌های نفتی ته‌نشین در کف حوض به خارج انتقال نمی‌یابد و باعث کاهش حجم حوض و نیز کاهش سرعت جدایش آب و روغن از یکدیگر می‌شود. در هنگام لایروبی این حوض، تخلیه حجم زیادی لجن در کف آن مشکل بزرگی است.

به طور کلی در پالایشگاه تهران چهار نوع پساب صنعتی وجود دارد:

- ۱ - پساب آلوده به مواد نفتی حاصل از واحدهای مختلف پالایشگاه شمالی و جنوبی
- ۲ - پساب ترش پالایشگاه شمالی و جنوبی
- ۳ - پساب حاصل از زیر آب دیگهای بخار و برج‌های خنک‌کننده و پساب با املاح بالا حاصل از احیاء رزین‌ها

- ۴ - آبهای سطحی و پسابی که به دلیل مشکلات عملیاتی برخی واحدها حاصل می‌شود
- پساب آلوده به مواد نفتی واحدهای شمالی و جنوبی، آبهای سطحی و پساب ناشی از غیرعادی کار کردن یک واحد، وارد API شمالی و جنوبی می‌شوند.
- پساب با املاح بالا^۳ (پساب حاصل از زیر آب دیگهای بخار، برج خنک‌کننده و پساب حاصل از احیاء رزین‌ها) بدون تصفیه، روانه برکه تبخیر دو می‌شوند.

^۱ By Gravity

^۲ Lifting Station

^۳ High solid wastewater

پساب ترش پالایشگاه شمالی و جنوبی ابتدا وارد Flash Drum می‌شود. ناخالصی‌های H_2S و NH_3 به مقدار زیادی از آن گرفته می‌شود. سپس توسط این آب از نفت خام نمک زدایی می‌شود. پساب حاصل به دلیل اینکه دارای املاح بالا می‌باشد، ارزش تصفیه ندارد ولی معمولاً این پساب حاوی ۱۲۰-۱۴۰ ppm مواد نفتی می‌باشد. لذا این پساب وارد یک API جدید می‌شود و مواد نفتی از سطح



شکل ۶-۱ نمایی از برکه تبخیر شماره یک

آن جمع‌آوری می‌شود و به مخزن Oil منتقل می‌شود. لجن جمع‌آوری شده از کف این API وارد حوضچه لجن می‌شود. پساب حاصل از این واحد به برکه تبخیر یک، منتقل می‌شود. برکه یک مانند یک جداکننده عمل می‌کند. با دادن زمان ماند، روغن‌های موجود در پساب در سطح برکه تجمع پیدا می‌کنند. به دلیل اینکه این روغن‌ها مانع تبخیر آب می‌شود لذا معمولاً سالی یک بار روغن‌های شناور شده در سطح برکه جمع‌آوری می‌شوند و به واحد API برگشت داده می‌شوند. سرریز برکه یک وارد برکه دو و سرریز برکه دو وارد برکه سه می‌شود. خصوصیات سطح و حجم برکه‌ها به شرح زیر می‌باشد.

جدول ۴-۶ سطح و حجم گنجایش برکه‌های تبخیر پالایشگاه تهران

شماره برکه	سطح (m^2)	حجم (m^3)
برکه ۱	۹۵۰۰۰	۱۴۰۰۰
برکه ۲	۲۳۶۰۰۰	۳۱۰۰۰۰
برکه ۳	۲۱۴۰۰۰	۲۲۴۰۰۰
برکه ۴	۲۰۰۰۰۰	۳۷۰۰۰۰

کف برکه‌های تبخیر به صورت بسترهای کوبیده می باشد که در آن شن و ماسه ریخته شده است و دیواره آن لاشه چینی شده و آب بندی شده است. البته تجربه نشان داده است که ماهیت خاک رس طوری است که وقتی پساب حدود چند سانتی متر نفوذ کرد، ترکیب لزجی را می دهد که دیگر هیچ آبی از آن نفوذ نمی کند. بنابراین نمی تواند منابع زیرزمینی را آلوده کند، مگر اینکه زمین کانالایز شده باشد که در این صورت میله قنات ها باعث هدایت آلودگی به منابع زیرزمینی می شوند. از آب برکه‌ها برای آبیاری جنگل و کشاورزی استفاده می‌شود.



شکل ۲-۶ مسیر انتقالی روغن سطح برکه تبخیر شماره یک به API

مقادیر فلز در پساب نفتی ناچیز می باشد و لذا هیچ گونه تصفیه خاصی برای حذف فلزات در نظر گرفته نشده است.

۳-۱-۶ فرایند سیستم تصفیه پساب پالایشگاه تهران

در پالایشگاه تهران سه مرحله تصفیه مقدماتی، بیولوژیکی و پ یشرفته وجود دارد که به طور کلی دارای اجزا زیر می باشد:

۱- آشغالگیر



- ۲- جداکننده ثقلی API
- ۳- متعادل ساز
- ۴- سیستم DAF
- ۵- حوض هوادهی با برگشت لجن
- ۶- زلال ساز (کلاریفایر)
- ۷- هاضم بیولوژیکی
- ۸- سیستم تزریق کلر
- ۹- فیلتر شنی

شکل ۳-۶ نمایی از آشغالگیر اضافه شده به دهانه کانال ورودی به API

پالایشگاه تهران دارای سه واحد API (شمالی، جنوبی و جدید) می باشد. در پالایشگاه جنوبی، پس از عبور از آشغالگیر اولیه که به ابتدای سیستم اضافه شده است، وارد حوضچه ای می شود و از آنجا از طریق سه شیر مقسم به آشغالگیر میله ای هدایت می شود. وجود حوضچه و شیرهای مقسم جهت خطی کردن جریان می باشد. روغن های شناور غیرامولسیون که در سطح API جمع می شوند از طریق یک Scum Pipe از سطح API جمع آوری شده و به مخزن Oil منتقل می شوند. لجن جمع آوری شده از کف API به حوضچه لجن منتقل می شود. پساب حاصل از این قسمت به حوض متعادل سازی منتقل می شود. به وسیله واحدهای API مواد روغنی و نفتی که قابلیت شناور شدن و یا ته نشین شدن را دارند حذف می شوند، در ادامه عملیات تصفیه مواد نفتی امولسیون شده و محلول نیز حذف می شود. آب سیفون شده از API وارد برکه متعادل ساز می شود. در این حوضچه هدف



شکل ۴-۶ نمایی از آشغالگیر میله ای

یکنواخت سازی جریان از نظر دما، PH، و ... می باشد. این حوضچه دارای بفل هایی می باشد که باعث اختلاط جریان می شود. به دلیل نداشتن همزن عملاً در این حوضچه فقط شناور سازی مواد روغنی و ته نشینی صورت می گیرد و اختلاط کامل ایجاد نمی شود، روغن های جمع آوری شده به واحد API برگشت داده می شود. در خروجی متعادل ساز یک PH آنالایزر وجود دارد که کار نمی کند. در انتهای واحد متعادل سازی مواد منعقد کننده و یک پلی مر کاتیونی (کمک منعقد کننده) به پساب افزوده می شود و وارد واحد DAF می شود. در واحد DAF مواد روغنی امولسیون حذف می شود. در ابتدای واحد DAF حوضچه ای وجود دارد که در آن با دادن زمان ماند، لخته تشکیل می شوند. در این حوضچه همزنی با دور حدود ۶۰-۷۰ rpm وجود دارد که باعث تسریع در تشکیل لخته ها می شود. از انتهای مخزن DAF و از قسمت تحتانی، یک لوله خروجی پساب منشعب می شود و به مخزنی انتقال داده می شود. به این مخزن توسط یک پمپ هوا، هوا با فشار حدود ۵ atm تزریق می شود. پمپ تزریق هوا از جنس تفلون (مقاوم در برابر خوردگی) می باشد. سپس آب همراه با هوای محلول به ابتدای DAF تزریق می شود و از طریق یک پخش کننده وارد مخزن DAF می شود. با کاهش فشار و آزاد شدن مولکول های هوا، لخته های سبک همراه هوا بالا آمده و روی سطح آب مخزن جمع می شوند. ذرات تجمع یافته سنگین نیز در کف سیستم ته نشین می شود. مواد روی سطح آب DAF پس از جمع آوری توسط پاروهای DAF، به یک Screw سرریز شده و از آنجا به حوضچه جنب DAF ریخته می شود و توسط پمپ به مخزن مواد نفتی منتقل می شود. لجن های تجمع یافته در کف مخزن روی هم انباشته می شوند و پس از مدتی میکروارگانیزم های بی هوازی فعال شده و واکنش بیولوژیکی صورت می گیرد، قسمتهایی از لجن تجمع یافته بر اثر جریان پساب جدا شده و همراه آن به واحد بعدی منتقل می شود. از جمله مشکلاتی که ممکن است با گذشت زمان پیش آید، این است که به دلیل عدم لایروبی کف واحد DAF، جریان ورودی و خروجی با هم برابر می شود یعنی پس از مدتی دیگر ته نشینی صورت نمی گیرد. به نظر می رسد با توجه به تغییرات کیفیت فاضلاب در سالهای اخیر، انجام آزمایش جار جهت تعیین مواد منعقد کننده لازم می باشد. پس از واحد DAF چهار تانک لجن فعال موازی مجهز به هواده های مکانیکی سطحی وجود دارند. در این واحدها، مواد روغنی محلول باید حذف شوند. پارامترهایی مانند PH، دما و ... برای ایجاد شرایط بهینه فعالیت باکتریها باید کنترل شوند. دما باید در حدود $92-93^{\circ}\text{C}$ کنترل شود. معمولاً در تابستان دما حدود $90-92^{\circ}\text{C}$ می باشد و در زمستان از 87°C بالاتر نمی رود، کنترل دما به وسیله تزریق بخار (بخار ۶۰ پوند) صورت می گیرد. به دلیل تبدیل آمونیاک به نیترات و نیتريت، PH سیستم افت پیدا می کند، برای تنظیم PH از کاستیک (NaOH) استفاده می شود.

در انتهای سیستم DAF برای تنظیم نسبت نیتروژن به فسفر با توجه به مقدار BOD_5 باید آمونیاک و اسید فسفریک اضافه نمایند ولی به دلیل اینکه کنترلی روی این نسبت صورت نمی گیرد، میزان این مواد با توجه به رنگ لجن اضافه می شود. اصولاً از روی رنگ لجن (قهوه‌ای شکلاتی) به کیفیت سیستم پی می‌برند. در سیستم لجن فعال به کمک باکتریها حدود ۹۰-۸۵٪ مواد نفتی محلول حذف می‌شود.

مخلوط آب و لجن از سیستم لجن فعال وارد حوض ته نشینی^۱ می‌شود. در یک حوض ته نشینی دایره‌ای، لجن به کمک ابزاری که تعبیه شده، در مرکز ته نشین می‌شود و هر چه به طرف دیواره نزدیک می‌شویم، مقدار لجن کم می‌شود. لجن جمع‌آوری شده به سیستم لجن فعال برگشت داده می‌شود. پمپ‌های برگشت لجن از جنس استیل می‌باشد. میزان دبی برگشت لجن حدود ۷۰-۴۰٪ می‌باشد. چنانچه از آب تصفیه شده بخواهند در سیستم برج خنک کننده استفاده شود، کل رزنی می‌شود. کلر مورد استفاده مایع است که قبل از مصرف با افت فشار و عبور از حمام به گاز تبدیل می‌شود. میزان مصرف کلر $2/8 - 2$ Kg/hr است و در پساب خروجی $0/3 - 0/2$ mg/lit کلر وجود دارد.

آب تصفیه شده قبل از ارسال به مخازن جهت حذف مواد معلق باقیمانده وارد ۴ فیلتر شنی می‌نمایند. ظرفیت هر یک از فیلترهای شنی $79/5 m^3$ است. شن‌ها گرانوله بوده و دارای ۹۹/۹۹٪ سیلیس می‌باشند. همچنین ذرات بالاتر از ۱۰ میکرون را از خود عبور نمی‌دهند. در هر فیلتر حدود ۲۰ تن شن وجود دارد. فیلترهای شنی تقریباً هر ۲۴ hr یکبار شست‌وشوی معکوس^۲ می‌شود، معمولاً از روی میزان افت فشار می‌توان فهمید که فیلتر کثیف است. هرگاه کل افت فشار در ۴ فیلتر به ۲۵ Psi برسد، عمل شست‌وشوی معکوس را انجام می‌دهند. از روی دبی هر فیلتر نیز می‌توان به کثیف بودن آن پی برد. در زمان بازدید دبی‌سنج‌ها خراب بودند.

روغن‌های جمع‌آوری شده از واحدهای مختلف به داخل ۳ مخزن متوالی ریخته می‌شود. در مخزن اول آبرگیری شده، با دادن زمان ماند طولانی، عمده آب در این مخزن جدا می‌شود و به ابتدای فرایند (API) برگشت داده می‌شود. سرریز مخزن اول به دو مخزن بعدی ریخته می‌شود. دمای مخزن باید در حدی کنترل شود که از خارج شدن بعضی از سوخت‌های سبک جلوگیری شود و همچنین از جامد شدن مواد نفتی (با واکس بالا) در زمستان جلوگیری می‌شود. مواد نفتی که به این صورت بدست می‌آیند دارای ارزش حرارتی (BTU) ثابتی نیستند، بنابراین برای سوخت کوره‌هایی مصرف

^۱ Clarifier

^۲ Back wash

می‌شوند که در آنها د رجه حرارت ماده گرم شونده کنترل می شود. همچنین از آن برای سوخت دیگ بخار می‌توان استفاده کرد زیرا در دیگ بخار فشار بخار کنترل می‌شود.

۶-۱-۲ تحلیل سیستم تصفیه پساب

در این قسمت به بررسی سیستم تصفیه پساب پالایشگاه تهران می پردازیم. یکی از ابتکارات مفید و کارا در پالایشگاه تهران نصب یک کانال (لوله از محور بریده شده) جهت جمع آوری مواد نفتی از روی حوضچه متعادل ساز می باشد (شکل ۵-۶). چنانچه روی سطح آب این حوضچه مواد نفتی تجمع کند، اجازه می‌دهند تا سطح حوضچه بالا بیاید تا با ورودی این لوله تماس یابد. به جهت شیب حوضچه کلیه مواد نفتی از این طریق جدا شده و توسط لوله و با شیب طبیعی به Surge Basin منتقل می‌شود.



شکل ۵-۶ کانال تعبیه شده جهت زدودن مواد نفتی از روی آب متعادل‌ساز

در ادامه به برخی مشکلات واحد تصفیه پساب اشاره می‌شود:

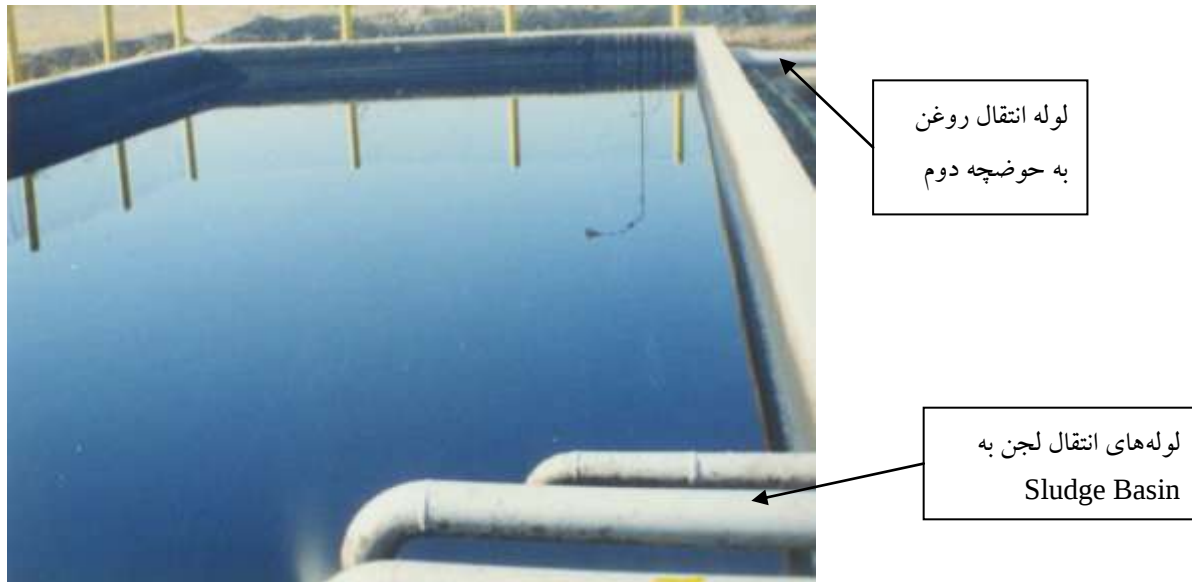
۱- نشستی ماده فورفورال در پساب نفتی

بعضاً از واحد روغن سازی (قسمت جداسازی با فورفورال) فورفورال از سیستم به بیرون نشت می‌کند. این نشتی به صورت مستقیم یا پس از شستشو کف واحد به کانال پساب نفتی هدایت می - شود. فورفورال یک ماده سمی بوده و باعث ایجاد شوک در سیستم بیولوژیکی و مرگ

میکروارگانیزمها می‌شود. در این گونه مواقع کل پساب نفتی پس از جداکننده ثقلی (API) مستقیماً به برکه تبخیر شماره یک فرستاده می‌شود.

۲- عدم وجود سیستم تصفیه لجن نفتی

لجن‌های نفتی که عمدتاً از API خارج می‌شود توسط تلمبه به یک حوضچه لجن (Sludge



شکل ۶-۶ نمایی از Sludge Basin

Basin) انتقال می‌یابد. لجن نفتی در حوضچه ته نشین می‌شود و مواد روغنی در سطح جمع می‌شود که سرریز آن وارد حوض دیگر می‌شود و آنجا بر اثر نیروی ثقلی به API انتقال می‌یابد. هیچ گونه سیستم تصفیه، خشک کردن، هضم و یا تثبیت لجن وجود ندارد.

۳- عدم وجود سیستم مناسب برای جمع‌آوری آب باران

به‌دلیل قدیمی بودن پالایشگاه و برخی مشکلات عملیاتی، وقتی واحدی غیرعادی کار کند،



شکل ۶-۷ نمایی از کانال جمع‌آوری آبهای سطحی و آب باران

مایعات موجود در آن به کانال روباز تخلیه می‌شود. به همین دلیل در کانالهای جمع‌آوری آب باران همیشه مواد روغنی وجود دارد و این امر باعث شده که علی‌رغم طراحی اولیه که قرار بود آب باران مستقیماً به مصرف آبیاری برسد، به دو حوض مشابه API فرستاده شود تا از آن روغن‌گیری شود. وضعیت این حوض‌ها چندان مناسب نمی‌باشد و به علت درست تعبیه نشدن آشغابگیرها، حجم زیادی آشغال روی آن جمع شده‌است.

همچنین سختی و pH این آب به دلیل گذر از قسمت‌های آلوده به آهک (خصوصاً در واحد آب، برق-بخار)، بالا می‌باشد. این آب به همراه آب خروجی از API وارد برکه خنثی‌سازی می‌شود. حوضهای مذکور بزرگتر از API می‌باشند و از آب باران پر می‌باشند.

۴- ظرفیت پایین API جهت تصفیه پساب صنعتی در هنگام بارندگی در هنگام بارندگی حجم پساب نفتی افزایش می‌یابد و بیش از ظرفیت تصفیه API می‌شود. برای حل این مشکل در درجه اول پساب را وارد Surge Basin می‌نمایند. چنانچه این حوضچه پر شود، اضافه بر ظرفیت API را به برکه تبخیر یک می‌فرستند.



شکل ۶-۸: نمایی از Surge Basin: سه لوله ورودی جهت انتقال آب باران و سرریز API و

روغن جدا شده از سطح متعادل‌ساز را نشان داده شده‌است

همانطور که در شکل ۶-۸ دیده می‌شود Surge Basin بتنی نبوده و تنها یک لایه لاستیکی در ته آن قرار دارد که در بعضی نقاط پاره شده (شکل ۶-۹) و در نتیجه مواد نفتی به خاک نفوذ دارد. هر چند وقت یکبار این Surge Basin را خالی کرده و در محلی، خارج از پالایشگاه دفن می‌کنند.

۵- عدم وجود سیستم خشک کردن لجن بیولوژیکی

متاسفانه به دلیل عدم وجود سیستم تغلیظ و خشک کردن، لجن بیولوژیکی حاصل از هاضم بیولوژیکی که می‌تواند کود کشاورزی بسیار مناسبی باشد، به برکه تبخیر فرستاده می‌شود.

۶- بالا رفتن مقدار H_2S در پساب نفتی

متاسفانه به دلایل مختلف در واحدها، پساب با H_2S بالا وارد سیستم پساب نفتی می‌شود. در این گونه مواقع جهت جلوگیری از ایجاد شوک به سیستم، کل پساب نفتی پس از جداکننده ثقلی به برکه تبخیر شماره یک فرستاده می‌شود.



شکل ۶-۹ نمایی از Surge Basin و وسیله مورد استفاده برای تخلیه لجن به جای مانده

۷- عدم ارسال آب تصفیه شده به سیستم آب برجهای خنک کننده

همانطور که در فوق آمده است هدف از تصفیه پساب صنعتی پالایشگاه در درجه اول استفاده در سیستم آب برجهای خنک کننده می‌باشد. اما در پالایشگاه تهران به علت اینکه کیفیت آب تصفیه شده مناسب برای برج خنک کننده نمی‌باشد، از آن در این مورد استفاده نمی‌شود و تنها در تابستانها که پالایشگاه مواجه با کاهش آب می‌باشد، مجبور به استفاده آب تصفیه شده واحد پساب، در سیستم آب تزریقی به برج های خنک کننده می‌شود. جهت مطالعه دقیق تر این موضوع از آب تصفیه شده واحد تصفیه پساب (پس از فیلتر شنی) و نیز آب خروجی از برکه تبخیر شماره یک توسط پالایشگاه تهران و پژوهشگاه صنعت نفت نمونه برداری شد و مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج این آزمایشات در جدول ۶-۱ و ۶-۲ آورده شده است. همانطور که بیان شد پالایشگاه تهران از آب شهری در

سیستم آب خنک کننده استفاده می کند. پارامترهای مورد نظر اداره مهندسی پالایشگاه برای به کارگیری آب مورد استفاده در سیستم آب خنک کننده با پارامترهای مربوط به آب شهری در جدول ۳-۶ مقایسه شدند (مدارک دریافتی در پیوست پنج).

همانطور که در جدول ۱-۶ و ۲-۶ مشاهده می شود به غیر از پارامتر کل کلیفرم گوارشی بقیه پارامترها جهت استفاده آب تصفیه شده برای آبیاری جنگل مناسب می باشد (استانداردهای مصرف آب تصفیه شده - پیوست یک). اما با توجه به جدول ۳-۶ نمی توان از پساب تصفیه شده در سیستم آب برجهای خنک کننده استفاده کرد. چراکه مقدار پارامترهای سختی (TH) و TDS به حدی است که تنها می توان این آب را یک بار در سیستم آب خنک کننده چرخاند و پس از آن باید از سیستم خارج ساخت. در حالیکه سیکل تعویض آب خنک کننده در پالایشگاه ۳/۵ تا ۴ می باشد.

جدول ۶-۱ نتایج آزمایش نمونه برداری از آب خروجی از واحد تصفیه پساب و آب خروجی از برکه تبخیر شماره یک (توسط آزمایشگاه پالایشگاه تهران در تاریخ ۸۱/۱۰/۲۲)

پارامتر نمونه	BOD ₅ (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	TDS (ppm)	T. Hardness (ppm)	Cl ⁻ (mg/l)	Pb (ppm)	کدورت
خروجی واحد	۲۵	۳۴	۳	۱۱۴۰	۴۱۶	۴۰۵	۰/۳	۰/۶
پوند شماره یک	۱۲۵	۹۴۵	۴۲	۱۴۲۵	۵۷۰	۵۷۵	۰/۳	۳۴/۲

جدول ۶-۲ نتایج آزمایش نمونه برداری از آب خروجی از واحد تصفیه پساب و آب خروجی از برکه تبخیر شماره یک (توسط پژوهشگاه صنعت نفت در تاریخ ۸۱/۱۰/۲۲)

پارامتر نمونه	BOD ₅ (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	TDS (ppm)	T. Hardness (ppm)	Cl ⁻ (mg/l)	Pb (ppm)	Oil (ppm)	کدورت (NTU)	توتال کلیفرم MPn Inex/100 ml
خروجی واحد	۲۰	۴۸	۳	۱۲۴۰	۴۱۶	۳۷۸	۱۰/۵	۰/۸	۲	>= 1600
پوند شماره یک	۲۱۵	۳۲۰	۴۲	۱۴۷۰	۲۶۲	۶۰۸	۱۶/۲	۱	۱۳	>= 1600

جدول ۶-۳ مقادیر پارامترهای مورد اندازه گیری در آب شهری و مورد نیاز در آب خنک کننده پالایشگاه

ترکیب	Ca (ppm)	Na (ppm)	TDS (ppm)	T.Hardness (ppm)	pH	Concluetirity) $\frac{\mu S}{sec}$ (
آب شهر	۱۵۰-۱۷۰	۸۰-۱۱۰	۳۰۰-۴۰۰	۲۲۰	۷-۸	۶۰۰-۸۰۰
آب خنک کننده	<۹۰۰	<۱۵۰۰	<۲۵۰۰	<۱۰۰۰	۷/۴-۸/۳	<۵۰۰۰

۵-۱-۶ راه‌حلهای پیشنهادی:

با توجه به بازدهیهای انجام شده و نیز بحث و گفتگوهای که با مسئولین این واحد صورت پذیرفت، پیشنهادات زیر جهت بهبود سیستم ارائه می شود. بدیهی است جهت بررسی دقیق فنی این پیشنهادات احتیاج به زمان و اطلاعات و انجام آزمایشات دقیقی می‌باشد که از تعریف این پروژه خارج است.

الف- بررسی و بازنگری سیستم جمع‌آوری پساب صنعتی

طراحی سیستم جمع‌آوری پساب مربوط به زمان راه اندازی پالایشگاه می‌باشد و با اعمال تغییراتی که در واحدها انجام شده، احتیاج به بازنگری مجدد دارد.

برای اینکه بتوان مشکل مربوط به نشت فورفورال و یا افزایش H_2S در پساب را رفع نمود، می‌بایست کانال‌هایی که پساب مربوطه را به واحد تصفیه پساب منتقل می نمایند، مجزا باشند. به این ترتیب می‌توان در هنگام نشت فورفورال و یا افزایش میزان H_2S در پساب نفتی، کانال مربوط به این دو را به API جدید جهت جداسازی روغن از آن فرستاد تا از آنجا مستقیماً به برکه تبخیر فرستاده شود. در این صورت دیگر لازم نمی‌باشد کل پساب نفتی واحدها را پس از روغن‌گیری به برکه تبخیر فرستاد و حجم زیادی آب را از دست داد. به طور مشخص می‌توان کانال تخلیه پساب واحد فورفورال روغن‌سازی را از سیستم جمع-آوری پساب صنعتی جدا نمود و آنرا به صورت جداگانه به ورودی API جنوبی و API جدید ارتباط داد، بطوریکه امکان انتقال پساب آلوده به هریک از دو API به طور مجزا وجود داشته باشد. همچنین یکی از دلایل بالا بودن سختی و TDS پساب انجام Blow Down از مبدل‌های خنک‌کننده (Cooling Water Exchanger) در واحدهای عملیاتی به کانال‌های پساب نفتی می‌باشد. با شناسایی این مکانها می‌توان کانال پساب مربوطه را به API جدید اتصال داد.

انجام این تمهیدات به کاهش سختی و TDS پساب ورودی و در نتیجه کاهش این دو پارامتر در آب تصفیه شده خروجی از واحد تصفیه پساب کمک می‌کند. چنانچه مقدار این دو پارامتر به نصف کاهش یابد، استفاده از این آب در سیستم آب خنک‌کننده پالایشگاه به صرفه خواهد شد.

ب- مطالعه بر روی شبکه کانالهای جمع‌آوری آبهای سطحی و آب باران

با وجود کمبود آب، استفاده از آب باران و آب سطحی در سیستم آب برجهای خنک‌کننده پالایشگاه امر مطلوبی می‌باشد. با در نظر گرفتن این هدف می‌بایست مطالعه دقیقی روی شبکه کانالهای جمع‌آوری آبهای سطحی و آب باران صورت پذیرد و در صورت نیاز تعمیرات و تغییراتی انجام شود تا به هدف مورد نظر دست پیدا کرد.

کانالهای روباز مخصوص جمع‌آوری آبهای سطحی و آب باران هستند که می‌بایست تا حد امکان ایزوله و عاری از مواد نفتی باشد. وجود مواد نفتی و نیز دیگر ناخالصی‌ها سبب شده تا برای جداسازی

روغن از آن دو حوض بزرگ برای آن طراحی و ساخته شود و پس از روغن گیری به همراه پساب خروجی از واحد API جنوبی و شمالی وارد برکه متعادل ساز شود. چنانچه کانالهای روباز پالایشگاه مورد بررسی قرار گیرد، مکانهایی را که احتمال وارد شدن مواد نفتی از آن ناحیه به کانال وجود دارد، را می توان مسدود نمود. همینطور مکانهایی از کانال که به علت سرباز بودن آن، باعث شده تا کارگران واحدها ضایعات نفتی و به طور کلی مواد آلوده کننده را وارد کانال نمایند، شناسایی و سرپوشیده شود. غالباً این مکانها قابل رویت و شناسایی هستند و سرپوشیده نمودن آنها هزینه زیادی در بر ندارد.

اعمال این تمهیدات در مورد کانالهای جمع آوری آب باران و آب های سطحی باعث می شود تا این کانالها عاری از آلودگی و مواد نفتی شود و به این ترتیب از بار عملیاتی واحد تصفیه پساب کاسته می شود.

پس از اجرای این تمهیدات با نمونه برداری و آزمایش آب این کانالها می توان دیگر اقدامات مورد نیاز جهت استفاده از این آب در سیستم آب برجهای خنک کننده را شناخت. قابل ذکر است که در پالایشگاه اصفهان از آب باران در سیستم آب خنک کننده پالایشگاه (تزریق به برجهای خنک کننده) استفاده می کنند.

ج- هوادهی در حوضچه متعادل ساز

جهت اختلاط در حوض متعادل ساز بفل (مانند پالایشگاه تهران) یا بفل و همزن (مانند پالایشگاه کرمانشاه) یا بفل و هواده (مانند پالایشگاه بندرعباس) تعبیه می شود. هوادهی به حوض متعادل ساز دارای فوایدی می باشد که در بند ۲-۴-۱ آمده است. همچنین یکی از راه های حذف H_2S که در بند ۴-۷-۱ توضیح داده شد هوادهی به پساب می باشد. با توجه به مطالب فوق پیشنهاد می شود جهت حذف H_2S در



شکل ۶-۱۰ نمایی از سیستم هوادهی در حوضچه متعادل ساز

برکه متعادل ساز و اختلاط بهتر، هوادهی صورت پذیرد. جهت اجرای این طرح می توان از اطلاعات طراحی سیستم هوادهی در برکه متعادل ساز پالایشگاه بندرعباس استفاده کرد.

د- تزریق لجن نفتی به هاضم بیولوژیکی

استفاده از میکروب های نفت خوار در صنایع بالادستی و پایین دستی صنعت نفت بسیار گسترده شده است. هم اکنون در تصفیه لجن نفتی از این روش استفاده می کنند. در ایران، پالایشگاه اراک به کمک پژوهشگاه صنعت نفت توانسته این تکنیک را با موفقیت اجرا نماید. جهت انجام این کار، به دستورالعمل ارائه شده توسط پژوهشگاه در فصل بعد مراجعه شود. پس از عادت دادن میکروارگانیسمهای سیستم لجن فعال به هضم مواد نفتی، می توان لجن نفتی را از Sludge Basin به کمک یک پمپ Screw به طور پیوسته با دبی تعیین شده به هاضم بیولوژیکی انتقال داد.

ه- نصب تغلیظ کننده و فیلتر پرس برای لجن بیولوژیکی

چنانچه پیشنهاد فوق با موفقیت اجرا شود، لجن نفتی تولیدی به لجن بیولوژیکی که کود بسیار مناسبی می باشد، تبدیل می شود. برای آنکه بتوان به صورت صحیح لجن بیولوژیکی را دفن یا به مصرف کشاورزی رساند می بایست آبیگری شود. لذا ابتدا باید توسط یک تغلیظ کننده (معمولاً سیستمی مشابه کلاریفایر دارد) آبیگری شده و آنگاه به یک فیلتر پرس فرستاده شود. نمونه این طرح در پتروشیمی اراک که کامل ترین سیستم تصفیه پساب در کل پالایشگاهها و پتروشیمی ها را دارد، وجود دارد. در پالایشگاه کرمانشاه نیز تغلیظ کننده و بستر لجن خشک کن وجود دارد. پس از آب گیری توسط فیلتر پرس، کیک لجن حاصل مناسب برای دفن یا استفاده به عنوان کود کشاورزی می باشد. مزیت فیلتر پرس اشغال فضای کمتر و سرعت عملیاتی بالاتر می باشد.

سیستم تصفیه پساب پالایشگاه تهران به علت اینکه سالهای زیادی از زمان راه اندازی آن گذشته است دارای فرسودگی زیاد و نقص های فراوان در دستگاه های فرایندی (پمپ های لجن، اسید، باز و ...) و دستگاه های ابزار دقیق (pH متر و ...) می باشد. برای اینکه بتوان از این سیستم بهره وری بهتری داشت می بایست تعمیرات و نگهداری مناسبی نیز ارائه شود.

از جمله مشکلات دیگر که می توان در مورد پالایشگاه تهران ذکر کرد، نشتی از سیستم جمع آوری پساب یا مخازن ذخیره نفت خام و محصولات نفتی به آبهای زیر زمینی می باشد. این امر موجب تجمع مواد نفتی به ارتفاع چند متر روی سفره آب زیر زمینی محدوده پالایشگاه شده است. جهت کاهش این مشکل آب چاه به سیستم تصفیه آب فرستاده می شود. اما برای جلوگیری از ایجاد این مشکل تا کنون اقدام اصولی صورت نگرفته است.

۶-۲ سیستم تصفیه پساب پالایشگاه کرمانشاه

سیستم تصفیه پساب پالایشگاه کرمانشاه در سال ۱۹۶۴ میلادی توسط شرکت هلندی Rossmark طراحی شد و در سال ۱۳۸۰ شمسی راه اندازی شد.

هدف از راه اندازی این واحد ایجاد کیفیت لازم برای تخلیه آب به رودخانه و نیز استفاده از پساب تصفیه شده به عنوان آب جبرانی برج های خنک کننده است. البته برج های خنک کننده هم اکنون در حال نصب می باشد.

آب مصرفی پالایشگاه $1200 \text{ m}^3/\text{day}$ است که از چهار منبع آب چاه، آب شهری، آب رودخانه قره سو و آب باز یافتی تأمین می شود. با توجه به شرایط گرم آب و هوایی در چند سال اخیر (خصوصاً در تابستان ها)، آب رودخانه کاملاً خشک شده و لذا پالایشگاه مجبور به استفاده از آب چاه می شود. متوسط پساب تولیدی در پالایشگاه حدود $700 \text{ m}^3/\text{day}$ است. در بهار و تابستان کل پساب تصفیه شده به مصرف آبیاری و کشاورزی می رسد و در پاییز و زمستان به رودخانه ارسال می شود. با راه اندازی برج های خنک کننده این آب در بهار و تابستان به برج های خنک کننده فرستاده می شود.

۶ ۲ ۴ فرایند تصفیه پساب پالایشگاه

پساب نفتی ابتدا وارد جداکننده API می شود. در این پالایشگاه متاسفانه API مجزا برای پساب خروجی از Desalter، آب های ترش و BlowDown وجود ندارد و این نوع پسابها وارد API مواد نفتی می شوند. روغن جمع آوری شده از روی API به مخازن Slops (برش Slops را به خوراک ورودی واحد تقطیر تزریق می کنند) و لجن ته آن را برای دفن شدن فرستاده می شود.

پساب پس از خروج از API وارد حوض متعادل ساز می شود. این حوض مجهز به دو همزن چرخ گوشتی است که بصورت طولی قرار گرفته اند. مخازن ذخیره و لوله های اسید و باز جهت خنثی سازی طراحی شده، اما تزریقی صورت نمی گیرد. طبق نظر مسئولین واحد pH پساب در محدوده استاندارد می باشد (سیستم مجهز به pH متر است). حوض دارای دو قسمت با اختلاف سطح نسبت به یکدیگر ساخته شده است که پساب پس از خروج از قسمت اول به سطح پایین تر ریزش می کند و باعث اختلاط بهتر پساب می شود. البته این طرح امکان فرار ترکیبات و گازهای سمی و مضر برای میکروارگانیسمها را فراهم می کند.

پساب خروجی از متعادل ساز به حوض DAF انتقال می یابد در این قسمت، هوای تحت فشار ۷ اتمسفر با پساب مخلوط شده و به سیستم تزریق می گردد. در طراحی، دو ماده افزودنی FeCl_3 و پلی الکترولیت کاتیونی پیش بینی شده است که در حال حاضر فقط پلی الکترولیت تزریق می شود. کف روی DAF وارد چاله ای می گردد و مواد روغنی به مخازن Slops و آب همراه آن به ابتدای API ارسال

می‌گردد. لجن جمع‌آوری شده از ته DAF همراه با لجن خروجی از کلاریفایر به تغلیظ‌کننده لجن فرستاده می‌شود.

پساب خروجی از DAF به طرف سیستم تصفیه بیولوژیکی لجن فعال می‌رود. حوض مجهز به دو هواده می‌باشد. در این حوض هیچ نوع ماده مغذی به سیستم تزریق نمی‌شود و این در حالی است که علی‌رغم طراحی، پساب بهداشتی در این مرحله به سیستم افزوده نمی‌شود. متاسفانه بازگشت لجن به حوض هواده‌ای انجام نمی‌شود. در طراحی مقدار ۵۰ تا ۱۰۰ درصد بازگشت لجن پیش‌بینی شده است. پساب خروجی به کلاریفایر ارسال می‌شود و از آنجا وارد حوضچه تزریق کلر می‌شود که در این حوضچه کلری تزریق نمی‌گردد. پساب در مرحله آخر وارد حوضی می‌شود که از آنجا یا جهت مصرف آبیاری درختان داخل پالایشگاه ارسال می‌شود و یا به سیستم cooling water تزریق می‌شود.

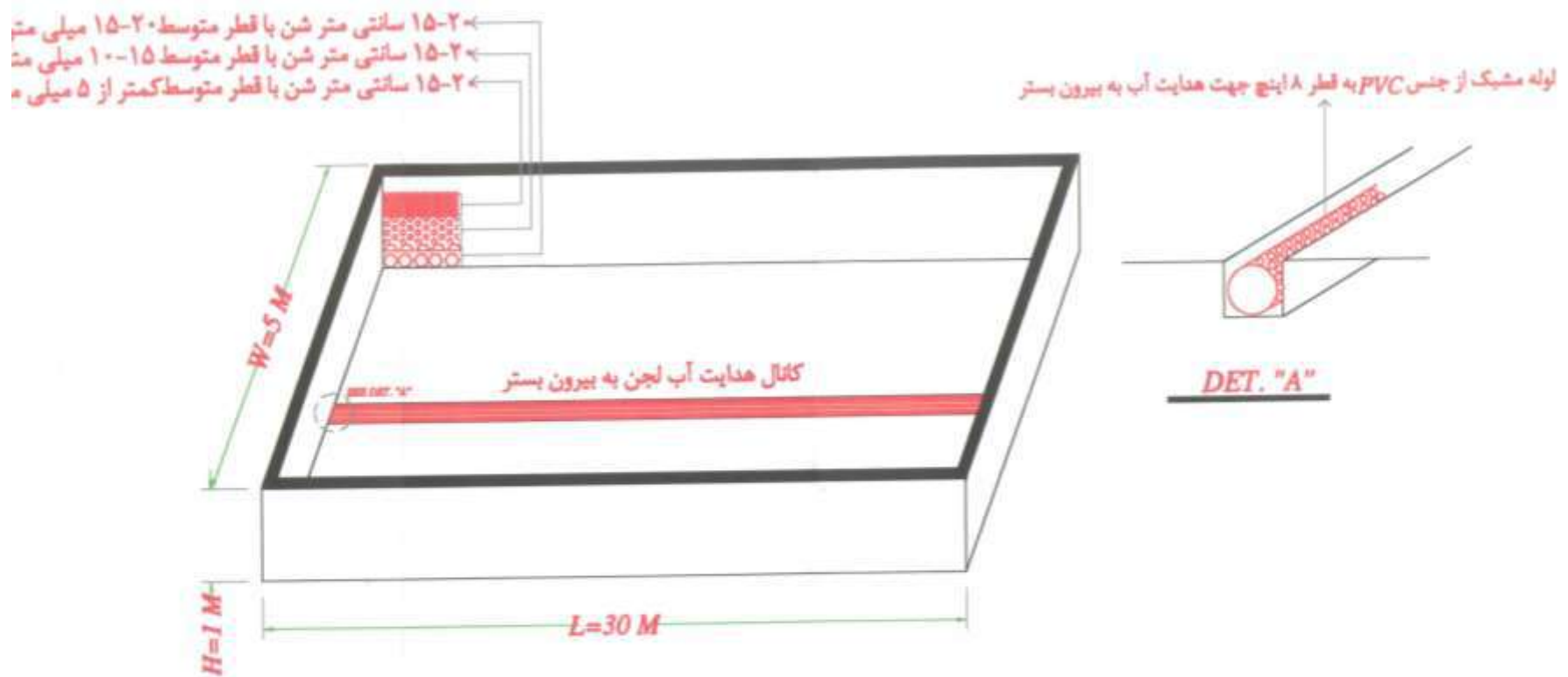
لجن ته کلاریفایر به منظور آب‌گیری وارد یک مخزن تغلیظ‌کننده لجن می‌شود که اساس کار آن مانند کلاریفایر است. همانطور که ذکر شد لجن نفتی ته DAF هم وارد این مخزن می‌شود. آب خروجی از لجن خشک‌کن‌ها نیز به این مخزن افزوده می‌شود. آب خروجی از مخزن که حدود $5 \text{ m}^3/\text{day}$ است به ابتدای متعادل‌ساز ارسال می‌گردد. لجن غلیظ شده نیز به بسترهای لجن خشک‌کن فرستاده می‌شود.

لجن‌های خروجی از کلاریفایر و لجن جمع‌آوری شده از ته حوض DAF، پس از آب‌گیری در مخزن تغلیظ‌کننده لجن، وارد بسترهای لجن خشک‌کن می‌شوند. این بسترها برای خشک کردن لجن نفتی ته‌نشین شده API مناسب می‌باشند، اما در زمان بازدید این کار انجام نمی‌شده و لجن‌های نفتی بدون خشک شدن در مکانی خارج از پالایشگاه دفن می‌شود.

این بسترها بصورت مکعب مستطیلی و به تعداد ۷ عدد هستند. این بسترها برای 0.3 کیلوگرم BOD به ازاء هر مترمکعب سطح خشک طراحی شده‌اند. ته بسترها به ضخامت ۲۰-۱۵ سانتی‌متر از شن با قطر متوسط کمتر از ۵ میلی‌متر پوشیده شده است. لایه بالایی آن با شن با قطر متوسط کمتر از ۱۵-۱۰ میلی‌متر به ضخامت ۲۰-۱۵ و نهایتاً بالاترین سطح به ضخامت ۲۰-۱۵ سانتی‌متر از شن با قطر متوسط کمتر از ۲۰-۱۵ میلی‌متر پوشانده شده است. مطابق شکل یک لوله مشبک از جنس PVC با قطر ۸ اینچ جهت هدایت آب گرفته شده از لجن به بیرون از بسترها در داخل بسترها تعبیه شده است.

لجن با توجه به شرایط آب و هوایی آنقدر در بسترها می‌ماند تا کاملاً خشک گردد. سپس لجن خشک شده توسط کامیون به مناطقی که از نظر محیط زیست تأیید شده‌اند فرستاده و دفن می‌شود.

چون لجن خروجی از کلاریفایر به این بسترها وارد می‌شوند، لذا لجن خشک شده محتوی میکروارگانیزم و باکتری می‌باشد و می‌تواند مورد مصرف کود کشاورزی قرار گیرد.



تعداد حوضچه ها = ۱۰ عدد

بوزان طراحی سطح بستر بر اساس $0.3\text{ KG BOD/DAY.M}^2$ میباشد

NATIONAL IRANIAN OIL COMPANY					
KERMANSHAH REFINERY					
ترجای خشک کننده لجن واحد تصفیه فاضلاب صنعتی - حرکت پالایش نفت کرمانشاه					
DES.	REV.	SCALE	DRAWING NO.	REV.	
DES.	DATE	NO./0.22			
CH.	APPR.	PROJ. NO.			
P.E.		JOB NO.	KR-		

شکل ۶-۷ طرح لجن خشک کن پالایشگاه کرمانشاه

۲-۲-۶ مشکلات

- ۱ - با توجه به نتایج آزمایشات انجام شده روی پساب تصفیه شده، مشاهده می شود که COD پساب بالاتر از حد استاندارد تخلیه به آبهای روان و مصرف کشاورزی است. مقدار این پارامتر اکثراً بالای ۷۵ است و گاهی به حدود ۱۰۰ نیز رسیده است.
- ۲ - به علت عدم وجود برکه تبخیر در پالایشگاه کرمانشاه، در صورتی که یکی از اجزاء سیستم تصفیه پساب به خصوص API نیاز به تعمیرات داشته باشد، اجباراً پساب، مستقیماً به رودخانه ارسال می شود که مشکلات زیادی برای محیط زیست ایجاد می کند.
- ۳ - در پالایشگاه کرمانشاه سیستم مناسبی جهت جمع آوری آبهای سطحی و آب باران وجود ندارد. بطوریکه در کانال انتهایی مقدار زیادی روغن روی آب تجمع کرده است. این پساب که حاوی مقدار زیادی مواد نفتی و مواد مضر برای طبیعت می باشد، بدون هیچ گونه تصفیه ای وارد رودخانه می شود. البته برای روغن گیری از این آب یک قیف تعبیه شده که بازدهی زیادی ندارد.
- ۴ - طبق مشاهدات انجام شده سیستم DAF کارایی پایین داشته و لخته ها فرصت کافی برای تشکیل ندارند.
- ۵ - لجن برگشتی به حوض هوادهی صفر می باشد. در حالیکه می بایست ۵۰ الی ۱۰۰٪ باشد. در هنگام بازدید، هوادهای حوض هوادهی خاموش بوده اند، این مسئله با توجه به اینکه برگشت لجن نیز وجود ندارد باعث مرگ میکروارگانیسمها می شود.

۳-۲-۶ راه حل‌های پیشنهادی

- ۱- در پالایشگاه یک API قدیمی وجود دارد که در حال حاضر به عنوان کانال عبوری جهت انتقال آب cooling water به رودخانه استفاده می شود. از طرفی آبهای بارانی بشدت روغنی هستند و روغن گیری آنها بسیار ناقص صورت می گیرد و با کیفیت بسیار پایین به رودخانه تخلیه می شود. لذا پیشنهاد می شود کانال آبهای بارانی به حوض API قدیمی وارد شود تا در آنجا بصورت منظم روغن گیری شود. سپس آب روغن گیری شده با توجه به کیفیت آن یا به رودخانه ارسال شود و یا همراه پساب خروجی از API اصلی وارد مراحل بعدی تصفیه شود که این کار باعث ترقیق پساب صنعتی نیز می شود. چون سیستم روغن گیری API قدیمی بازدهی کمی دارد؛ همچنین پیشنهاد می شود یک Scume Pipe برای آن نصب شود.

۲- همانطور که گفته شد سیستم DAF بازدهی بالایی ندارد. شایع بتوان این مشکل را با تعیین دقیق میزان مواد افزودنی و یا تغییر نوع آن بهبود بخشید. لازمه این امر انجام آزمایش جار می-باشد.

۳- با توجه به جدول ۲-۳، در همه روشهای تصفیه بیولوژیکی با لجن فعال، درصد بازگشت لجن بیش از ۳۰ درصد می‌باشد. اما در پالایشگاه کرمانشاه، برگشت لجن به حوض هوادهی وجود ندارد. این امر باعث می‌شود تا تعداد میکروارگانیسمهای موجود در حوض هوادهی کاهش یابد. همچنین چنانچه به دلیلی، شوک به سیستم وارد شود و باعث مرگ کل میکروارگانیسمها شود، جایگزینی برای آن وجود ندارد.

۳-۶ سیستم تصفیه پساب پالایشگاه بندرعباس

واحد تصفیه پساب پالایشگاه بندرعباس توسط شرکت Chiyoda طراحی شده است. هدف از ایجاد واحد تصفیه فاضلاب در این پالایشگاه بهبود کیفیت آبهای مصرف شده در پالایشگاه و رساندن کیفیت آنها در حد استاندارد جهت تخلیه به آب دریا است. فاضلابهای تولیدی پالایشگاه به جریانهای مختلف مجزا شده و مورد تصفیه قرار می‌گیرند. انواع فاضلاب تولیدی شامل موارد زیر است:

- ۱- آب ترش عریان شده
- ۲- آبهای چرب و روغنی از پالایشگاه و ساختمان اداری
- ۳- آب حاصل از تخلیه مخازن نفت خام
- ۴- خروجی آب شستشوی دستگاه نمک‌زدا
- ۵- فاضلاب بهداشتی
- ۶- آبهای آلوده به مواد شیمیایی
- ۷- فاضلاب حاصل از جامدسازی گوگرد

۶-۳-۴ شرح فرایند

سیستم تصفیه پساب پالایشگاه بندرعباس به عنوان جدیدترین پالایشگاه کشور دارای طراحی جدیدتری می‌باشد. در این قسمت به شرح مختصر این سیستم پرداخته می‌شود. تصفیه پساب نفتی این پالایشگاه شامل اجزای زیر می‌باشد:

- ۱- جداکننده ثقلی و DiskOil
- ۲- حوضچه یکنواخت سازی

- ۳- شناورسازی
- ۴- حوضچه هوادهی
- ۵- زلال ساز
- ۶- فیلتراسیون شنی
- ۷- سانتریفوژ لجن
- ۸- سیستم انتقال لجن آبگیری شده
- ۹- قیف لجن جهت بارگیری

سیستم فاضلاب بهداشتی دارای دو خط شامل آشغال خردکن، حوضچه یکنواخت سازی، حوضچه هوادهی و حوضچه زلال ساز می باشد. در حال حاضر سیستم تصفیه فاضلاب بهداشتی در سرویس نبوده و این فاضلاب به جداکننده ثقلی تصفیه فاضلاب نفتی وارد می شود.

آبهای سطحی در یک حوضچه نوسان گیر به ظرفیت 16008 m^3 بازیافت می شود. این حوضچه مجهز به تیغه های نگهدارنده روغن و چربی برای گرفتن روغن های شناور و بند سرریز برای استخر تبخیر است. آبهای روغنی و چرب خروجی از نمک زدا قبل از پیوستن به ورودی به حوضچه یکنواخت سازی از طریق یک مسیر مشخص به دو جداکننده ثقلی دستگاه نمک زدا به ظرفیت 55000 کیلوگرم در ساعت فرستاده می شود. چنانچه هیدروژن سولفید H_2S دیگر آلاینده های موجود در فاضلاب مقدارشان بیش از حد مجاز باشد فاضلاب مستقیماً به استخر هدایت می گردد.

فاضلاب آزمایشگاه در یک مخزن جمع آوری و خنثی می گردد و پس از عبور از یک مخزن انحرافی، به جداکننده ثقلی (API) فرستاده می شود.

فاضلاب نفتی قبل از ورود به واحد جداکننده ثقلی وارد دستگاه Disk Oil می شود. این سیستم طبق اطلاعات طراحی، ۹۰ درصد روغن همراه با فاضلاب را جدا می کند. پس از جداکننده ثقلی حوض یکنواخت ساز قرار دارد. در حوضچه یکنواخت سازی، فاضلاب مخلوط شده و دارای غلظت یکسانی می گردد. سپس پساب وارد حوضچه هوادهی می شود. در این حوضچه مواد منعقد کننده محلول آلوم و محلول پلی الکترولیت آلی تزریق می گردد. سرعت انتقال اکسیژن برای هر حوضچه $193/29$ کیلوگرم بر ساعت است. پساب پس از حوضچه شناورسازی وارد سیستم لجن فعال شده و مورد تصفیه بیولوژیکی قرار می گیرد. آب حاصل از واحد تصفیه بیولوژیکی وارد زلال ساز شده و در انتها پس از عبور از فیلترهای شنی به دریا بازگردانده می شود.

لجن های حاصل از واحدهای لجن فعال، زلال ساز، جداکننده های ثقلی و واحد DAF جهت آبگیری به سانتریفوژ لجن (نوع Decanter) فرستاده می شود. به مسیر ورودی خ و راک سانتریفوژ پلی الکترولیت کاتیونی ($0.3 \% \text{ wt}$) تزریق می شود. لجن آب گیری شده توسط نقاله ها به قیف لجن (Sludge Hopper)

انتقال می‌یابد و پس از آن توسط کامیون خارج می‌گردد. این سیستم به جهت مشکلاتی که برای سانتریفوژ بوجود آمده در حال حاضر از سرویس خارج است.

با وجود اینکه پالایشگاه بندرعباس جدیدترین پالایشگاه کشور می‌باشد، اما تجهیزات واحد تصفیه پساب از نظر مکانیکی دارای مشکلاتی می‌باشد.

از جمله مزایا (یا به عبارتی نکات فنی مهم) سیستم تصفیه پساب پالایشگاه بندرعباس را می‌توان استفاده از Disk Oil جهت کاهش بار روغن و چربی واحد API و نیز هوادهی در متعادل ساز جهت اختلاط بهتر و نیز کاهش بعضی آلودگی‌های از قبیل H_2S دانست.

از آنجاییکه پساب تصفیه شده به دریا بازگردانده شود، می‌بایست کنترل دقیقی روی کیفیت پساب تصفیه شده وجود داشته باشد. اما در حال حاضر این امر به طور دقیق انجام نمی‌شود. از دیگر مشکلات موجود در واحد می‌توان به عدم استفاده از سیستم تغلیظ لجن (توسط سانتریفوژ) اشاره نمود. این امر به دلیل گرفتگی در سانتریفوژ می‌باشد. عدم وجود سیستم تصفیه لجن و لجن خشک کنی از دیگر نواقص این سیستم می‌باشد.

نتیجه گیری

در انجام این پروژه از سیستم تصفیه پساب پالایشگاههای تهران، اراک، بندرعباس و کرمانشاه و همینطور پتروشیمی اراک بازدید به عمل آمد. در این فصل ابتدا به ذکر اجزا یک سیستم تصفیه بهینه می-پردازیم و در ادامه چند روش مفید جهت افزایش راندمان سیستم تصفیه پساب پالایش گاهی به طور مختصر بیان می شود. در انتها، خلاصه ای از گزارش "بررسی چگونگی دفع لجن بیولوژیکی و نفتی در سیستم پساب پالایشگاه اراک" جهت استفاده ذکر می شود.

۱-۷ معرفی سیستم بهینه جهت تصفیه پساب پالایشگاهی

در تصفیه پساب صنعتی می توان به بیان دو اصل مهم اشاره کرد: اول، جلوگیری (تا جای ممکن) از ایجاد ضایعات و آلودگی و جدا سازی کانال بر حسب نوع آلودگی ها و دوم، تصفیه مقدماتی آلودگی در محل واحد تولید.

به عنوان مثال استفاده از Disk Oil در محل هایی که منشاء آلودگی زیاد نفتی می باشند از قبیل محل کانال مربوط به جمع آوری آبهای حاصل از شستشوی مخازن ذخیره نفت خام و دیگر محصولات نفتی، که حجم زیادی از مواد روغنی و نفتی به پساب پالایشگاه اضافه می شود.

طبق تحقیقات صورت گرفته، بازدیدها و نیز مدارک جمع آوری شده، برای اینکه بتوان پساب پالایشگاهی بصورت اصولی تصفیه شود، و ضایعات باقیمانده هم تحت فرایند صحیح قرار گیرند، می بایست سیستم تصفیه پساب پالایشگاه شامل مراحل تصفیه مقدماتی، بیولوژیکی، پیشرفته و تصفیه لجن بوده و دارای اجزاء زیر باشند.

۱- آشغال گیر

به منظور حذف و جداسازی مواد شناور در پساب که دارای قطر بیش از ۱cm - ۵/۵ هستند، لازم است از آشغال گیر استفاده شود. بهترین نوع آشغال گیر برای پالایشگاهها، نوع میله ای است.

۲- سیستم API

با توجه به اینکه پساب پالایشگاه ها محتوی مقادیر بالایی از مواد روغنی است، لذا جهت جداسازی این مواد لازم است از حوض API استفاده شود. در همه پالایشگاههای کشور API وجود دارد. اما با توجه به مطالب ذکر شده در بخش ۲-۳-۲ که نشان دهنده برتری سیستم CPI به API است، سیستم CPI جهت جایگزینی یا برای طراحی جدید پیشنهاد می شود.

۳- حوضچه متعادل سازی و خنثی سازی

با توجه به اینکه بار ورودی و pH پسابهای پالایشگاهی بسیار متغیر می باشند، لذا لازم است برای جلوگیری از وارد شدن شوک به سیستم تصفیه بیولوژیکی، عملیات خنثی سازی و یکنواخت سازی روی پساب صورت گیرد. بدین منظور از اسید سولفوریک و سود کاستیک جهت خنثی سازی استفاده می شود. همانطور که در بند ۲-۴-۱ اشاره شد، برای یکنواخت سازی توصیه می شود که علاوه بر تعبیه بفل در حوض، از هوادهی به پساب نیز استفاده گردد.

۴- حوضچه انعقاد و شناورسازی (DAF)

به منظور حذف چربی و روغن موجود در پساب و همچنین تغلیظ لجن از واحد DAF استفاده می شود. در اکثر پالایشگاه ها از ماده منعقد کننده کلوروفریک استفاده می شود که با توجه به تحقیقات صورت گرفته توسط پژوهشگاه صنعت نفت، از آنجا که میزان تزریق این ماده بالا بوده و لجن های معدنی با حجم زیاد تولید می کند، توصیه می شود با توجه به ماهیت لجن تولیدی در پالایشگاه از پلی الکترولیت های آلی استفاده گردد. میزان افزودن این مواد به کمک آزمایش جار تعیین می گردد.

۵- حوض هوادهی (تصفیه بیولوژیکی)

با توجه به مزایای روش لجن فعال، جهت تصفیه بیولوژیکی از این روش در تمامی پالایشگاه های کشور استفاده می شود. به منظور تأمین مواد مغذی مورد نیاز میکروارگانیسم ها بهتر است فسفر از طریق اسید فسفریک و نیتروژن از طریق اوره (که دارای توجیه اقتصادی تری نسبت به آمونیاک می باشد) با نسبت نیتروژن به فسفر با توجه به BOD_5 سیستم، به حوض هوادهی تزریق شود. معمولاً اگر BOD_5 به ۱۰۰ برسد از نسبت N/P، ۵ استفاده می شود. دمای سیستم لجن فعال باید در حدود $15-25^{\circ}C$ و pH آن در محدوده ۷-۸ کنترل شود.

۶- زلال ساز

جهت جدا نمودن میکروارگانیزمها از آب تصفیه شده لازم است سیستم زلال ساز بعد از سیستم لجن فعال نصب شود. همچنین می بایست بر حسب نوع هوادهی در حوض لجن فعال، درصدی از لجن بیولوژیکی طبق جدول ۱-۳ به حوض لجن فعال برگشت داده شود.

۷- هاضم بیولوژیکی

وجود هاضم بیولوژیکی جهت تثبیت لجن بیولوژیکی لازم می باشد. همچنین برای تصفیه و کاهش حجم لجن نفتی می توان آنرا وارد هاضم بیولوژیکی (دایجستر) نمود، با گذشت زمان ماند تحت سیستم بی هوازی، مواد آلی باقیمانده تجزیه می شود و در نهایت لجن تثبیت می گردد که از لجن تثبیت شده می توان به عنوان کود استفاده کرد.

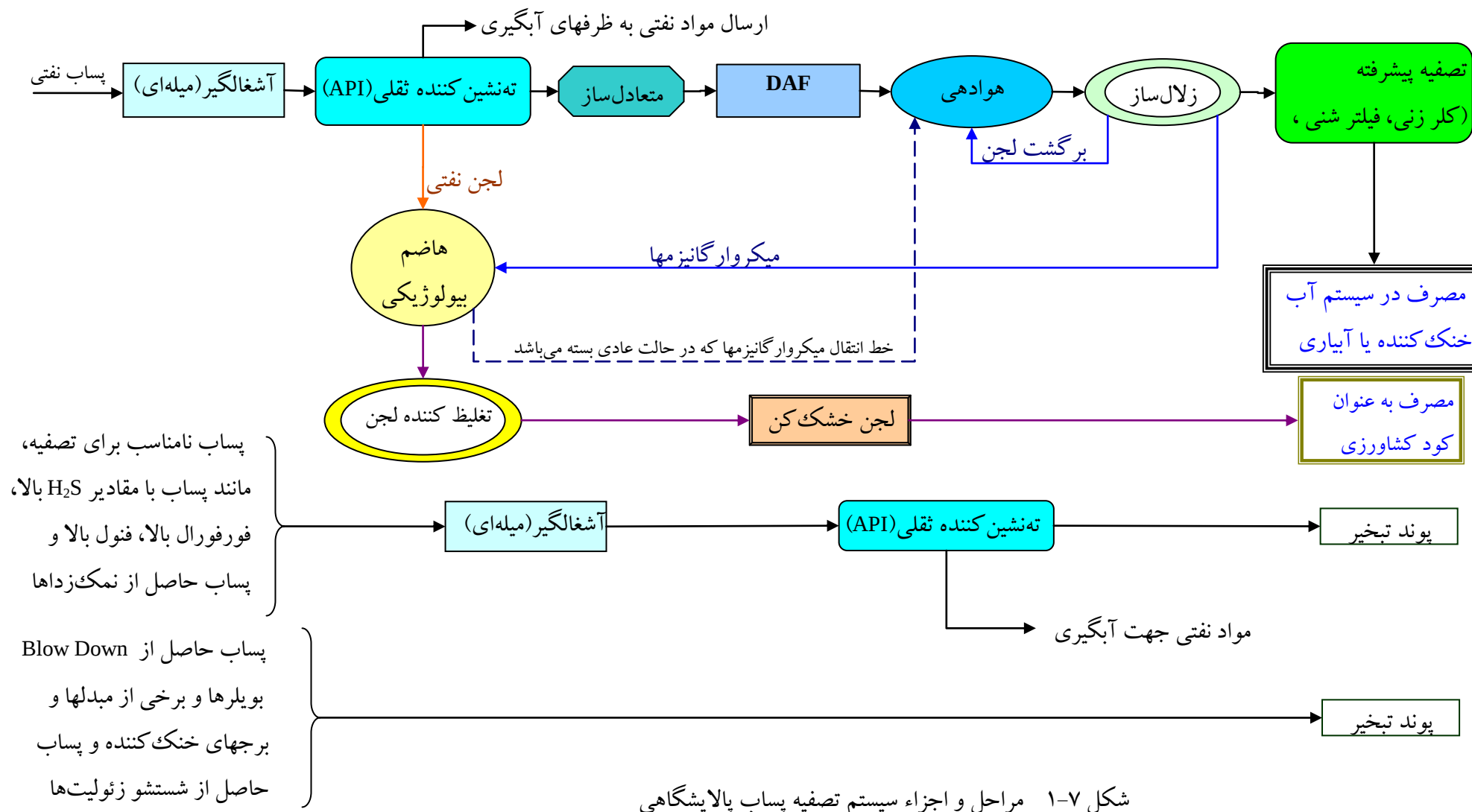
۸- اجزاء لازم در تصفیه پیشرفته

با توجه به اینکه پساب تصفیه شده در پالایشگاه ها قرار است به یکی از مصارف، آب جبرانی برجهای خنک کننده و یا کشاورزی و آبیاری بوسد لذا باید بعضی از عملیات تصفیه پیشرفته روی آن صورت پذیرد.

بعنوان مثال به منظور از بین بردن میکروارگانیزمهای احتمالی خروجی و گندزدائی پساب، پساب کلرزی می شود. همچنین برای حذف مواد معلق ریز از پساب، باید از فیلترهای شنی استفاده شود.

۱۰- تغلیظ و خشک کردن لجن

چنانچه پالایشگاهها طبق دستورالعمل پیشنهادی توسط پژوهشگاه صنعت نفت بتوانند لجن نفتی را در هاضم بیولوژیکی تزریق کنند، می توانند کل لجن بیولوژیکی تولی د شده را آبیگری و سپس خشک نمایند. لجن بیولوژیکی خشک شده با در نظر گرفتن پارامترهای زیست محیطی می تواند به عنوان کود مورد استفاده قرار گیرد. دو روش جهت خشک کردن لجن پیشنهاد می شود که بر حسب شرایط آب - وهوایی و نیز شرایط عملیاتی، هر یک می تواند مناسب باشد. روش اول استفاده از فیلتر پرس و روش دوم استفاده از بستر لجن خشک کن می باشد. روش اول در پتروشیمی اراک و روش دوم در پالایشگاه کرمانشاه مورد استفاده قرار گرفته است.



در شکل فوق مراحل و اجزاء سیستم تصفیه پساب مناسب پیشنهادی برای پالایشگاههای نفت نشان داده شده است. همچنین بهترین استفاده از آب تصفیه شده را در درجه اول در سیستم آب خنک کننده و درجه دوم در سیستم آبیاری فضای سبز پالایشگاه و بهترین استفاده از لجن های بیولوژیکی به عنوان کود کشاورزی پیشنهاد می شود. برای اینکه بتوان لجن نفتی را به هاضم بیولوژیکی فرستاد می بایست شرایط لجن و میکروارگانیسمها را در نظر گرفت و میکروارگانیسمهای تجزیه کننده مواد نفتی که قابلیت سازگاری با محیط مربوطه (پساب پالایشگاه) را دارند، شناسایی و پس از مراحل کشت، در مخزن هاضم تزریق نمود.

لجن خشک کن از نوع بستر و فیلتر پرس پیشنهاد می شود که بر حسب شرایط آب و هوایی و حجم و کیفیت پساب قابل انتخاب و طراحی می باشد.

۲-۷ افزایش راندمان سیستم تصفیه پساب

به طور کلی می توان موارد زیر را جهت بالا بردن کارایی سیستم تصفیه پساب پالایشگاهی پیشنهاد کرد:

۱-۲-۷ کاهش بار عملیاتی کل واحد تصفیه پساب

- برای کاهش بار عملیاتی واحد تصفیه پساب موارد زیر توصیه می شود:
- جداسازی کامل خطوط آبهای آلوده به مواد نفتی از آبهای بدون مواد نفتی (آب باران و ...)
- نصب جداکننده های مواد نفتی (disc oil) در منبع تولید آبهای آلوده که مقادیر بالایی از مواد نفتی دارند (مانند پساب حاصل از شستشو مخازن ذخیره نفت خام و محصولات)
- کاهش یا حذف یک آلا ینده خاص قبل از رقیق شدن در اثر مخلوط شدن آن در سیستم فاضلاب.
- تصفیه آلودگی در واحد مربوطه مانند جداسازی فلزات سنگین از زیر آب برج خنک کننده، گاززدایی از فاضلاب آلوده به هیدروژن سولفور و تصفیه آب خروجی از نمک زدا در محل دستگاه و جلوگیری از ورود آن به سیستم تصفیه کل
- اصلاح فرآیند برای کاهش حجم فاضلاب حاصل از واحدهایی که فاضلاب آنها نیاز به تصفیه دارد.

۲-۲-۷ مدیریت در هنگام بارش بارانهای سنگین

- چون در هنگام بارش بارانهای سیل آسا مسائلی از قبیل:
- افزایش ناگهانی آبهای آلوده به مواد نفتی

- محدودیت ظرفیت واحد تصفیه پساب
 - سرریز آب آلوده به مواد نفتی به محدوده آبهای غیرنفتی
- بوجود می‌آید، لازم است در واحدهای عملیاتی و واحد تصفیه پساب اقدامات زیر صورت گیرد:
- گشت در محوطه و جلوگیری از تخلیه غیر عادی آبهای آلوده
 - جلوگیری از ورود آبهای آلوده به مواد نفتی، به آبهای غیرنفتی و برعکس
 - بهتر است حوضی برای آبهای آلوده تعبیه شود و در شرایط بارانهای سنگین مسیر پساب به این حوض تغییر داده شود.

۳-۲-۷ کنترل آب در هنگام تعمیرات اساسی در پالایشگاه

گرچه در هنگام تعمیرات اساسی، تولید آبهای آلوده از واحدهای عملیاتی کاهش می‌یابد ولی گاهی تخلیه ناگهانی آبهای آلوده که به سمت واحد تصفیه پساب ارسال می‌شود، مشکلاتی را ایجاد می‌نماید. لذا مهمترین کار در این زمان، تغییر مسیر آبهای جمع‌آوری شده از واحد مسیر آب بدون مواد نفتی، به مسیر آب آلوده به مواد نفتی است. مسئله دیگر اطلاع واحد از کمیت، نوع آلودگی و زمان تخلیه آبهای آلوده حاصل از شستشو است.

مناسب بودن هر یک از این روشها احتیاج به مطالعه در محل دارد.

۴-۲-۷ کمینه‌سازی تولید لجن

طبق تحقیقات انجام شده توسط پژوهشگاه صنعت نفت بر روی سیستم تصفیه پساب پالایشگاه اراک مشخص گردید که امکان کاهش حجم مواد شناور جداشده از DAF با توجه به مصرف ماده منعقدکننده کلروفریک که تولید لجن معدنی می‌کند، وجود دارد. هدف، بررسی امکان جایگزینی مواد منعقدکننده معدنی با یک پلی الکترولیت آلی بود. مزیت استفاده از پلی الکترولیت‌های آلی، قابلیت کاربرد آنها در محدوده وسیعی از pH و تولید لجن به مراتب کمتر از حالت استفاده از منعقدکننده‌های معدنی است. در ضمن به علت اینکه پلی الکترولیت ماده‌ای آلی است، وجود آن در مواد نفتی جدا شده در DAF مشکلی در بازیافت آن به عنوان Slops Oil ایجاد نخواهد کرد.

با توجه به آزمایشات جار مقدماتی انجام شده بر روی پساب ورودی به DAF پالایشگاه اراک، این نتیجه حاصل شد که مصرف یک میلی گرم در لیتر پلی الکترولیت کاتیونی Chemec 5264 بهترین نتیجه را می‌دهد به طوری COD به میزان ۷۶٪ و چربی و روغن بیش از ۹۵٪ حذف می‌گردند. همچنین حجم تولیدی لجن نفتی از $8 \text{ m}^3/\text{day}$ به $4/4 \text{ m}^3/\text{day}$ کاهش می‌یابد. در حالت استفاده از کلروفریک مواد شناور جداشده، حالت نیمه جامد لخته‌ای داشته و امکان استفاده از آن جهت اختلاط با Slops Oil نیست، اما با تزریق Chemec 5264 به میزان ۱ ppm به ورودی DAF، میزان مواد

شناور جدا شده به نحو قابل ملاحظه ای کاهش یافته و خصوصیت یک مایع غلیظ را از خود نشان می‌داد.

آزمایشات نشان داده که نفت بازیافت شده از DAF پس از شکستن امولسیون آب در نفت، به میزان حدود ۶ درصد حجمی BS&W دارد که می‌تواند به مخزن Slops Oil مربوط به جداکننده‌های API ارسال گردد. در مخازن Slops Oil زمان ماند کافی جهت جدا شدن آب و رسوبات موجود بوده و اختلاط مواد شناور DAF تصفیه شده با روغن های بازیافتی از API مشکلی در استفاده از روغن بازیافتی در سیستم سوخت دیگ‌های بخار پالایشگاه ایجاد نخواهد کرد.

۳-۷ طراحی و تکمیل سیستم تصفیه و دفن لجن

جهت بررسی چگونگی دفع لجن بیولوژیکی و نفتی در سیستم پساب پالایشگاه اراک، پروژه ای بین این پالایشگاه و پژوهشگاه صنعت نفت تعریف گردید . در این پروژه، پس از تعیین نقاط تولید لجن بیولوژیکی و نفتی در سیستم پساب پالایشگاه اراک، اقدام به نمونه گیری و آنالیز از نقاط انتخاب شده ، گردید. سپس مطالعه جامعی در زمینه روشهای مختلف کمینه سازی و دفع نهایی لجن صورت گرفت و با تمهیداتی از جمله تغییر مواد شیمیایی تزریقی به جداکننده DAF، (استفاده از پلی الکترولیت کاتیونی Chemec 5264 به جای کلروفریک و کمک منعقد کننده) کاهش تولید لجن نفتی در آزمایش میدانی به ثبوت رسید.

به موازات انجام عملیات فوق، تحقیقاتی در زمینه حذف مواد نفتی از مجموعه لجن توسط میکروارگانیزم‌های عادت داده شده انجام پذیرفت که نتیجه آن اثبات قابلیت این میکروارگانیزم ها در تجزیه مواد نفتی موجود در لجن است. بر مبنای اطلاعات به دست آمده، در پایان تغییرات لازم جهت اجرای روش بیولوژیکی به همراه امکانات مورد نیاز تا مرحله تولید لجن خشک با میزان مواد نفتی مجاز پیشنهاد گردیده است.

۱-۳-۷ مطالعه و بررسی تجزیه لجن‌های نفتی به روش بیولوژیکی

با توجه به اینکه نفت خام حاوی یک سری هیدروکربن های پرانرژی است، میکروارگانیزم‌ها می‌توانند از آن به عنوان منبع غذایی و انرژی جهت رشد استفاده نمایند. در بررسی انجام شده، لجن نفتی مورد بررسی مخلوطی از ۴۸/۸٪ لجن API-A/B، ۸/۴٪ لجن API-C، ۴۵٪ مواد شناور نفتی روی DAF و باقیمانده لجن کف DAF بوده است.

به منظور بررسی و شناسایی میکروبی لجن نفتی پالایشگاه اراک، لجن نفتی بر روی محیط کشت Bussnell-Hass کشت داده شد و پس از رشد باکتریهای موجود در لجن نفتی با استفاده از محیط کشت آگار غذایی غنی شده، باکتری‌های مصرف کننده هیدروکربن‌های نفتی لجن ایزوله و شناسایی گردید.

با توجه به موفقیت آمیز بودن روش بیولوژیکی در حذف مواد نفتی لجن و کاهش COD بهترین نقطه جهت دفع این مواد هاضم هوازی لجن BA-2614 می باشد.

آزمایشات تصفیه پذیری بیولوژیکی نشان می دهد که لجن نفتی با تزریق ناپیوسته $\frac{kg}{m^3}$ ۷/۷ در مدت زمان ۲۴ ساعت تحت شرایط توده لجن حاوی میکروارگانیسم های عادت داده شده قادر است مواد نفتی را تا حد مجاز کاهش داده و توده لجن در این حالت به سادگی قابلیت تغلیظ و آب گیری دارد. بطور کلی لجن های نفتی توسط سیستم فیلتراسیون مانند فیلترپرس و یا فی لترهای نواری قابل آب گیری نیستند زیرا فیلتر به سرعت دچار گرفتگی می شود. لجن نفتی در صورتیکه مورد تصفیه بیولوژیکی قرار گیرد چنین وضعیتی نداشته و دقیقاً شبیه به لجن فعال، قابلیت آب گیری توسط سیستم های فوق الذکر را دارد.

۷-۳-۲ دفع نهایی لجن

با توجه به بررسی های انجام شده، دو روش جهت دفع نهایی لجن به صورت کیک لجن با حدود ۵۰٪ رطوبت پیشنهاد می گردد.

الف- بستر لجن خشک کن

با توجه به اطلاعات مربوط به جدول آمار بارندگی ایستگاه تبخیرسنگی منطقه، سطح لازم جهت بستر محاسبه گردیده است. سیستم از ۶ بستر با طول ۳۳ متر و عرض ۸ متر طراحی گردیده است که در مدت ۶۶/۴۵ روز، ۶۴۰۰۰ کیلوگرم لجن تر را تا میزان ۵۰٪ خشک می کند.

ب- فیلتر پرس

در این روش لجن توسط پمپ از درون مجموعه ای از قاب و صفحه (Plate & Frame) عبور کرده و در اثر فشار، مواد جامد در پشت پارچه فیلتر باقی مانده و آب جدا شده از مسیرهای تعبیه شده در محفظه جلوی پارچه فیلتر، تخلیه می گردد.

این دستگاه در ایران قابل ساخت بوده و سیکل کاری آن از ۲ الی ۴ ساعت است. حداکثر میزان لجن ورودی به آن ۱۳ مترمکعب در ساعت از لجن ۵٪ است و خروجی آن پس از یک سیکل ۴ ساعته، ۴ تن لجن خشک شده به غلظت ۵۰٪ خواهد بود.

مراجع

- 1 - منزوی، محمد تقی، "جمع آوری فاضلاب (فاضلاب شهری جلد دوم)"، دانشگاه تهران، ۱۳۷۰
- 2 - منزوی، محمد تقی، "تصفیه فاضلاب (فاضلاب شهری جلد اول)"، دانشگاه تهران، ۱۳۷۰
- 3 - ترجمه سمنارشاد، علی اکبر و محمدرضا بنازاده، "راهنمای تصفیه آب‌های صنعتی"، تهران، ۱۳۶۰
- 4 - ترجمه ترکیان، ایوب، "مهندسی محیط زیست"، اصفهان، ۱۳۷۴
- 5 - خلدانی، آصف، "تصفیه فاضلاب"، تهران، ۱۳۶۶
- 6 - مهندسین مشاور طرح، "مهندسی فاضلاب" نشر دانشگاهی، ۱۳۷۴
- 7 - سیمافر، شجاع‌الدین، "مهندسی آب و فاضلاب"، تبریز، ۱۳۷۴
- 8 - ترجمه اسدی، محمود، "فاضلاب صنعتی: خاستگاه‌ها، مشخصات و تصفیه" نشر دانشگاهی، ۱۳۶۸
- 9 - حسینیان، مرتضی، "روش عملی تصفیه فاضلاب (تئوری و طرح)"، تهران، ۱۳۶۰
- 10 - حسینیان، مرتضی، "اصول طراحی تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری و پساب صنعتی"، تهران، ۱۳۶۰
- 11 - کی‌نژاد، "مهندسی محیط زیست"، دانشگاه صنعتی سهند، ۱۳۷۶
- 12 - چاکش امیری، محمد، "اصول تصفیه آب"، اصفهان، ۱۳۷۶
- 13 - دفتر بررسی آلودگی هوا، "ضوابط و استانداردهای زیست محیطی"، سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۷۸
- 14 - برقی، مهدی، جزوه درسی اصول تصفیه فاضلاب، دانشگاه مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف
- 15 - قیصری، علی و محمدعلی کاظمی و حمیدرضا ارومیه، "ارزیابی عملکرد برکه‌های بی‌هوازی"، مجله آب و فاضلاب، سال ۱۳۷۸، شماره ۳۱، صفحه ۲ تا ۹
- 16 - پرورش، عبدالرحیم، "کمپوست کردن لجن فاضلاب بدون اضافه کردن عوامل حجیم کننده"، مجله آب و فاضلاب، سال ۱۳۷۷، شماره ۲۶، صفحه ۳۰ تا ۳۹
- 17 - فتوحی، پری‌سیما، "تصفیه فاضلاب‌های صنعتی در پالایشگاه اصفهان"، مجله آب و فاضلاب، شماره ۷، صفحه ۳۵ تا ۵۰
- 18 - ترکیان، ایوب، "چرا فاضلاب باید تصفیه شود"، مجله آب و فاضلاب، سال ۱۳۷۲، شماره ۱۰، صفحه ۱۹ تا ۲۳

- 19 - هاشمیان، جمال‌الدین، "تکنولوژی تصفیه غیرهوازی راه حل معضل فاضلاب صنعتی"، مجله آب و فاضلاب، سال ۱۳۷۲، شماره ۱۱، صفحه ۱۵ تا ۱۹
- 20 - ترکیان، ایوب، "چگونه فاضلاب تصفیه می شود؟ برکه های تصفیه فاضلاب"، مجله آب و فاضلاب، سال ۱۳۷۵، شماره ۱۹، صفحه ۴۲ تا ۴۸
- 21 - مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب، "چگونه فاضلاب تصفیه می شود؟ لجن فعال"، مجله آب و فاضلاب، سال ۱۳۷۶، شماره ۲۳، صفحه ۴۵ تا ۴۷ و شماره ۲۲، صفحه ۵۹ تا ۶۴
- 22 - "تصفیه فاضلاب به روش AB: راه حلی برای فاضلاب های مشکل ساز"، مجله آب و فاضلاب، سال ۱۳۷۶، شماره ۲۳، صفحه ۴۱ تا ۴۴
- 23 - مصداقی نیا، علیرضا و امیرحسین محوی و فریرز علی محمدی، "ارزیابی فرایند لجن فعال دومرحله ای (AB) در تصفیه فاضلاب شهر اصفهان" مجله آب و فاضلاب، سال ۱۳۷۷، شماره ۲۷، صفحه ۱۱ تا ۱۷
- 24 - حکیم پور، کوروش و سالارقباد، "عملکرد راکتورهای ناپیوسته با عملیات متوالی (SBR) در تصفیه فاضلاب"، مجله آب و فاضلاب، سال ۱۳۷۹، شماره ۳۴، صفحه ۱۹ تا ۲۸
- 25 - طاهری شهرآئینی، حمید، "بررسی پایداری راکتور UASB ترموفیلیک در برابر شوک دما" سال ۱۳۷۹، شماره ۳۵، صفحه ۲ تا ۸
- 26 - ابریشمچی، احمد، "سیستم های آبی تصفیه فاضلاب"، مجله آب و فاضلاب، سال ۱۳۷۳، شماره ۱۳، صفحه ۸ تا ۱۸
- 27 - هوشمندی، مهرداد، "تصفیه بیولوژیکی فاضلاب های حاوی فنل توسط فرایند تثبیت و تماس"، پایان نامه کارشناسی ارشد، بیوتکنولوژی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۹
- 28 - فتح الهی دادیان، مژگان، "تصفیه پساب های حاوی تولوئن توسط بیوفیلم های هوازی و بررسی اثر بارهای آلودگی بالا بر روی این سیستم ها"، پایان نامه کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۷
- 29 - رفیعی، بهروز، "طراحی و بررسی مسائل اجرایی و اقتصادی راکتور UASB در نتیجه فاضلاب صنایع نفت" پایان نامه کارشناسی ارشد، مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۶
- 30 - قوی پنجه، فریده، "تصفیه فاضلاب های نفتی به روش UASB" پایان نامه کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۵
- 31 - خونسار، مجید، "بررسی دینامیک راکتورهای UASB" پایان نامه کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۶

- 32 - مضاهری، حمیدرضا، "بررسی استفاده مجدد از پساب برکه های تبخیر پالایشگاه تهران"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۶
- 33 - متین‌فر، مسعود، "بهینه‌سازی سیستم تصفیه فاضلاب موجود در پالایشگاه تهران"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۴
- 34 - علی‌نژاد، کاوه، "بررسی کارایی سیستم دیسک‌های بیولوژیکی دوار (RBC) در تصفیه پساب UASB"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۶
- 35 - ناظمی، علیرضا، "تصفیه بیولوژیکی مواد فنی از پساب کارخانه روغن زیتون"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۰
- 36 - همتی‌نژاد، کوروش، "استفاده از راکتور UASB در شرایط ترموفیلیک جهت تصفیه پساب صنایع الکل سازی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۹
- 37 - حسینی، نظام‌الدین، "مقایسه تصفیه‌پذیری فاضلاب‌های آلوده به مواد شوینده از طریق روش‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۶
- 38 - عیدان، غازی، فرزانه زنوری و رفعت کاوه، "نقش پودر کربن فعال در افزایش بازدهی سیستم‌های تصفیه پساب پالایشگاه‌ها"، مجله تحقیق، شماره ۱، صفحه ۶۱ تا ۷۶
- 39 - عیدان، غازی، "بررسی تأثیر فرایند شناورسازی در بازدهی سیستم تصفیه فاضلاب پالایشگاه‌ها"، مجله آب و فاضلاب، شماره ۶، صفحه ۱۸ تا ۲۳
- 40 - عصر، روبین، "اثر مواد بازدارنده در تصفیه‌پذیری فاضلاب‌های صنعتی در سیستم لجن فعال (با تأکید بر فورفورال)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۰
- 41 - پورناجی، پژمان، "بررسی حذف سولفیداز پساب‌های چرم‌سازی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۸
- 42 - طاهرزاده، سید کاظم، "تصفیه فاضلاب‌های حاوی آمونیاک توسط بیوفیلترها"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۷۵
- 43 - قاسمیان، محمدرضا، "آب‌های صنعتی، مشکلات و راه‌حل"، شرکت ملی صنایع مس ایران، ۱۳۶۹

44- Metcalf & Eddy, Inc. "Waste water Engineering: Treatment, disposal, and reuse", third Edition, 1991

45- Russeil, Culp, "Advanced Waste Water treatment", 1971

46- Parker. W.J., H.D. Moteith, and H. Melcer (1996) "VOC_s infixed film processes pilot studies" J. Environmental Engineering. July, 557-563

47- Chozich. R and R.L. Irvine (1991) "Preliminary studies on the granular activated carbon-sequencing batch biofilm reactor", J. Environmental Process, Vol. 10,4: 282-289

- 48- Nyuk-Min Chong (1994), " Biological Treatamility of Amine Laden Refinery Wastewater" , J.Water Science Technology Vol.30 , 3:21-28
- 49- Kee Kean Chin , (1994) , " Evaluation of treatment efficiency of processes for petroleum refinery wastewater" J.water Science Technology, Vol.29 , 8; 47-5o
- 50- John R.Schultz, Thomas M.Keinath, (1984)" Powdered Activated Carbon treatment process mechanism." J.Water Poll.Control Fed.Vol. 56, No.3.
- 51- Gulyas, H. and M.Reich, (1995), " Organic Compounds at different stages of a refinery wastewater treatment plant" J.water Science Technology .Vol.32,7: 119-126

پیوست یک

جدول استاندارد

جدول استاندارد خروجی فاضلاب [۱۳]

شماره	مواد آلوده کننده	تخلیه به آبهای سطحی ($\frac{mg}{litr}$)	تخلیه به چاه جاذب ($\frac{mg}{litr}$)	مصرف کشاورزی و آبیاری ($\frac{mg}{litr}$)
۱	نقره Ag	۱	۰/۱	۰/۱
۲	آلومینیوم Al	۵	۵	۵
۳	آرسنیک As	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۴	بر B	۲	۱	۱
۵	باریم Br	۵	۱	۱
۶	بریلیم Be	۰/۱	۱	۰/۵
۷	کلسیم Ca	.....	.....	.....
۸	کادمیم Cd	۰/۱	۰/۱	۰/۰۵
۹	کلر آزاد Cl	۱	۱	۰/۲
۱۰	کلراید Cl ⁻	۶۰۰ (تبصره ۱)	۶۰۰ (تبصره ۲)	۶۰۰
۱۱	فرمالدئید CH ₂ O	۱	۱	۱
۱۲	فل C ₆ H ₅ OH	۱	trace	۱
۱۳	سیانور CN	۰/۵	۰/۱	۰/۱
۱۴	کبالت Co	۱	۱	۰/۰۵
۱۵	کرم Cr ⁶⁺	۰/۵	۱	۱
۱۶	کرم Cr ³⁺	۲	۲	۲
۱۷	مس Cu	۱	۱	۰/۲
۱۸	فلوراید F	۲/۵	۲	۲
۱۹	آهن Fe	۳	۳	۳
۲۰	جیوه Hg	trace	trace	trace
۲۱	لیتیم Li	۲/۵	۲/۵	۲/۵
۲۲	منیزیم Mg	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	مولیبدن Mo	۲۳
۲	۲	۲	نیکل Ni	۲۴
.....	۱	۲/۵	آمونیاک محاسب NH ₄	۲۵
۱	۱	۱	منگنز Mn	۲۶
۱۰	۱۰	۱۰	نیتريت بر حسب NO ₂	۲۷
.....	۱۰	۵۰	نترات بر حسب NO ₃	۲۸
.....	۶	۶	فسفات بر حسب فسفر	۲۹
۱	۱	۱	سرب Pb	۳۰
۰/۱	۰/۱	۱	سلنیوم Se	۳۱
۳	۳	۳	سولفید SH ₂	۳۲
۱	۱	۱	سولفیت SO ₃ ⁻	۳۳
۵۰۰	۴۰۰ (تبصره ۲)	۴۰۰ (تبصره ۱)	سولفات SO ₄ ⁻	۳۴
۰/۱	۰/۱	۰/۱	وانادیوم V	۳۵
۲	۲	۲	روی Zn	۳۶
۱۰	۱۰	۱۰	چربی و روغن	۳۷
۰/۵	۰/۵	۱/۵	دترجنت ABC	۳۸
۱۰۰	۳۰	۳۰	BOD ₅ (تبصره ۳)	۳۹
۱۰۰	۶۰	۶۰	COD (تبصره ۳)	۴۰
۲	.....	۲	اکسیژن محلول (حداقل) Do	۴۱
.....	تبصره ۲	تبصره ۱	مجموع مواد جامد محلول TDS	۴۲
۱۰۰	.....	۴۰	مجموع مواد جامد معلق TSS	۴۳
.....	.....	۰	مواد قابل ته نشینی SS	۴۴
۶-۸/۵	۹-۵	۸/۵-۶/۵	pH (حدود)	۴۵

۴۶	مواد رادیو اکتیو	۰	۰	۰
۴۷	کدورت (NTU)	۵۰	.....	۵۰
۴۸	رنگ (واحد رنگ)	۷۵	۷۵	۷۵
۴۹	درجه حرارت T	تبصره ۴	.....	.....
۵۰	کلی فرم گوآرشی (تعداد در ۱۰۰ میلی-لیتر)	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰
۵۱	کل کلیفرمها (تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر)	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۵۲	تخم انگل	.....	.....	تبصره ۵

تبصره ۱ - تخلیه با غلظت بیش از میزان مشخص شده در جدول در صورتی مجاز است که پساب خروجی، غلظت کلراید، سولفات و مواد محلول منبع پذیرنده را در شعاع ۲۰۰ متری از ۱۰٪ افزایش ندهد.

تبصره ۲ - تخلیه با غلظت بیش از میزان مشخص شده در جدول در صورتی مجاز خواهد بود که افزایش کلراید، سولفات و مواد محلول پساب خروجی نسبت به آب مصرفی بیش از ۱۰٪ نباشد.

تبصره ۳ - صنایع موجود مجاز خواهند بود BOD_5 و COD را حداقل ۹۰٪ کاهش دهند.

تبصره ۴ - درجه حرارت باید به میزانی باشد که بیش از ۳ درجه سانتی گراد در شعاع ۲۰۰ متری محل ورود آن، درجه حرارت منبع پذیرنده را افزایش یا کاهش ندهد.

تبصره ۵ - تعداد تخم انگل در فاضلاب تصفیه شده شهری در صورت استفاده از آن جهت آبیاری محصولاتی که به صورت خام مورد مصرف قرار می گیرند نباید بیش از یک عدد در لیتر باشد.

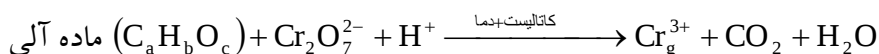
پیوست دو

آزمایشات پارامترهای مهم کیفیت پساب [۲ و ۳]

۱- تست COD

برای اندازه‌گیری مواد آلی موجود در فاضلاب‌ها و آبهای طبیعی استفاده می‌شود. اکسیژن معادل با مواد آلی قابل اکسید شدن با استفاده از یک ماده اکسیدکننده قوی در محیط اسیدی اندازه‌گیری می‌شود. یک کاتالیزور (سولفات نقره) لازم است تا به اکسید شدن گروههای خاص مواد آلی کمک کند.

تعدادی از گروههای غیرآلی که در آزمایش شرکت می‌کنند بایستی از محلول حذف شوند. واکنش اصلی دی کرومات (به عنوان یک ماده اکسیدکننده) بصورت عمومی و موازنه نشده بصورت زیر است:



روش کار:

به تعداد نمونه‌های تحت آزمایش بالن بقاگرد برداشته می‌شود و به هر یک ۰/۲ گرم سولفات جیوه و مقداری نمک به حجم ۱۰ cc با توجه به شدت آلودگی (در صورت آلودگی بالا نمونه رقیق می‌شود) افزوده می‌شود. سپس با قرار دادن بالنها در تشت آب یخ $15^\circ C$ مخلوط اسید سولفوریک و نیترات نقره مخصوص COD اضافه می‌گردد. به هر بالن ۱۰ cc دی کرومات پتاسیم اضافه می‌گردد. چند گلوله ریز شیشه‌ای داخل بالنها انداخته می‌شود. بالنها در هیتر قرار داده، به مبرد وصل می‌شوند و بمدت ۲ ساعت حرارت می‌بینند تا تبخیر کامل صورت گیرد. محلول باید زرد رنگ باقی بماند و در صورت سبز شدن محلول که نشانگر تبدیل دی کرومات به کرومات است، نمونه باید تعویض شود. پس از گذشت ۲ ساعت مبردها با آب مقطر شسته و سپس به هر کدام از بالنها چند قطره معرف آهن افزوده و توسط فروز آمونیوم سولفات تیترو می‌شوند

$$COD = \frac{(a - b) \times C \times 8000}{ml_{(Sample)}}$$

a: میلی لیتر فروز مصرفی برای پلانک

b: میلی لیتر فروز مصرفی برای نمونه

C: نرمالیه فروز آمونیاک سولفات

اکسیداسیون و مشکلات ناشی از وجود کلرید نمونه، بوسیله افزودن سولفات جیوه به نمونه قبل از رفلاکس برطرف می شود. این عمل، یون کلرید را به کلرید جیوه محلول تبدیل می کند و باعث کاهش توانایی کلرید برای واکنش می شود.

۲- تست BOD

رایج ترین پارامتر مورد استفاده برای تعیین غلظت مواد آلی فاضلابها و حتی آبهای سطحی، BOD_5 می باشد.

دلایل استفاده از تست BOD عبارتند از:

- ۱- محاسبه تقریبی اکسیژن لازم برای تثبیت بیولوژیکی مواد آلی موجود
 - ۲- محاسبه اندازه تأسیسات تصفیه فاضلاب
 - ۳- اندازه گیری راندمان بعضی از فرایندهای تصفیه
- نظر به اینکه اکسیدسازی کامل فاضلاب، یک فرایند آرام بوده و از نظر تئوری بین هایت زمان برای کامل شدن آن لازم است لذا به منظور کوتاه نمودن زمان، زمان آزمایش را بطور معمول ۵ روز انتخاب می کنند که در این مدت تقریباً ۷۰-۶۰ اکسیداسیون انجام می شود.
- روش کار:

یک ارلن بزرگ برداشته و با توجه به تعداد نمونه ها برای هر نمونه ۳۰۰ cc آب درون آن ریخته می شود. ارلن محتوی آب مقطر به مدت ۲ ساعت هوادهی می شود.

بعد از اتمام ۲ ساعت هوادهی به ازای هر لیتر آب، ۱ cc از مواد زیر به ارلن افزوده می شود:

الف- بافر فسفات

ب- سولفات منیزیم

ج- کلرید کلسیم

د- کلرید آهن (III)

پس از افزودن مواد فوق محتویات در ون ارلن مجدداً هوادهی می شوند. از نمونه های موجود در آزمایشگاه مقدار معینی برداشته با سود به $pH=7$ رسافه می شود. با توجه به شدت آلودگی مقدار معینی از نمونه برداشته و داخل ظرف مخصوص BOD ریخته می شود. ظرف BOD از آب مقطر هوادهی شده و اشباع از اکسیژن به همراه موادی که قبلاً افزوده شده پرمی گردد. ظرف پلانک با آب مقطر اشباع از اکسیژن به اضافه مواد افزوده شده و میکروب پرمی شود. ظروف مخصوص BOD که تا این مرحله پر شده اند به مدت ۵ روز در انکوباتور قرار می گیرند. پس از ۵ روز نمونه ها از انکوباتور خارج شده و به هر کدام ۲ cc سولفات منگنز و ۲ cc یدور آزاد اضافه می گردد تا رسوب قهوه ای رنگ ایجاد شود. ۲/۳ cc از نمونه برداشته، داخل ارلن ریخته و با تیوسولفات سدیم ۰/۲۵ نرمال تیترو می شود تا هنگامی که

رنگ قهوه‌ای متمایل به زرد کم‌رنگ مشاهده شود. بعد چسب نشاسته اضافه می‌شود و تیتراسیون ادامه می‌یابد تا محلول بیرنگ شود.

(اختلاف حجم تیوسولفات مصرفی نمونه با پلانک) × (غلظت نمونه) = BOD

۳- اندازه‌گیری میزان جامدات معلق (TSS)

یکی از مهمترین خصوصیات فیزیکی فاضلاب، مقدار جامدات موجود در آن می باشد که شامل جامدات مواد شناور، ذرات بصورت سوسپانسیون، مواد کلویدی و مواد محلول است. تعیین این پارامتر از این جهت حائز اهمیت است که با اندازه‌گیری TSS می‌توان میزان گل و لای و رسوبات ته نشین شده در استخرها و حوضچه‌های تصفیه‌خانه و به عبارتی میزان تولید لجن را تخمین زد.

وسایل مورد نیاز:

- ۱) کروسبیل کرچدار
 - ۲) کاغذ صافی
 - ۳) آون 105°C
 - ۴) دسیکاتور
 - ۵) ارلن خلاء
 - ۶) استوانه مدرج
- روش کار:

قبل از شروع آزمایش کروسبیل‌ها بطور معمول اسیدشویی شده تا خوب تمیز شوند. سپس آنها بمدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه در آون 105°C قرار می‌گیرند بعد از این مرحله آنها در دسیکاتور سرد می‌شوند. فیلتر مخصوص داخل کروسبیل گذاشته می‌شود. مقداری آب مقطر از آن بوسیله خلاء رد کرده سپس آنها در آون 105°C قرار می‌گیرند (بای مدت ۲۰ دقیقه) پس از گذشت این زمان آنها خارج شده و در دسیکاتور قرار می‌گیرند تا خنک شوند.

به تعداد نمونه‌های تحت آزمایش کروسبیل برداشته و وزن می‌شوند. یک کروسبیل اضافی به عنوان پلانک برداشته و وزن می‌شود.

از هر نمونه با توجه به غلظت آنها حجمی صاف می‌شود (۱۰۰cc - ۱۰cc) و در آون 105°C قرار می‌گیرد (برای مدت ۲۰ دقیقه) پس از خنک کردن کروسبیلها در دسیکاتور آنها مجدداً وزن می‌شوند، از کروسبیل پلانک آب مقطر رد می‌شود و بمدت ۲۰ دقیقه در آون قرار می‌گیرند. سپس مانند بقیه نمونه‌ها در دسیکاتور خنک شده و تغییر وزن آن روی نمونه بصورت زیر تأثیر می‌گذارد:

$$TSS = \frac{[(b' + A) - b] \times 10^6}{\text{حجم نمونه}}, \quad A = a - a'$$

$A =$ وزن اولیه پلانک

$a' =$ وزن ثانویه پلانک

$b =$ وزن اولیه نمونه

$b' =$ وزن ثانویه نمونه

۴- روش اندازه گیری مواد معلق (SS):

در یک قیف تمیز مقداری از محلول آماده شده فوق وارد نمونه می شود بطوریکه وزن ماده جامدی که در کف قیف قرار دارد در حدود ۰/۳ میلی گرم بوده و بخوبی کف قیف را بپوشاند. ضخامت این طبقه در حدود ۲ میلی متر خواهد بود. قیف بدستگاه خلاء وصل می شود تا کلیه آب موجود در قیف خارج شود. سپس ۲۵ میلی لیتر آب مقطر افزوده و عمل تخلیه ادامه می یابد تا قیف کاملاً خشک شود. قیف در 103°C قرار گرفته تا بمدت یک ساعت در دسیکاتور سرد شود و سپس وزن می گردد. حجم مشخصی از نمونه ای که خوب بهم خورده به تدریج در قیفی که قبلاً توزین شده وارد می شود و بدستگاه خلاء وصل می شود تا کاملاً خشک گردد سپس قیف در حرارت 103°C خشک شده و بعد از سرد شدن در دسیکاتور، توزین می شود تا وزن ثابت بدست آید.

محاسبه :

$$\left(\frac{\text{mg}}{\text{litr}}\right) = \frac{(A - B) \times 1000}{C}$$

A = وزن صافی و نمونه

B = وزن صافی

C = حجم نمونه مصرفی

۵- روش اندازه گیری فسفات PO_4^{3-} :

از روش هیدرولیز برای تبدیل فرمهای مختلف پیرو، متا و پلی فسفاتها به فرم ارتو فسفات استفاده می شود. در این روش با استفاده از اسید و حرارت، نمونه هیدرولیز می شود. ولی فسفاتهای آلی در این فرایند به ارتو فسفات تبدیل نمی گردد. در حقیقت مقدار بدست آمده در این روش مؤید مقدار فسفر غیر آلی می باشد.

روش کار :

ابتدا ۲۵ میلی لیتر نمونه در یک ارلن ۵۰ میلی لیتری ریخته می شود. سپس ۲ میلی لیتر محلول اسید سولفوریک ۵/۲۵ نرمال به آن افزوده می شود. آنگاه روی گرمکن قرار می گیرد و برای مدت ۳۰ دقیقه بشدت حرارت می بیند. در طول حرارت دادن، حجم در ۲۰ میلی لیتر نگه داشته می شود، سپس سرد شده، ۲ میلی لیتر سود ۵ نرمال به آن افزوده می شود و جهت مخلوط شدن بهم زده می شود. آنگاه نمونه تهیه شده در یک استوانه مدرج ۲۵ میلی لیتر ریخته شده و حجم آن به ۲۵ میلی لیتر رسانده می شود. سپس بکمک یکی از روش های اندازه گیری فسفات بر حسب میزان فسفات نمونه محاسبه می شود.

دستگاه مورد استفاده فتومتر DR/700 با فیلتر ۵۲۵ نانومتر می باشد. ابتدا یک استوانه مدرج ۲۵ میلی لیتر از نمونه پر شده، ۱ میلی لیتر معرف مولیبدات و سپس یک میلی لیتر معرف آمینو اسید به آن افزوده می شود. سپس برای چند بار بهم زده می شود تا مخلوط شود (رنگ آبی نشان دهنده وجود فسفات است).

پس از ۱۰ دقیقه سل مخصوص تا نشانه ۱۰ میلی لیتر پر شده، ابتدا بوسیله نمونه شاهد، دستگاه صفر می شود سپس با فشار دادن کلید Read و گذاردن نمونه در دستگاه مقدار فسفات خوانده می شود.

$$\text{PO}_4^{-3} \left(\frac{\text{mg}}{\text{lit}} \right) \rightarrow \text{P} \left(\frac{\text{mg}}{\text{lit}} \right)$$

۶- روش اندازه گیری ازت آمونیاکی:

ابتدا در یک بالن تقطیر ۸۰۰ میلی لیتری، ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر، ۲۰ میلی لیتر بافر بورات افزوده و سپس pH آن با سود ۶ نرمال روی ۵/۹ تنظیم می شود. سپس این محلول تقطیر شده تا آب مقطر آن عاری از آمونیاک شود. این عمل برای شستشو و آماده سازی دستگاه برای آزمایش است.

به ۵۰۰ میلی لیتر نمونه یک میلی لیتر از محلول کلرزدا ی تیوسولفات سدیم $\frac{1}{70}$ نرمال افزوده می شود.

(اگر غلظت ازت آمونیاکی نمونه از $\frac{100 \text{ mg}}{\text{liter}}$ کمتر باشد حجم ۱۰۰۰ میلی لیتر نمونه استفاده می شود).

اگر لازم باشد pH محلول با افزایش سود یا اسید به ۷ رسانده می شود. به محلول ۲۵ میلی لیتر بافر بورات افزوده و pH آن با افزایش سود ۶ نرمال به ۹/۵ رسانده می شود (از pH متر یا کاغذ pH استفاده شود).

در ظرف گیرنده ۵۰ میلی لیتر اسید بوریک ۲ درصد افزوده و نمونه با سرعت ۶ تا ۱۰ میلی لیتر در دقیقه تقطیر می شود. پس از اینکه حدود ۲۰۰ میلی لیتر از نمونه تقطیر شد، تا حجم ۵۰۰ میلی لیتر رقیق می شود و انتهای لوله مبرد خوب شستشو می گردد (با آب مقطر).

۳ تا ۵ قطره از مخلوط اندیکاتور به نمونه تقطیر شده افزوده می شود که آن بوسیله اسیدسولفوریک مطابق آنچه که در مورد نمونه گفته شد تهیه می شود. برای یک نمونه شاهد نیز بایستی مراحل فوق الذکر تکرار شود (آب مقطر).

$$\frac{\text{mg}}{\text{L}_{\text{N-NH}_3}} = \frac{(A - B) \times 0.28 \times 1000}{V}$$

A = میلی لیتر اسید مصرفی برای شاهد

B = میلی لیتر اسید مصرفی برای نمونه

V = میلی لیتر حجم نمونه اولیه

۷- تست oil

یکی از مهمترین آزمایشاتی که بر روی فاضلاب بعضی از صنایع مانند پالایشگاه انجام می شود اندازه گیری میزان نفت خام، روغنهای روان کننده، چربیها و گریس است.

مقدار مواد نفتی و چربی در فاضلاب می تواند توسط عمل استخراج با هگزان، کلروفرم و یا بنزن تعیین شود. چربیها و روغنهای دارای ساختمان استری می باشند که از ترکیب الکل یا گلیسرول با اسیدهای

چرب بدست می آیند. چربیها از مواد آلی پایداری هستند که توسط میکروبها به آسانی تجزیه نمی شوند. نفت و روغنهای روان ساز از تقطیر نفت خام بدست می آیند و شامل کربن و هیدروژن می باشند که از منابع مختلفی وارد فاضلاب می شوند و روی سطح پساب شناور می مانند.

روش کار :

یک ظرف یک لیتری ، که قبلاً با آب و صابون کاملاً تمیز شده است ، برای نمونه گیری انتخاب می شود. نمونه گیری باید بطور صحیح انجام شده و نشان دهنده مشخصات مجموعه فاضلاب باشد، زیرا طراحی بر اساس نمونه انجام می گیرد. در تست oil تمام مراحل آزمایش باید در ظرف نمونه گیری انجام شود. به نمونه یک لیتری ۲ تا ۵ سی سی اسید سولفوریک اضافه می شود سپس ۵۰ CC تتراکلرید کربن افزوده شده و ظرف محتوی نمونه به مدت ۲۰ دقیقه به آرامی تکان داده می شود. اکنون نمونه وارد یک قیف دکانته می گردد تا دو فاز کاملاً از هم جدا شوند.

فازی که شامل آب است دوباره به ظرف نمونه گیری برگردانده شده و مجدداً ۵۰ CC حلال به آن افزوده می گردد و عمل استخراج تکرار می شود. فازی که حاوی مواد نفتی است با عبور از کاغذ صافی و سولفات سدیم (به عنوان آبگیر) به یک ظرف که از قبل وزن شده است، منتقل می شود. بهمین ترتیب مواد نفتی استخراج شده از مرحله دوم نیز به ظرف اضافه می گردند. عمل استخراج می تواند در چند مرحله تکرار شود. ظرف محتوی حلال و مواد نفتی روی حمام آب جوش قرار گرفته تا حلال تبخیر شود، پس از خشک و خنک شدن ظرف با محاسبه اختلاف وزن ظرف می توان میزان oil را بر حسب میلی گرم بر لیتر گزارش نمود. ظرف به مدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه در یک کوره °C ۱۱۰ - ۱۰۵ قرار می گیرد تا خشک شود (آزمایش زیر ده میلی گرم بر لیتر دقتی ندارد و برای مقادیر کم از FTIR استفاده می شود).

$$10^3 \times (\text{وزن اولیه ظرف} - \text{وزن ثانوی ظرف}) = \text{oil موجود در نمونه} \left(\frac{\text{mg}}{\text{liter}} \right)$$

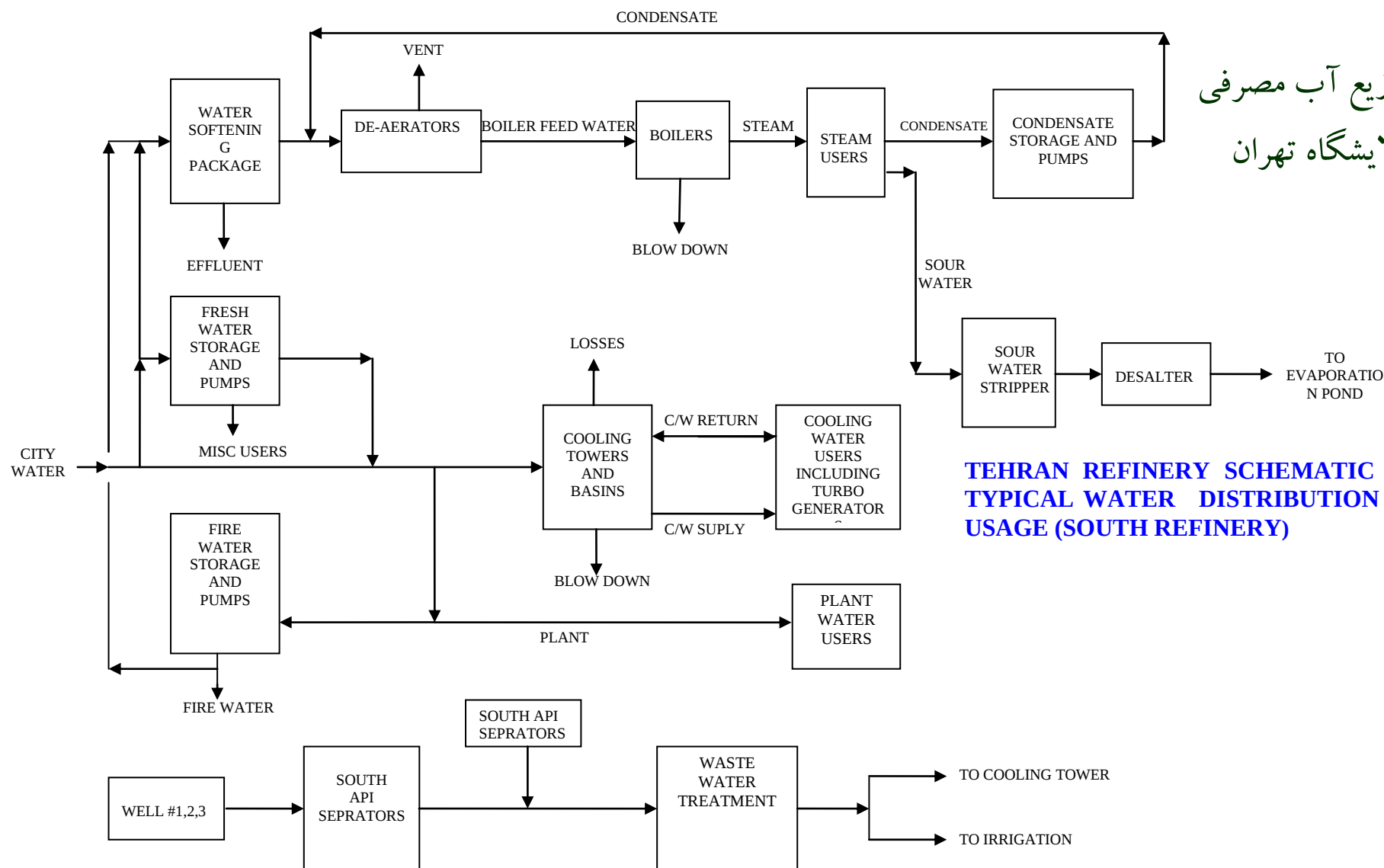
۸- آزمایش جار برای تعیین مناسبترین مقدار منعقد کننده:

برای انتخاب مناسبترین مقدار منعقد کننده ، از آزمایش جار استفاده می شود. آزمایش جار، با استفاده از یکسری ظروف شیشه ای هم شکل و هم اندازه که ظرفیت حداقل یک لیتر دارند انجام می شود. در حالت عادی، شش جار همراه با همزن هایی که محتوای هر جار را همزمان و با قدرت یکسان بهم می زنند، استفاده می شود. هر کدام از این شش جار بمیزان یک لیتر با آبی که کدورت، pH و قلیائیت آن قبلاً تعیین شده پر می شود. یک جار به عنوان کنترل استفاده می شود و به پنج جار باقیمانده مقادیر مختلف کوگولانت در pH های مختلف اضافه می شود تا زمانی که حداقل میزان کدورت باقیمانده بدست آید . بعد از اضافه کردن مواد شیمیایی، آب بمدت یک دقیقه برای اطمینان از پخش کامل مواد شیمیایی، سریعاً مخلوط می شود. برای ۱۵ تا ۲۰ دقیقه دیگر جهت تشکیل لخته ها این کار به آرامی ادامه پیدا می کند.

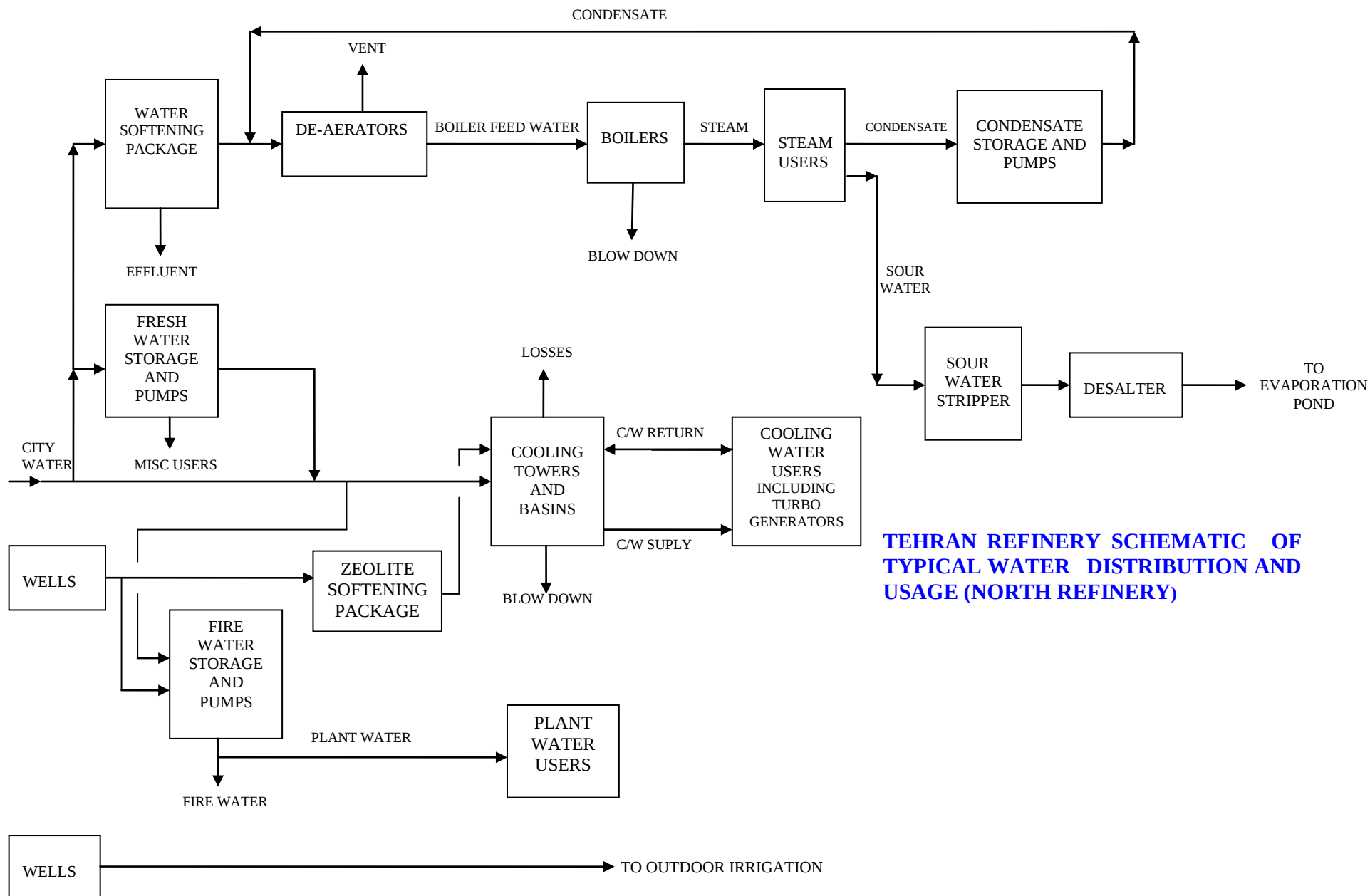
سپس به مدت ۳۰ دقیقه جهت ته نشینی یا زلال شدن، در حالت سکون قرار می‌گیرد و از آب، نمونه برداری شده و آزمایش کدورت بر روی آن انجام می‌شود. از نتایج آزمایش برای محاسبه نوع و مقدار کوگولانت لازم در تصفیه‌خانه استفاده می‌شود.

پیوست ۳

شبکه توزیع آب مصرفی
پالایشگاه تهران



TEHRAN REFINERY SCHEMATIC OF
TYPICAL WATER DISTRIBUTION AND
USAGE (SOUTH REFINERY)



سیستم 'PACT

در سال ۱۹۷۲ برای اولین بار، افزودن پودر کربن فعال به لجن فعال شده بمنظور حذف مواد آلی مقاوم به تجزئ بیولوژیکی در سطح آزمایشگاه ی انجام گرفت. پودر کربن فعال بمنظور کاهش COD و بهبود قابلیت ته نشینی لجن، اضافه گردید. این فرایند توسط Du.pont طراحی و توسط کمپانی Zimpro به صورت تجاری به بازار عرضه شده است.

الف- انواع و نحوه افزودن کربن فعال به سیستم

در عمل از پودر کربن فعال با پایه های مختلف از جمله لیگنیت^۲، چوب، زغال قیری^۳ و کک^۴، استفاده می شود. لازم به تذکر است که دانسیته، اندازه، اندازه سطح، حجم و قطر منافذ کربن اهمیت زیادی دارد. بررسی های بعمل آمده نشان می دهد که کربن با پای چوب بهترین نتیجه را داده و کربن لیگنیت از کک به تر است. در مواردی که تعداد مولکول های کوچک در پساب ها غالب هستند، کربن قیری که دارای خلل و فرج کوچکتر است و در مورد پساب های حاوی مولکول های بزرگ، لیگنیت کارایی بهتری دارد. کربن های با پایه های مختلف در مقابل شوکها، عکس العمل های متفاوتی نشان می دهند. مثلاً شوک های آلی، اثر منفی در کارائی واحد کربن پایه لیگنیت دارد در حالیکه کربن پایه چوب به علت داشتن ظرفیت جذب سطحی بیشتر، کارایی بیشتری دارد.

پودر کربن فعال را می توان در نقاط متفاوتی از جمله حوضچ^۵، هوادهی، مسیر لجن برگشتی، مسیر پساب ورودی یا کلاریفایر، بصورت منقطع یا مستمر و ب الاخره خشک یا مخلوط آبدار و متناسب با خوراک در هر زمانی از روز به سیستم اضافه نمود تا مقدار کربن خروجی از سیستم، که همراه با لجن تخلیه یا همراه پساب تصفیه شده خارج می شود، جبران گردد.

لازم به تذکر است که در مورد بعضی از پساب ها افزایش مداوم کربن لزومی ندارد و در نتیجه کربن باید در زمانهای مشخص، که پیکهای بار آلی و هیدرولیکی و مواد سمی زیاد است به سیستم اضافه شود. افزودن کربن به این صورت مخارج عملیاتی کمتری نسبت به افزایش مداوم دارد و تنها اشکال آن این

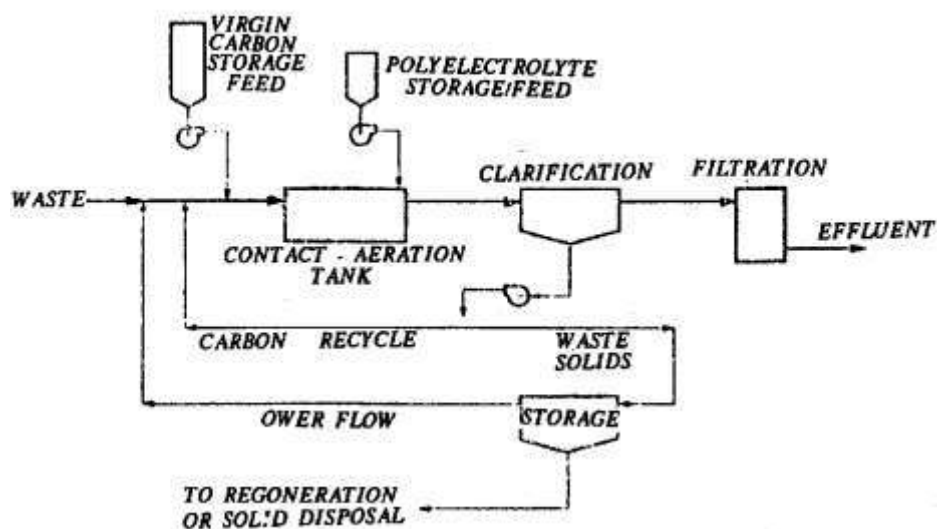
^۱ Powder Activated Carbon Technology

^۲ Lignite

^۳ Bituminous Coal

^۴ Coke

است که اگر پس از قطع افزودن کربن، بار آلی یا مواد سمی زیادی به سیستم تحمیل گردد و مقدار کربن موجود در لجن کم باشد، ممکن است سیستم به خطر بیفتد. در شکل زیر، نحوه افزودن پودر کربن فعال به سیستم نشان داده شده است.



نحوه افزودن پودر کربن فعال به سیستم

ب- تئوری حذف آلودگی توسط کربن فعال

ذرات کربن فعال، مواد آلی، اکسیژن و باکتریها را بخود جذب می کند و در محیط مساعدی واکنش تجزئ بیولوژیکی مواد آلی پیشرفت کرده و تکمیل می شود. اگرچه بسیاری از مواد آلوده کننده در سیستمهای متعارف، قابل تجزیه بیولوژیکی نمی باشد ولی ممکن است در اثر تماس طولانی تر با جرم بیولوژیکی تجزیه شوند زیرا از زمان جذب آلودگی توسط پودر کربن تا ته نشینی آنها همراه با لجن و تخلیه، ممکن است ساعتها تا روزها طول بکشد.

مکانیزمهای متعددی جهت حذف مواد آلی توسط پودر کربن فعال پیشنهاد شده است:

- مواد آلی که بهسادگی قابل تجزئ بیولوژیکی نیستند، به صورت جذب فیزیکی توسط کربن کاهش می یابند.

- مواد آلی با افزایش سرعت تجزیه بیولوژیکی باکتریهای چسبیده به پودر کربن فعال، یعنی حذف از طریق جذب و اکسیداسیون بیولوژیکی^۱ کاهش می یابند. به علت بالا بودن غلظت آلودگی روی سطح کربن، سرعت رشد میکروارگانیسمها زیاد است و تجرب نشان داده است که سینتیک حذف مواد آلی

^۱ Adsorption - Biooxidation

از نوع درجه اول می‌باشد. سرعت حذف مواد آلی در واحد تصفیه^۱ حاوی پودر کربن فعال، دو برابر واحد مشابه بدون پودر کربن فعال می‌باشد.

تجزیه و کاهش تعداد باکتریها از طریق جذب مواد شامل سه پدیده می‌باشد:

۱- افزایش فعالیت بیولوژیکی: توانایی پودر کربن فعال در افزایش فعالیت جذب و مصرف بیولوژیکی مواد آلی ممکن است از طریق این مکانیزم‌های مجزا صورت گیرد: افزایش غلظت مواد آلی در سطح پودر کربن فعال، جذب ترکیباتی که برای تصفیه بیولوژیکی سمی هستند و تغییرات و اصلاحات در میزان جمعیت باکتریها از طریق باکتریهای لخته‌نشده.

۲- احیای بیولوژیکی: مواد آلی جذب شده روی کربن ممکن است از طریق دفع سطحی^۱ مصرف توسط باکتریها جذب مستقیم شوند و یا تحت تأثیر مستقیم آنزیم‌ها^۲ حذف شوند. لازم به تذکر است که بعضی از آلودگی‌ها از قبیل فنل به علت تجزئ بیولوژیکی از سطح کربن حذف می‌شوند ولی ممکن است ترکیب پیچیده‌ای که میزان تجزئ بیولوژیکی آنها محدود است، باقی بمانند و در نتیجه احیاء بیولوژیکی پودر کربن بطور کامل انجام نشود.

۳- جذب محصول نهایی متابولیک: بررسی‌ها نشان داده است که قسمت اصلی و عمده^۳ مواد آلی باقیمانده در پساب خروجی از سیستم لجن فعال، ناشی از آلودگی اصلی نیست بلکه محصول نهایی متابولیک سنتز شده توسط توده بیولوژیکی می‌باشند. در نتیجه افزودن پودر کربن فعال باعث جذب این محصولات متابولیکی می‌شود و کیفیت پساب خروجی بهبود می‌یابد. لازم به تذکر است که محصول نهایی متابولیک، غیر قابل تجزئ بیولوژیکی است ولی در اثر تجمع آنها روی کربن و تغلیظ شدن، ممکن است به طریق بیولوژیکی مصرف شوند. [۴۶ و ۳۸]

ج- نقش فرآیند پودر کربن فعال در تصفیه پساب پالایشگاهی

یکی از روشهای متداول تصفیه پساب های صنایع پالایشگاهی و مجتمع های پتروشیمی، استفاده از سیستم‌های تصفیه بیولوژیکی به روش لجن فعال می‌باشد. با توجه به افزایش روزافزون مواد آلی جدید که تعداد بسیار زیادی از آنها قابل تجزیه بیولوژیکی نبوده یا به میزان کمی تجزیه می‌شوند، اخیراً استفاده از سیستم‌های لجن فعال همراه با کربن فعال جهت افزایش بازدهی سیستم تصفیه پساب پالایشگاهی متداول

^۱Desorption

^۲Direct enzymatic attack

شده است. در این راستا پروژه ای با هدف بررسی اثر این روش در پژوهشگاه صنعت نفت انجام شده است که نتایج حاصل از تحقیقات در زیر آورده شده است:

- ۱- با افزایش پودر کربن فعال به سیستم های لجن فعال پالایشگاه ها، می توان پساب را به کیفیت مطلوبی از نظر BOD، COD، مواد معلق، رنگ و بو رساند. در حالی که با روش های متعارف موجود، امکان چنین تصفیه ای وجود ندارد.
 - ۲- خاصیت ته نشینی لجن بهبود می یابد و از تورم لجن جلوگیری می شود و در نتیجه هزینه عملیات به علت کاهش میزان مصرف مواد منعقد کننده، پایین می آید.
 - ۳- ظرفیت واحدهای تصفیه پساب پالایشگاه ها بدون نیاز به سرمایه گذاری اولیه و یا تغییرات زیاد به نحو چشمگیری افزایش می یابد.
 - ۴- با تولید لجن غلیظ تر، هزینه های کنترل و جابجایی لجن کاهش یافته و بی آب کردن لجن آسان تر می شود.
 - ۵- به علت بالا بودن عمر لجن در این سیستم نیترات سازی به خوبی صورت می گیرد.
- علاوه بر این محققین دیگر ادعا نموده اند که نتایج زیر نیز حاصل می شود:
- مقاومت سیستم در مقابل تغییرات شدید بار آلی و بار هیدرولیکی افزایش می یابد.
 - بازدهی حذف آمونیاک و فسفر افزایش می یابد.
 - موادی از قبیل نفت و مواد شوینده که در مقابل تجزیه بیولوژیکی مقاوم هستند، جذب می شوند.
 - سیستم بیولوژیکی را در مقابل مواد سمی، مقاوم و مصون می سازد.
 - این روش قادر به کاهش بنزن، تولوئن، فنل و ترکیبات کلر و نیترا ته آنها، سموم دفع آفات و فلزات سنگین است.
- مقاومت سیستم را در برابر تغییرات زیاد و ناگهانی درجه حرارت افزایش می دهد. [۳۸]