فصل اول

مقدمه و تاریخچه

مقدمه

گسترش روز افزون جوامع بشری و پیشرفت در زمینه‌های صنعتی، هرچند که امتیازات ویژه ای بهمراه داشته است ولیکن مشکلات عدیده ای را نیز برای اجتماعات به ارمغان آورده است. یکی از این مشکلات ، فاضلاب حاصل از اماکن مسکونی و فعالیت واحدهای صنعتی می‌باشد. از آنجا که دفع غیر صحیح فاضلابهای خانگی و صنعتی اثرات نامطلوبی بر روی محیط زیست دارد، تصفیه هرچه کاملتر فاضلابها اهمیت بیشتری می‌یابد. فاضلابهای خانگی و از آن مهمتر فاضلابهای صنعتی بعلت داشتن مواد آلی و معدنی ، در صورت دفع در محیط باعث آلوده شدن آبهای سطحی و زیرزمینی گشته و در نتیجه استفاده مجدد از آب برای بهترین کاربرد آن با مشکل مواجه می‌گردد. همچنین استفاده از آب برای مصارف مختلف و نیاز شدید به آب در هر منطقه از ایران ، ما را برآن می‌دارد که از به هدر رفتن آب به هر شکل جلوگیری کرده و با تصفیه فاضلابهای خانگی و صنعتی که از حجم زیادی نیز برخوردار هستند در جهت تأمین آب مورد نیاز قدم برداریم.

حجم فاضلاب یک واحد صنعتی بستگی به عواملی همچون نوع محصول ، نحوه تولید ، ابزار و وسایل و ... بستگی دارد. از واحدهای صنعتی که دارای فاضلاب با حجم نسبتا" بالا و آلودگی بسیار شدید می‌باشند، واحدهای کشتاری گاو و گوشفند می‌باشند.در حال حاضر در اکثر شهرهای ایران کشتارگاهی جهت ذبح گاو و گوسفند وجود دارد. فاضلاب این کشتارگاهها بیشتر به چاهها ، رودخانه‌ها ، قنوات متروکه بدون کوچکترین عملیات تصفیه دفع می‌گردند و در بهترین حالت، فاضلاب پس از عبور از یک حوضچه ته نشینی ساده به محیط دفع می‌شود. علاوه بر اینکه آلودگی

معدنی و آلی از این طریق بوجود می‌آید، انتشار بیماریهای مشترک بین انسان و دام نیز از طریق دفع فاضلاب کشتارگاهها بعلت عدم رعایت مسائل بهداشتی وجود دارد.

تاکنون روشهای بیولوژیکی گوناگونی چه هوازی و غیر هوازی در رابطه با تصفیه فاضلابها بکار گرفته شده است. هر یک از این روشها از امتیازات و بعضا" معایبی برخوردار هستند. مثلا" روش هوازی (لجن فعال ، فیلترهای چکنده و ...) در تصفیه فاضلابهای خانگی و صنعتی دارای کارائی بالا در کاهش مواد آلی و معدنی موجود بوده و این خود یک مزیت عالی است. لیکن همین روش هوازی نیاز به وسایل هوادهی و مکانیکی در مراحل مختلف تصفیه دارد و ضمنا" با لجن زیادی که تولید می‌گردد مشکل هضم لجن آغاز کار است . در روش غیر هوازی تصفیه فاضلاب، هرچند که **BOD** پساب خروجی از واحد تصفیه کننده بیشتر از **BOD** پساب خروجی در روش هوازی است، ولی امتیازاتی از قبیل عدم نیاز به وسایل هوادهی ، لجن تولیدی بسیار کمتر ، تولید گاز متان قابل استفاده و ... برای روش غیر هوازی متصور می‌باشد. [۱]

تاریخچه تصفیه آب به روش صنعتی

بر اساس اطلاعات موجود و به نوشته **M.N.Baker** در کتاب " در جستجوی آب خالص و بهداشتی" قدمت این مقوله به دو هزار سال قبل از میلاد مسیح میرسد. اما آنچه از نقطه نظر تاریخی مدون شده به ۴۰۰ سال پس از میلاد مسیح تعلق دارد که در آن برای بهداشتی کردن آب ،

جوشانیدن آن بر روی آتش و یا فروکردن میله سرخ آهنی در درون آب را توصیه نموده است. گرم کردن آب بوسیله آفتاب و یا صاف نمودنش ، با عبور دادن آن از میان لایه‌های شنی نیز آمده است.

در کتاب مقدس تورات نیز درارتباط با چگونگی تصفیه آب آلوده در آن زمان تصویری از روش مبادله یونی ارائه شده ، عملا" از روشهای طبیعی مبادله یونی در آن موقع سخن به میان آمده است. این تصویر توسط داشگاه فیلادلفیا واقع در ایالت پنسیلوانیای آمریکا انتشار یافته وقدمتش را به مارس یا آوریل سال ۱۳۳۵ قبل از میلاد مسیح نسبت داده اند.

البته، روش صنعتی تصفیه آب در قرن نوزدهم و در زمان انقلاب صنعتی رشد و تکامل یافت و پایه‌های اصلی آن عملا" نضج گرفت.این صنعت، همزمان با بهره گیری از دیگ‌های بخار جهت تولید بخار ، به کار گرفته شد و شکل صنعتی به خود گرفت. عمدهء فعالیتهای اولیه به منظور تصفیه آبها برای رفع مشکلات دیگ‌های بخار بوده است.

Nodell آغاز این روش را به نخستین روزهای پیدایش ماشین وات و تمیزکردن دیگ بخار و پرکردن مجدد آن نسبت داده است. در همان زمان بر حسب اتفاق دریافتند که استفاده از سیب زمینی در دیگهای بخار کار جمع آوری لجن را راحت کرده و از چسبیدن رسوبات به جداره‌های دیگ جلوگیری می‌کند.

در سال ۱۸۵۷ اطلاعیه‌هایی در باره کنترل مقدار رسوبات با مواد آلی تانن دار، و نیز در سال ۱۹۶۲ استفاده از فسفات دی سدیک جهت جلوگیریاز ایجاد رسوب در دیگ بخار به ثبت رسیده است و از آن زمان همه روزه روش‌ها و مواد گوناگونی برای تصفیه‌های مختلف به ثبت میرسد.

از حدود یکصد سال پیش که رابطه بین اثر باکتریها و میکروبهای بیماریزا در واگیری و شیوع بیماریها آشکار گشت ، انسان به فکر پاکسازی آبهای آلوده افتاد.به عبارت دیگر تصفیه آبو فابضلاب در روند امروزی خود بیشتر در اثر پیشرفت علم زیست شناسی ، پزشکی و شیمی بوجود آمده است. به ویژه پس از جنگ جهانی دوم ، در نتیجه توسعه شهرها و صنایع، خطر آلودگی محیط زیست و در نتیجه نیاز به تصفیه فاضلاب با شدت بی سابقه ای افزایش یافت و همزمان با آن روشهای بسیاری برای تصفیه فاضلاب پیشنهاد و به کار گرفته شد. بویژه استفاده از فاضلاب برای آبیاری در کشاورزی به علت خاصیت کودی آن از یکصد سال پیش تا کنون در کشورهای اروپائی متداول بوده است.

در ایران نیز همانگونه که از گذشته به یاد داریم ، بیشتر فاضلابها بویژه فاضلاب توالت‌ها، لجن ته استخرها و ... به مصرف کشاورزی می‌رسید. ولی امروزه بواسطه آلودگی‌های ناشی از بوی بد، و تولید حشرات مثل پشه و ... در دیگر اکثر مناطق و حتی روستاها فاضلاب ناشی از توالتها و ... به مخازن زیرزمینی (چاهها) سرازیر شده و در اثر آمیخته شدن با پسآب حاصل از شستشوی ظروف و حمام‌های خانگی از ارزش این لجن‌ها برای استفاده در مصارف کشاورزی تا حد زیادی کاسته شده است.

علاوه بر پسآب‌های متداول ذکر شده با پیشرفت تکنولوژی هسته ای ، امروزه، پسآب حاصل از راکتورهای هسته ای که حاوی فلزات رادیواکتیو هستند و از آب اطراف راکتورها حاصل می‌شود، مشکلی اساسی بوده و بواسطه ماهیت ویژه چنین پسآب‌هایی، باید تسریع در تصفیه و حذف این مواد رادیواکتیو به عمل آید. یکی از روشهای متداول در تصفیه فلزات رادیواکتیو استفاده از مبادله کننده‌های یونی معدنی میباشد.

استفاده از زوائد کشاورزی برای گرفتن یون فلزات سنگین از دهه قبل بویژه مورد توجه قرار گرفته است. **Web and Leach** در ۱۹۷۱ کار خود را روی پشم تمییز و رنگ نشده برای جذب جیوه بر روی آن مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که پشم طبیعی و هم پشت عمل شده، تصفیه کننده‌های مؤثرتری نسبت به رزینهای سنتزی **Dowex ۱-A** و **Dowex ۱*۸** آزمایش شده برای جیوه می‌باشند. این دو محقق سپسبه مطالعه روی زوائد کشاورزی پرداختند و دریافتند که جذب جیوه توسط این مواد از پشم و مشتقات آن بیشتر است.

در ایران نیز در سال ۱۳۶۷ تحقیقی روی میزان جذب یون مس، سرب و کرم شش ظرفیتی ، روی خاک اره صورت گرفته و نتایج خوبی در پی داشته است.[۷]

فصل دوم

اهمیت تصفیه پساب‌های صنعتی

آب و پساب در صنعت

صنایع حجمهای بزرگی از آب را در عملیات کمکی و شستشو و ... و فرآیندهای ویژه خود مصـرف می‌کنند. تناژ مصرف آب در کارخانه‌های مواد غذائی ساخت کاغذ و شـیمیایی از همـه بـالاتر اسـت و ۹۳٪ آن به پساب تبدیل میشود. ۵۰ milian gal/day بعضی کارخانه‌ها مصرف مـی‌کننـد. ۶۰٪ آب مورد نیاز از پساب گرفته شده ، ۴۰٪ تازه وارد میشود و بیش از ۷٪ مصرف و تبخیر نمی شود.

مقدار آب لازم برای بعضی صنایع

Industry	Unit of Production	Gallen Per Unit
Beet Sugar (چغندر قند)	Ton of beets	۷۰۰۰
Meat	ton	۱۳۰۰-۴۰۰۰
Automobile	Vehicle	۱۰۰۰۰
Cotton Goods	۱۰۰ eb	۲۰۰۰۰
Leather	۱۰۰ ft^2	۶۴۰۰۰
Paper	ton	۲۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰
Steel	ton	۱۵۰۰۰-۵۰۰۰۰
پالایشگاه نفت	بشکه	۳۰۰۰

در بسیاری از صنایع ۱۰۰٪ آب لازم جهت خنک کردن استفاده میشود.(صنایع برق)

پساب صنعتی *(Industrial Wastewater)*

پسابهای صنعتی بر حسب منشأ و نوع صنعت به دو طبقه کلی تقسیم می‌شوند:

۱) آنهایی که دارای آلودگی معدنی هستند. مثل صنایع معدنی

۲) آنهایی که دارای آلودگی آلی هستند. مثل صنایع نفت و مواد غذایی

علاوه بر اینها هر صنعتی ناخالصی در پساب خود دارد و لذا روش‌های تصفیه متفاوت است.

نوع پساب	ناخالصیهای اصلی
پالایشگاه‌های نفت	نفت و محصولات نفتی، اسیدهای نفتنیک، مرکاپتانها، سولفیدها،هالوژنها، فنل‌ها
صنعت تولید کک	پیریدین، هیدروکربنها، اسیدهای چرب، آمونیاک
صنایع تولید خمیر کاغذ و کاغذ	لیگنین، سولفونیک اسید، مرکاپتانها، الکلها، کتونها، آلدئیدها، مواد معلق آلی
صنایع تولید رنگ	اسیدهای معدنی، ترکیبات نیترو، فنولها، بقایای رنگ و رنگدانه‌ها که در آب حل نمی شوند.
صنایع تولید پلاستیک	الکلها، هیروکربنها، آلدئیدها

تصفیه تا میزانی صورت می‌گیرد که آلاینده به حد مجاز خود برسد و باید معیاری برای اندازه گیری آنها وجود داشته باشد.

- مقدار مجاز برای اسیدهای معدنی----------۳۰ ppm
- مقدار مجاز برای فنل‌ها----------۰.۰۰۲ppm
- مقدار مجاز برای مرکاپتانها----------۲.۵ppm
- مقدار مجاز برای H_2S----------۱-۳ppm
- مقدار مجاز برای نفتنیک اسید----------۰.۲ppm
- مقدار مجاز برای SO_2 ----------۰.۱-۰.۵ppm

استفاده مجدد از پساب تصفیه شده جهت :

۱) مصارف شهری (آشامیدنی)

۲) مصرف صنعتی ، خصوصا" برای Cooling . ولی اگر برای Boiler مصرف شود باید بیشتر تصفیه شود.

۳) مصارف شستشوی زمینی و خنک کردن

CL< ۱۷۵ ppm

PH = ۶.۸-۸.۵

مواد معلق< ۲۵ ppm

BOD < ۳۰ ppm

۴) استفاده کشاورزی و فضای سبز

یونهای سدیم و منیزیوم و کلسیم و پتاسیم باعث ترک خوردگی زمین میشوند.

مجاز برای کشاورزی: Na * ۱۰۰ / (Na + Mg + Ca + K) <= ۵۰-۶۰

استاندارد آب کشاورزی : آب مطلوب برای زراعت برای بعضی از محصولات حساس به نمک مناسب نیست.اثر منفی بر بسیاری از محصولات وارد می‌کند. آب خیلی شور را می‌توان برای صیفی کاری استفاده کرد.

عواملی که باید در تصفیه پسابها در نظر گرفت :

۱) مقدار پساب تولید شده در ۲۴ ساعت با جریان حداکثر فاضلاب

۲) نوع آلودگی که هر یک تصفیه مخصوص نیاز دارد.

۳) میزان آلودگی که بیشتر منظور مواد آلی محلول در فاضلاب (BOD)است.

۴) وضع جغرافیای محل

مقدار مجاز برای آب مزروعی (عناصر محلول)

عناصر	مقدار مجاز (ppm)
Al	۱
As	۱
Be	۰/۵
B	۰/۷۵
Co	۰/۲
Cu	۰/۲
Pb	۵
Li	۵
Mn	۲
Mo	۰/۰۰۵
Ni	۰/۵
Se	۰/۰۵
V	۱۰

پارامترهای مهم

۱- اندازه گیری جریان فاضلاب

۱-۱- روش تخلیه مستقیم در آزمایشگاه و در جایی که جریان کم است .

۱-۲- Velocity Area : سرعت خطی را اندازه گرفته و در سطح مقطع ضرب می‌کنیم تا دبی بدست آید.

۲- اندازه مواد جامد (TS (Total Solid

۳- اندازه مواد قابل ته نشینی

بدو روش وزنی و حجمی انجام می‌شود :

روش وزنی : وزن لجن موجود در یک لیتر آب را پس از عبور دادن از کاغذ صافی و خشک کردن در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد اندازه می‌گیریم .

روش حجمی : به کمک یک قیف ته نشینی به نام ایمهاف از فاضلاب پر کرده و یک ساعت بماند.

۴- تعیین قلیائیت :

۴-۱- قلیائیت کل بر حسب ppm $CaCo_3$ بیان می‌شود و برابر است با تعداد میلی لیترهای اسید سولفوریک ۵۰ / N که در مجاور معرف متیل اورانژ برای خنثی سازی یک لیتر فاضلاب صاف شده مصرف می‌شود.

۴-۲- قلیائیت هیدروکسید : بر حسب ppm $CaCo_3$ عبارتست از تعداد میلی لیترهای اسید سولفوریک ۵۰ / N که در مجاور فنل فتالئین برای خنثی سازی فاضلاب صاف شده لازم است .

قلیائیت بیشتر در فاضلابهای خانگی است که مفید است چون اسیدهای ناشی از فعالیت میکروارگانیسمها را کاهش می‌دهند.

گازهای موجود در فاضلاب :

شامل CH_3SH, CH_4, NH_4, H_2S, CO, O_2 , N_2 ، سولفید و دی سولفید می‌باشند.

۵- اندازه گیری مواد آلی

۱) برای تصفیه بسیار مهم است و برای کنترل میزان آلودگی بار فاضلابهاست . مواد آلی را میتوان بکمک هوادهی و میکروارگانیسمهای هوازی به CO_2 و آب و مواد معدنی پایدار مثل نیترات و فسفات تبدیل نمود. میزان اکسیژن لازم جهت اکسیداسیون بیولوژیکی عبارتند از :

Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Chemical Oxygen Demand (COD)

Total Organic Carbon (TOC)

Total Oxygen Demand (TOD)

Theorical Oxygen Demand (THOD)

BOD : مقدار اکسیژن به ppm که برای اکسیداسیون بیولوژیکی پساب توسط باکتریهای هوازی و تبدیل مواد آلی به CO_2 و آب در ۲۰ درجه سانتیگراد. این پارامتر هم برای فاضلاب و هم برای آب صنعتی بکار میرود. (BOD پس از ۵ روز زمان ماندن) یک فرآیند آهسته است که از نظر تئوری برای کامل شدن به زمان بی نهایت لازم دارد ولی در ۵ روز حذف مواد آلی بکمک میکروارگانیزمها بصورت نمایی می‌باشد.

۶-عوامل مؤثر بر غلظت O_2 محلول در آب :

۶-۱- فتوسنتز باعث افزایش غلظت O_2 می‌شود مواد سبزینه دار داخل آب در مجاور نور تنفس کرده O_2 تولید می‌کنند. (از ۶ صبح تا ۶ بعدالظهر فعال است.)

۶-۲- تنفس آبزیان (مصرف O_2)

۶-۳- هوادهی مجدد در اثر تلاطم باعث افزایش O_2 می‌شود.

۷- (Chemical Oxygen Demand) COD :

همیشه از BOD بیشتر است چون اکسیداسیون شیمیایی است.

Ppm.COD اکسیژن لازم برای اکسیدشدن مواد آلی فاضلاب توسط یک اکسیدکننده شیمیایی.

(مانند $K_2Cr_2O_7$)

۸- TOC

اندازه گیری کربن مواد آلی توسط سوزاندن آنها در کوره الکتریکی و اندازه گیری CO_2 حاصل در مجاورت کاتالیزورها (اکسید فلزات CuO) بوسیله IRspectroscopy

۹- THOD

۱) مواد آلی ازت دار + O➔ آمونیاک $+ Co_2+H_2O$

۲) $NH_3+O \rightarrow HNO_2+H_2O$

۳) $HNO_2+O \rightarrow HNO_3$

از نظر مقدار :

$$THOD>COD>BOD_5>TOC$$

فصل سوم

استاندارد خروجی فاضلابها

الف- تعاریف

این استاندارد با استناد ماده ۵ آئین نامه جلوگیری از آلودگی آب و با توجه به ماده سه همین آئین نامه و با همکاری وزارتخانه‌های بهداشت درمان و آموزش پزشکی، نیرو، صنایع معادن و فلزات ، کشور و کشاورزی توسط سازمان حفاظت محیط زیست تهیه و تدوین گردیده است. در این استاندارد تعاریف و اصطلاحاتی که بکار رفته است بشرح ذیل می‌باشد :

آب سطحی : عبارتست از آبهای جاری فصلی یا دائمی، دریاچه‌های طبیعی یا مصنوعی و تالابها

چاه جذب : عبارتست از حفره یا گودالی که قابلیت جذب داشته و کف آن تا بالاترین سطح ایستابی حداقل ۳ متر فاصله داشته باشد.

ترانشه جذبی : عبارتست از مجموعه ای از کانالهای افقی که فاضلاب بمنظور جذب در زمین به آنها تخلیه شده و فاصله کف آنها از بالاترین سطح ایستابی حداقل ۳ متر باشد.

کنار گذر : کانالی است که فاضلاب را بدون عبور از بخشی از تصفیه خانه یا کل آن به تخش دیگر و یا کانال خروجی هدایت کند.

نمونه مرکب : عبارتست از تهیه یک نمونه ۲۴ ساعته از نمونه‌هایی که با فواصل زمانی حداکثر ۴ ساعت تهیه شده اند.

ب- ملاحظات کلی

۱- تخلیه فاضلابها، باید بر اساس استانداردهایی باشد که بصورت حداکثر غلظت آلوده کننده‌ها بیان می‌شود و رعایت این استانداردها تحت نظارت سازمان حفاظت محیط زیست ضروریست.

۲- مسئولین منابع آلوده کننده باید فاضلابهای تولیدی را با بررسی‌های مهندسی و استفاده از تکنولوژی مناسب و اقتصادی تا حد استانداردها تصفیه نماید.

۳- اندازه گیری غلظت مواد آلوده کننده و مقدار جریان در فاضلابها باید بلافاصله پس از آخرین واحد تصفیه ای تصفیه خانه و قبل از ورود به محیط انجام گیرد.

۴- اندازه گیری جهت تطبیق با استانداردهای اعلام شده قبل از تأسیسات تصفیه فاضلاب باید بر مبنای نمونه مرکب صورت گیرد. در سیستم‌هائیکه تخلیه ناپیوسته دارند اندازه گیری در طول زمان تخلیه ملاک خواهد بود.

۵- لجن و سایر مواد جامد تولید شده در تأسیسات تصفیه فاضلاب قبل از دفع بایستی بصورت مناسب تصفیه شده و تخلیه نهایی این مواد نباید موجب آلودگی محیط زیست گردد.

۶- فاضلاب تصفیه شده باید با شرایط یکنواخت و بنحوی وارد آبهای پذیرنده گردد که حداکثر اختلاط صورت گیرد.

۷- فاضلاب خروجی نبایستی دارای بوی نامطبوع بوده و حاوی کف و اجسام شناور باشد.

۸- رنگ و کدورت فاضلاب خروجی نباید ظواهر طبیعی آبهای پذیرنده . محل تخلیه را بطور محسوس تغییر دهد.

۹- روشهای سنجش پارامترهای آلوده کننده بر مبنای روشهای ذکر شده در کتاب **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water** خواهد بود.

۱۰- استفاده از سیستم سپتیک تانک و ایمهوف تانک با بکارگیری چاهها و یا ترانشه‌های جذبی در مناطقی که فاصله کف چاه یا ترانشه ازسطح آبهای زیرزمینی کمتر از ۳ متر می‌باشد ممنوع است.

۱۱- ضمن رعایت استانداردهای مربوطه خروجی فاضلابها نباید کیفیت آب را برای استفاده‌های منظور شده تغییر دهد.

۱۲- رقیق کردن فاضلاب تصفیه شده یا خام بمنظور رسانیدن غلظت مواد آلوده کننده تا حد استانداردهای اعلام شده قابل قبول نمی باشد.

۱۳- استفاده از روشهای تبخیر فاضلابها با کسب موافقت سازمان حفاظت محیط زیست مجاز است.

۱۴- استفاده از کنارگذر ممنوع است، کنار گذرهائیکه صرفا" جهت رفع اشکال واحدهای تصفیه ای بکار رفته و یا در زمان جمع آوری توأم فاضلاب شهری و آب باران مورد استفاده قرار می‌گیرند مجاز است.

۱۵- تآسیسات تصفیه فاضلاب بایستی بگونه ای طراحی ، احداث و بهره برداری گردد تا پیش بینی‌های لازم جهت به حداقل رسانیدن آلودگی در مواقع اضطراری از قبیل شرایط آب و هوایی نامناسب، قطع برق ، نارسایی تجهیزات مکانیکی و ... فراهم گردد.

۱۶- آندسته از فاضلابهای صنعتی که آلودگی آنها بیش از این استانداردها نباشد می‌تواند فاضلاب خود را با کسب موافقت سازمان بدون تصفیه دفع نمایند.

ج- جدول استاندارد خروجی فاضلابها

شماره	مواد آلوده کننده	تخلیه به آبهای سطحی mg/l	تخلیه به چاه جاذب mg/l	مصارف کشاورزی و آبیاری mg/l
۱	نقره **Ag**	۱	۰/۱	۰/۱
۲	آلومینیوم **Al**	۵	۵	۵
۳	آرسنیک **As**	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۴	کلسیم **Ca**	۷۵	–	–
۵	کلر آزاد **Cl**	۱	۱	۰/۲
۶	کلراید **Cl^-**	۶۰۰ (تبصره یک)	۶۰۰ (تبصره دو)	۶۰۰
۷	سیانور **CN**	۰/۵	۰/۱	۰/۱
۸	مس **Cu**	۱	۱	۰/۲
۹	فلوراید **F**	۲/۵	۲	۲
۱۰	آهن **Fe**	۳	۳	۳
۱۱	جیوه **Hg**	ناچیز	ناچیز	ناچیز
۱۲	منیزیوم **Mg**	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۳	نیتریت بر حسب **NO_2**	۱۰	۱۰	–
۱۴	نیترات بر حسب **NO_3**	۵۰	۱۰	–
۱۵	فسفات بر حسب فسفر	۶	۶	–
۱۶	دترجنت **ABS**	۱/۵	۰/۵	۰/۵
۱۷	بی.او.دی (تبصره سه) **BOD_5**	۳۰ (لحظه ای ۵۰)	۳۰ (لحظه ای ۵۰)	۱۰۰
۱۸	سی.او.دی (تبصره سه) **COD**	۶۰ (لحظه ای ۱۰۰)	۶۰ (لحظه ای ۱۰۰)	۲۰۰
۱۹	اکسیژن محلول (حداقل) **DO**	۲	–	۲
۲۰	مجموع مواد جامد محلول **TDS**	(تبصره یک)	(تبصره دو)	–
۲۱	مجموع مواد جامد معلق **TSS**	۴۰ (لحظه ای ۶۰)	–	۱۰۰
۲۲	مواد قابل ته نشینی **SS**	۰	–	–
۲۳	**PH** (حدود)	۶/۵-۸/۵	۵-۹	۶-۸/۵
۲۴	مواد رادیواکتیو	۰	۰	۰
۲۵	کدورت(واحد کدورت)	۵۰	–	۵۰
۲۶	رنگ (واحد رنگ)	۷۵	۷۵	۷۵
۲۷	درجه حرارت **T**	(تبصره ۴)	–	–

۲۸	تخم انگل	-	-	(تبصره ۵)

تبصره یک : تخلیه با غلظت بیش از میزان مشخص شده در جدول در صورتی مجاز خواهد بود که پساب خروجی ، غلظت کلراید، سولفات و مواد محلول منبع پذیرنده را در شعاع ۲۰۰ متـری بـیش از ۱۰٪ افزایش ندهد.

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

تبصره سه : صنایع موجود مجاز خواهند بود BOD_5 و **COD** را حداقل ۹۰٪ کاهش دهند.

تبصره چهار : درجه حرارت باید بمیزانی باشد که بیش از ۳ درجه سانتیگراد در شعاع ۲۰۰ متـری محل ورود آن ، درجه حرارت منبع پذیرنده را افزایش یا کاهش ندهد.

تبصره پنج : تعداد تخم انگل (نماتد) در فاضلاب تصفیه شده شهری در صورت استفاده از آن جهت آبیاری محصولاتیکه بصورت خام مورد مصرف قرار می‌گیرد نباید بیش از یک عدد در لیتر باشد.

میزان تولید فاضلاب برخی کارخانجات مختلف[۷]

صنایع	نوع کارخانه	واحد تولید یا مصرف	M^3 مقدار فاضلاب برای هر واحد تولید یا مصرف
صنایع شیمیایی	داروسازی	یک تن دارو	۵۰
	صابون سازی و تهیه پودر لباس شویی	یک تن صابون	۱۵
	لاستیک سازی	یک تن لاستیک	۱۰۰
	پلاستیک سازی	یک تن پلاستیک	۵۰۰

	شیشه و چینی سازی	یک تن شیشه یا چینی	۳-۳۸
صنایع ذوب آهن	تهیه سنگ آهن	یک متر مکعب سنگ	۱۶
	کوره ذوب آهن	یک تن فولاد خام	۶۵-۲۲۰
	ریخته گری ذوب آهن	یک تن آهن ریخته شده	۳-۸
	نورد ذوب آهن	یک تن فولاد تولیدی	۸-۵۰
صنایع چوبی و کاغذ سازی	کاغذ سازی	یک تن کاغذ	۱۲۵ -۱۰۰۰
	تولید محصولات چوبی	یک متر مکعب چوب	۴
	چاپخانه‌ها	هر نفر کارگر	۰/۱۲
صنایع نساجی و چوب سازی	دباغی	یک تن پوست	۴۰-۶۰
	رنگرزی	یک تن پارچه	۲۰-۷۰
	رختشویی	یک تن پارچه	۵۰-۱۰۰
صنایع غذایی	شیر سازی	۱۰۰۰ لیترشیر	۴-۶
	شیر سازی همراه با پنیر سازی	۱۰۰۰ لیتر شیر	۱۰
	شیرینی سازی	یک تن شیرینی	۶-۲۶
	قند و شکر	یک تن چغندر قند	۱۰-۲۰
	آبجوسازی	۱۰۰۰ لیتر آبجو	۵-۲۰
	کنسرو میوه	یک تن کنسرو	۴-۱۴
	روغن نباتی	یک تن روغن	۲۰
	نشاسته سازی	یک تن ذرت	۱/۵-۸

فصل چهارم

انواع روشهای تصفیه فاضلاب

۱- روشهای تصفیه فیزیکی

شامل آشغالگیری (**Screening**) ، دانه گیری (**Grit Chamber**) ، یکنواخت سازی (**Equalization**)، جذب فیزیکی سطح جامد (**Adsorption**) و نهایتا" ته نشینی ساده (**Sedimentation**) میباشد.

۲- روشهای تصفیه شیمیائی

مشتمل بر خنثی سازی (**Neutralization**)، انعقاد و لخته سازی تبادل یونی و جذب شیمیایی.

۳- روشهای تصفیه بیولوژیکی

شامل تصفیه هوازی و بی هوازی.

تقسیم بندی روشهای تصفیه فاضلاب بر اساس درجه فعالیت و بازدهی

۱- تصفیه مقدماتی یا اولیه (**Primary Treatment**) که در بر گیرنده اکثر روشهای تصفیه فیزیکی میباشد.

۲- تصفیه متداول و یا ثانویه (**Secondery Treatment**) که دربرگیرنده اکثر روشهای تصفیه شیمیایی و بیولوژیکی میباشد.

۳- تصفیه پیشرفته و یا مرحله سوم (**Teritary Treatment**) که ترکیبی از فرآیندهای تصفیه شیمیایی و بیولوژیکی است.[۳]

روشهای متداول تصفیه فاضلاب صنعتی

با توجه به ویژگیها و مشخصات فاضلابهای صنعتی و وجود پارامترهـای گسـترده تـری نسـبت بـه فاضلاب شهری، انتخاب فرآیندهای تصفیه فاضلاب از ویژگی خاصی برخوردار است.از پارامترهای مهم در فاضلابهای صنعتی وجود ترکیبات رنگی، مواد سنگین و پچیده ، باز آلی بالا و آلاینده‌های خطرناک و سمی است که نیز به استفاده از فرآیندهای مختلف به خصوص استفاده از فرآیندهای شیمیایی را در برخی موارد اجتناب ناپذیر می‌نماید. لذا انتخاب نوع فرآیند با توجه به ویژگیهای هر صـنعت متفـاوت است که به اختصار برخی از این فرآیندها توضیح داده می‌شود.

۱- تصفیه فیزیکی – شیمیایی

یکی از مشکلات عمده فاضلابهای صنعتی وجود ترکیبات پیچیده و آلاینده‌های متفاوت اسـت کـه در مدت زمان کوتاه قابل تجزیه بوسیله طبیعت نبـوده و خطـرات فراوانـی را بـرای محـیط زیسـت و محیط‌های آبی پذیر بوجود می‌آورند. این مواد حتی برای میکروارگانیسم‌ها و موجودات تجزیه کننـده مضر بوده و گاها" باعث از بین رفتن و کاهش قدرت تکثیر و رشد آنها نیز می‌شوند. لذا بـرای تصـفیه مطلوب ازاین پسآب‌ها بایستی شرایطی بوجود آید تا فرآیندهای بیولوژیکی بـه راحتـی بتواننـد عمـل نمایند. به همین منظور استفاده ازفرآیندهای فیزیکی – شیمیایی به عنوان پیش تصفیه بیولوژیکی در اکثر فاضلابهای صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

فرآیندهای فیزیکی – شیمیایی که به طور معمول کاربرد دارند عبارتند از:

- ته نشینی ثقلی

- شناور سازی

- فیلتراسیون یا صافی

- جذب سطحی

- انعقاد و لخته سازی

- اکسیداسیون و احیا

- تبادل یونی و ...

استفاده از فرآیندهای فیزیکی-شیمیایی یکی از روشهای مهم در تصفیه فاضلاب صنایع سلولزی است که در اغلب کشورها با توجه به راحتی این فرآیندهای بیولوژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۱- فرآیند انعقاد و لخته سازی:

هدف اصلی از انعقاد ، ته نشینی مواد معلق سبک شامل مواد کلوئیدی و مواد نیمه محلول است که با استفاده از برخی مواد شیمیایی و تبدیل آنها به لخته‌های بزرگتر صورت می‌گیرد، تا این لخته‌ها دراثر وزن خود ته نشین شوند. از مهم ترین مواد منعقد کننده می‌توان به پلیمرهای طبیعی و مصنوعی (کیتوزان ، **PAM** ، **HE** و...) سولفات آلومینوم ، سولفات آهن و ، خاک رس و آهک را اشاره کرد.

ذرات کلوئیدی عموما" به جامدات غیر محلول در محیط مایع اطلاق میشود که دارای بار الکتریکی بوده و به سختی قابل رؤیت هستند. این ذرات عموما" دارای بار الکتریکی منفی بوده و قطری معادل (۰.۰۰۱-۰.۱) دارند. با توجه به ریز بودن و داشتن بار الکتریکی به راحتی از صافی‌ها عبور کرده و به

سختی نیز ته نشین می‌شوند، لذا با توجه به زمان ماند بالا برایته نشینی این ذرات بایستی در ابتدا این مواد را بی بار کرد تا با جذب این ذرات به همدیگر (ایجاد لخته) قابلیت ته نشینی آنها بالا برده شود.

۱-۲- مکانیسم انعقاد

امروزه از مواد مختلف شیمیایی ، طبیعی و پلیمری برای فرآیند انعقاد استفاده می‌شود. از جمله مواد مصرفی به عنوان منعقد کننده آلوم به فرمول $AL_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ میباشد که با قلیائیت موجود در آب ترکیب شده و ایجاد یون AL^{+3} مینماید. یونهای AL^{+3} بار منفی ذرات کلوئیدی را خنثی کرده و باعث انعقاد ذرات میشوند.

به طور کلی به علت پیچیدگی واکنشهای شیمیایی، شناخت چندانی در خصوص مکانیسم فرآیند انعقاد وجود ندارد و این فرآیند به طور کامل شناخته شده نیست ، ولی با توجه به پیشرفتهای اخیر در این مکانیسم می‌توان آن را در چهار مرحله به صورت زیر خلاصه نمود:

الف- متراکم شدن لایه دوبل الکتریکی

ب- جذب سطحی و خنثی سازی بار

ج- به دام افتادن ذرات در یک رسوب

د- جدب سطحی و ایجاد پل شیمیایی بین ذرات

به علت پیچیدگی واکنشها، پژوهشها و تجربیات مختلفی در این زمینه انجام شده است. دو روش برای تعیین PH و میزان منعقد کننده بهینه مورد توجه قرار گرفته است که عبارتند از:

۱- کنترل پتانسیل زتا که توسط **Riddick** پیشنهاد شد. و در آن از منعقد کننده جهت صفر کردن پتانسیل زتا (۱) استفاده میشود.

۲- آزمایش جار که در آن **PH** و مقدار مصرف منعقد کننده برای ایجاد شرایط بهینه مختلف است.

با توجه به کاربرد آزمایش جار در اکثر موارد آزمایشگاهی این روش توضیح داده می‌شود:

- آزمایش جار (۲):

با توجه به پیشرفتهای اخیر در خصوص مکانیسم فرآیند انعقاد، هنوز هم بهترین و ساده ترین روش آزمایشگاهی برای تعیین نوع و مقدار مصرف بهترین منعقد کننده استفاده از آزمایش جار می‌باشد.

در آزمایش جار با استفاده از یک سری میله‌های همزن ، محتوای یک سری ظروف شیشه ای هم شکل و هم اندازه که کیفیت آنها از قبل اندازه گیری شده هم زده میشود، در هر آزمایش یک ظرف نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته میشود. بعد از اضافه کردن مواد شیمیایی ، پساب به سرعت ، به مدت یک دقیقه برای اطمینان از پخش کامل مواد شیمیایی مخلوط میشود ، این مرحله را انعقاد می‌نامند.

پس از آن عمل اختلاط کامل به مدت ۱۵ تا ۳۰ دقیقه دیگر جهت تولید ذرات درشت تر و با قابلیت ته نشینی بالا به آرامی ادامه پیدا میکند که این مرحله را لخته سازی می‌نامند. در طی این مرحله تشکیل لخته را میتوان مشاهده نمود. بعد از این دو مرحله، محلول به مدت ۳۰ دقیقه به

منظور به نشینی لختهها و شفافیت به حال خود گذاشته میشود تا قدرت ته نشـینی و مقـدار لجـن و شفافیت زلال آب پساب مورد نظر ، تحت آزمایش قرار گیرد.

این عمل را چندین بار در **PH**های مختلف و غلظتهای مختلف انجام داده تـا در نهایـت بهتـرین شرایط عملکرد تعیین شود. از جمله عوامل مؤثر در آزمایش جار شرایط مخلوط شدن ، ویسـکوزیته ، **PH** ، دما ، کدورت پساب ، نوع و مقدار منعقد کننده و دور همزن میباشند که میتوانند در نوع عمل انعقاد و ذره سازی مؤثر باشند.

۱-۳- مواد منعقد کننده:

مواد منعقد کننده مورد استفاده در آب و فاضلاب علاوه بر دارا بودن قدرت انعقاد بایسـتی از نظـر اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشند و مشکلاتی از نظر مسـمومیت ، ایجـاد ترکیبـات مضـر ، افـزایش املاح ناخواسته و ... برای آبهای پذیرنده را نداشته باشند. رایج ترین این مواد در جدول ۱ نشـان داده شده است.

جدول ۱ : مواد شیمیایی مورد استفاده در تصفیه فاضلاب

ماده شیمیایی	فرمول	وزن مولکولی	چگالی (lb/ft۳) خشک	چگالی (lb/ft۳) تر
زاج – آلوم	$Al_2(SO_4)_3.14H_2O$	۵۹۴.۳	۶۰-۷۵	۸۳-۸۵
	$Al_2(SO_4)_3.18H_2O$	۶۶۶.۷	۶۰-۷۵	۷۸-۸۰
کلرید آهن	$FeCl_3$	۱۶۲.۱	——	۸۴-۹۳
سولفات آهن (II)	$Fe_2(SO_4)_3$	۴۰۰	——	——
	$Fe_2(SO_4)_3.3H_2O$	۴۵۴	۷۰-۷۲	——
سولفات آهن (III)	$FeSO_4.7H_2O$	۲۷۸	۶۱-۶۲	——
آهک	$Ca(OH)_2$	۵۶ به	۳۵-۵۰	——

		شکل CaO		

توجه : kg/m^3=۱۶.۰۸۵ Lb/ft^3

علاوه بر مواد منعقد کننده برخی مواد به عنوان کمک منعقد کننده وجود دارند که در غلظت‌های بسیار کم در مرحله انعقاد یا لخته سازی اضافه شده و باعث تسریع در عمل انعقاد و کارایی این فرآیند می‌شوند. این مواد را میتوان به صورت زیر دسته بندی نمود:

- اکسید کننده‌ها نظیر ازن
- مواد سنگین کننده مثل خاک رس و بنتونیت
- سیلیس فعال
- پلی الکترولیتها (آنیونی-کاتیونی-غیر یونی)

لازم به ذکر است هر منعقد کننده در **PH** خاصی عملکرد بهتری را از خود نشان میدهد که در جدول ۲ برخی از این منعقد کننده‌ها و **PH** مؤثر آنها آمده است.

جدول ۲: محدوده **PH** مؤثر برخی از منعقد کننده‌های شیمیایی

منعقد کننده	محدوده **PH** مؤثر
آهک	در اکثر **PH** مؤثر ولی در **PH** قلیایی مؤثرتر
آلوم	۵.۵-۸.۵
کلرید آهن	۴-۱۱
سولفات آهن(**II**)	بالای ۹.۵
سولفات آهن(**III**)	(۸.۸-۹.۲) **&** (۴-۶)

۲- تصفیه بیولوژیکی

به طور کلی در اکثر موارد میتوان انواع فاضلاب را به روش بیولوژیکی تصفیه نمود. هدف عمده از تصفیه بیولوژیکی فاضلاب جدا کردن مواد جامد کلوئیدی می‌باشد. و تغییر در ترکیبات آلی موجود در فاضلاب به طوری که قابلیت ته نشینی آن افزوده میشود و به راحتی ته نشین می‌شوند. در ضمن تثبیت مواد آلی نیز از اهداف دیگر تصفیه بیولوژیکی می‌باشد تا در محیط ، مشکلی به وجود نیاید. به طور عمده در فاضلابهای صنعتی هدف جداسازی یا کاهش غلظت ترکیبات آلی و غیر آلی می‌باشد.لذل برای حصول این امر ، در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب از انواع اورگانیسم‌ها استفاده می‌شود،که توده عظیم آن را باکتریها تشکیل می‌دهند. اهمیت باکتریها آنقدر زیاد است که می‌توان آنها را قلب یک تصفیه خانه بیولوژیکی دانست. حذف **BOD** کربن دار، لخته سازی مواد جامد کلوئیدی غیر قابل ته نشینی و تثبیت مواد آلی به روش بیولوژیکی و با استفاده از انواع میکرواورگانیسم‌ها صورت می‌پذیرد.

نکته اساسی در طراحی فرآیند تصفیه بیولوژیکی یا انتخاب نوع فرآیند مورد استفاده ، درک فعالیت بیوشیمیایی میکرواورگانیسم‌ها می‌باشد.

هر میکروارگانیسم برای رشد ، تکثیر و فعالیت مناسب خود باید این عوامل را در اختیار داشته باشد:

۱- منبع انرژی:

انرژی مورد نیازبرای سنتز سلول ممکن است از نور یا واکنش اکسیداسیون-احیای شیمیایی بدست آید.

۲-کربن (برای سنتز مواد سلولی جدید):

منبع کربن نیز ممکن است از دو طریق برای سنتز مواد سلولی جدید میکروارگانیسم‌ها بدست آید . یکی از طریق کربن موجود در مواد آلی و دیگر از دی اکسید کربن.

۳- عناصر معدنی (مواد مغذی):

نظیر نیتروژن ، فسفر ، گوگرد ، کلسیم ، منیزیوم و پتاسیم

در ضمن شرایط محیطی از دما و **PH** اثر مهمی در بقا و رشد باکتریها دارد. به طور کلی رشد بهینه در گستره محدودی از دما و **PH** رخ می‌دهد. به طوری که طبق مطالعات انجام شده بهترین **PH** برای رشد و تکثیر باکتریها عموما" ۶.۵ تا ۸ است.

۲-۱- طبقه بندی فرآیندهای بیولوژیکی :

فرآیندهای بیولوژیکی را میتوان به دو روش تقسیم بندی نمود.

۱) طبقه بندی بر اساس محیط بیوشیمیایی

الف – فرآیند هوازی (**Aerobic**)

در این فرآیند فعالیت میکروارگانیسم‌ها در حضور اکسیژن محلول انجام می‌گیرد، لذا میکروارگانیسم‌های دیگر فعالیت چندانی ندارند.

ب – فرآیند بی اکسیژن (**Anoxic**َ)

در این حالت فعالیت بیولوژیکی بدون حضور اکسیژن محلول انجام می‌گیرد و باکتریها اکسیژن خود را از ترکیبات موادی مانند سولفاتها ، نیتراتها و کربناتها بدست می‌آورند.

ج- فرآیند بی هوازی (**Anaerobic**َ)

در این حالت هیچگونه اکسیژن به صورت محلول و ترکیبی وجود ندارد و ازهیدرولیز مواد آلی فعالیت بیولوژیکی صورت می‌گیرد. در ضمن مقدار لجن کمتری نسبت به دو حالت قبل تولید می‌شود و با تولید گاز متان به عنوان منبع انرژی می‌توان از آن استفاده نمود.

۲) طبقه بندی بر اساس محیط رشد میکروارگانیسم‌ها

الف- رشد چسبیده (**Attached Growth**)

در این حالت عوامل بیولوژیکی بر روی بستری از مواد همانند سنگ ، سرامیک ، پلاستیک و سرباره رشد می‌کند و فیلم باکتری بر روی این محیط تشکیل و فاضلاب با عبور از این محیط تصفیه می‌شود.

ب- رشد معلق

در این حالت جمعیت بیولوژیکی به صورت ذرات معلق و به حالت سوسپانسیونی در مایع رشد می‌کند. معلولا" روش رشد تعلیقی برای تصفیه ثانویه فاضلاب استفاده میگردد.

جدول ۳

نوع باکتری	نوع محیط رشد	برخی از فرآیندهای مورد استفاده
هوازی	رشد معلق	فرآیندهای لجن فعال (اختلال کامل، هوادهی گسترده، **SBR** و ...) ، هضم هوازی، نیتریفیکاسیون

	رشد چسبیده	صافی چکنده ، دسکتهای بیولوژیکی چرخان (**RBC**) و ...
بی هوازی	رشد معلق	هضم بی هوازی ، فرآیند **UASB**
	رشد چسبیده	فیلتر بی هوازی و ...
بی اکسیژن	رشد معلق	دنیتریفیکاسیون با بستر معلق
	رشد چسبیده	دنیتریفیکاسیون با بستر ثابت

لازم به ذکر است برخی از فرآیندهای ترکیبی از نوع باکتریها و نوع محیط رشد میباشند که با توجه به تحقیقات اخیر در زمینه تصفیه فاضلاب این گونه فرآیندها برای رفع برخی از مشکلات بوجود آمده است که ترکیبی از رشد معلق و چسبیده هوازی-بی هوازی میباشند که باعث بالا رفتن راندمان و رفع برخی از مشکلات در امر تصفیه می‌گردد.

۲-۱ تصفیه بی هوازی

فرآیند تصفیه بی هوازی در بسیاری از جاها مانند معده نشخوارکنندگان ، مردابها و رسوبات برکه‌ها و دریاچه‌ها ، مراکز دفن زباله یا لجن و لوله‌های فاضلاب که حاوی مواد آلی و فاقد اکسیژن محلول ملکولی باشند رخ می‌دهد.

با استفاده از فرآیند بی هوازی در تصفیه فاضلاب می‌توان بدون استفاده از تکنولوژی پیچیده و تنها با روش‌های معمول ، تصفیه فاضلاب را با هزینه‌های بسیار کمتر اعم از سرمایه ای و جاری به نحو مطلوب انجام داد. از دهه هفتاد در جهت حفظ انرژی و کاهش زمین مورد نیاز، تصفیه بی هوازی به عنوان روش پیشرفته بیوتکنولوژی مورد توجه واقع شده است. راکتورهای با سرعت بالا ساخته شده

که در بسیاری موارد با موفقیت همراه بوده است. این راکتورها دارای توده میکروبی فعال با غلظت زیاد هستند.

در تصفیه فاضلاب صنایع با بار آلودگی بالا ، می‌توان ابتدا فاضلاب را به روش بی هوازی تصفیه نمود و سپس عمل تصفیه را به روش بی هوازی کامل کرد. در تصفیه فاضلاب به روش بی هوازی- هوازی از آنجا که قسمت عمده ای از بار به روش بی هوازی و با هزینه کمتری حذف می‌شود ، هزینه کلی فرآیند به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. لذا شناخت فرآیند تصفیه بی هوازی و کنترل آن از اهمیت خاصی برخوردار است که در زیر به طور مختصر توضیح داده می‌شود.

الف- میکروبیولوژی و مکانیسم فرآیند بی هوازی

تصفیه بی هوازی در واقع شامل فرآیندهای بیولوژیکی است که طی آن مواد آلی تجزیه شده و دو گاز عمده متان و اکسید کربن تولیدمی شود که از متان به عنوان منبع سوختی و انرژی می‌توان استفاده نمود. این مراحل را به طور کلی می‌توان در چهار مرحله تقسیم بندی نمود که عبارتند از:

۱) هیدرولیز (**Hydrolysis**)

پروتئینها ، چربیها وپلیمرها به کمک آنزیمهای خارجی میکروارگانیسمها به واحدهای ساختمانی ساده تجزیه می‌شوند. در اکثر موارد در این مرحله از فاضلاب به عنوان منبع غذایی استفاده می‌شود. سرعت کل فرآیند محدود و حساسیت زیادی به درجه حرارت وجود دارد.

۲) اسیدی شدن (**Acidification**)

مواد محلول تولید شده در مرحله هیدرولیز توسط باکتریهای مخمر، جذب و به صورت ترکیبات ساده آلی و معدنی دفع می‌شوند. به این مرحله که در آن اسیدهای آلی ، الکل و مقدار کمی ترکیبات معدنی تولید می‌شوند ، به اصطلاح اسیدی شدن گفته میشود. عمل اسیدی شدن را گونه‌های مختلف باکتریها که اکثر آنها بی هوازی اجباری و برخی از آنها بی هوازی اختیاری می‌باشند انجام میدهند. اگر در فرآیند اسیدی شدن فقط باکتریهای بی هوازی اجباری نقش داشتند ممکن بود اکسیژن محلول همراه با فاضلاب ورودی ، تمام باکتریهای بی هوازی اجباری را از بین برده و این مرحله متوقف شود.

۳) مرحله استات سازی (**Acetogensis**)

دراین مرحله تمامی ترکیبات آلی تولید شده در مرحله اسیدی شدن به استات ، هیدروژن و دی اکسید کربن تبدیل می‌شوند. مواد آلی در این مرحله می‌توانند با توجه به نوع ترکیب آلی به دو صورت تولید شوند که عبارتند از :

۱) $C_xH_yO_z+H_2O \rightarrow CH_3COOH+CO_2$

۲) $C_xH_yO_z+H_2O \rightarrow CH_3COOH+H_2$

به طور کلی در این مرحله تشکیل اسیداستیک ، گاز هیدروژن و دی اکسید کربن صورت می‌گیرد.

۴) مرحله متان زایی (**Methanogenesis**)

در این مرحله دی اکسید کربن ، هیدروژن و اسیداستیک تولید شده در مرحله قبل به متان ، آب ، دی اکسید کربن و ترکیباتی نظیر آمونیاک تبدیل می‌شود. این عمل توسط باکتریهایی انجام می‌شود

که بی هوازی اجباری می‌باشند. عمده باکتریهایی که تاکنون شناسایی شده‌اند عبارتند از : میله ای‌ها (متانو باکتریوم ، متانوباسیلوس) و کروی (متانوکوکوس ، متانوسارسینا)

تولید متان می‌تواند از دو راه صورت پذیرد که دو مسیر اصلیتشکیل متان در هضم بی هوازی عبارتند از (۱) تبدیلهیدروژن و دی اکسید کربن به متان و آب و (۲) تبدیل استات به متان و دی اکسید کربن.

۱) $CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$

۲) $4H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$

متان زاها و اسیدزاها رابطه ای متقابلا" مفید دارند که در آن متان زاها ، به سبب هیدروژن خوار بودن ، می‌توانند فشار نسبی H_2 فوق العاده پایینی را حفظ کنند.

با توجه به آنچه گفته شد در تجزیه بی هوازی مواد آلی به شکل متان از مواد غذایی جدا می‌شوند، لذا در مقایسه با باکتریهای هوازی رشد باکتریهای بی هوازی نسبتا" کندتر است.

ب- عوامل مؤثر محیطی در فرآیند بی هوازی

یکی از مشکلات عمده سیستم‌های بی هوازی ، کنترل و راهبری این سیستم‌ها است. تأمین شرایط محیطی مناسب برای رشد میکروارگانیسم‌های بی هوازی از مهم ترین مسائل در تحقیقات می‌باشد. لذا برخی از عوامل محیطی که در روند فعالیت باکتریهای بی هوازی نقش مهمی دارند، عبارتند از:

۱) درجه حرارت

درجه حرارت یکی از عوامل مؤثر در رشد و فعالیت باکتریهای بی هوازی است که با توجه به نوع باکتریها از لحاظ تقسیم بندی حرارتی (ترموفیلیک، مزوفیلیک و ساکروفیلیک) متفاوت می‌باشد.

سیستم‌های تصفیه بی هوازی فاضلاب صنایع سلولزی معمولا" در درجه حرارت ۴۵-۲۵ درجه سلسیوس بهره برداری می‌شود. در برخی از موارد، این صنایع ممکن است فاضلابهای با درجه حرارت بین ۴۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد تولید نموده که در این صورت از فرآیندهای بی هوازی ترموفیلیک استفاده می‌شود.

کنترل درجه‌حرارت برای هر کدام از فرآیندهای مزوفیلیک ضروری است زیرا کاهش و یا افزایش دما در هر حالتی بر رشد بهینه باکتریها تأثیر گذار بوده و باعث از بین رفتن باکتریهای متان زا شده و در نتیجه فرآیند بی هوازی از بین می‌رود.

۲) مواد غذایی

برای رشد میکروارگانیسم‌ها و تولید سلول جدید ، در فرآیندهای بی هوازی علاوه بر مواد آلی نیاز به ترکیبات نیتروژن ، فسفر و برخی دیگر از عناصر نظیر گوگرد، کلسیم و منیزیم ضروری است.

PH ۳)

یکی از فاکتورهای مهم در سیستم‌های بی هوازی کنترل **PH** سیستم به خصوص در هنگام راه اندازی سیستم است . **PH** بهینه در سیستم بی هوازی در گستره ۶.۵-۷.۵ می‌باشد. زیرا شرایط اسیدی برای گونه‌های متان زا بسیار مضر است و در**PH** حدود ۶.۵ شروع به تولید متان و در **PH<=** ۵.۵ این عمل متوقف می‌شود.

ج- راه اندازی راکتورهای بی هوازی

راه اندازی سیستم‌های بی هوازی، نسبت به راکتورهای هوازی از اهمیت و توجه خاصی برخـوردار است . به طوری که مدت زمان نسبتا" طولانی به طول می‌انجامد تا طـی آن لجـن مـورد اسـتفاده در راکتور با فاضلاب مورد نظر تطبیق کامل پیدا نماید. به همین دلیل و با توجه به رشد پایین این گونـه از باکتریها، وجود مواد سمی و بازدارنده خیلی حساستر برای سیستم‌های بی هـوازی مـی‌باشـند. لـذا برای تصفیه فاضلاب صنایع سلولزی به روش بی هوازی که دارای مواد سـنگین و دیـر تجزیـه ناپـذیر نظیر لیگنین ، تانین‌ها و رزین‌های چوبی ، می‌باشند، بایستی فاضلاب رقیق و بازمـان طـولانی افـزوده شود و در راهبری و کنترل آنها دقت خاصی صورت گیرد. لازم به ذکر است چنانچه فعالیت راکتور راه اندازی شده برای مدت طولانی تعطیل شود را اندازی مجدد آن به سادگی در کوتاه مدت انجـام پـذیر بوده و در خلال مدت تعطیلی ، سیستم به مراقبت خاص نیاز ندارد.

از این رو فرآیند تصفیه بی هوازی برای پساب صنایعی که به صورت فصلی کـارمی کننـد و دوران تعطیلی طولانی دارند ایده آل است.

د- راکتورهای بی هوازی

با توجه به اهمیت یافتن تصفیه بی هوازی در چند دهه اخیر، راکتورهای مختلف و پیشرفته ای در این زمینه تهیه شده است که چند نوع مهم از آنها عبارتند از:

۱) لاگون‌های بی هوازی

۲) تماس بی هوازی

۳) فیلتر بی هوازی

۴) بستر سیال بی هوازی

۵) بستر لجن بی هوازی با جریان پایین به بالا (**UASB**)

۶) ایمهاف تانک

۷) سپتیک تانک

۲-۲ تصفیه هوازی

پس از تصفیه بی هوازی معمولا تصفیه هوازی مورد استفاده قرار میگیرد . تصفیه هوازی در حذف ترکیبات رزین چوب که سمیت بالایی دارند ودر سیستمهای بی هوازی مقاوم می‌باشند بسیار مؤثر میباشند . فرایندهای تصفیه هوازی معمولی مورد استفاده عبارتند از :

۱) فرآیند لجن فعال

۲) استخرهای هوادهی شده یا لاگونهای هوادهی

۳) رآکتور نا پیوسته متوالی (**SBR**)

۴) هضم هوازی

۵) صافی چکنده

۶) دیسکهای چرخان چسبنده

۲-۳-۱-روش لجن فعال

تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال یکی از انواع تصفیه بیولوژیکی هوازی است که در سال ۱۹۱۴ توسط آردن و لاکت در انگلستان ابداع گردید. در این فرآیند توده ای فعال از میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شوند که قادر به تثبیت هوازی مواد آلی هستند ، لذا این فرآیند، لجن فعال نام گرفته است.

در این روش فاضلاب خروجی از حوض ته نشینی اولیه ، با لجن برگشتی حوض ته نشینی ثانویه در صورت وجود، در هم آمیخته و در راکتور وارد می‌شود و تحت عمل هوادهی قرار می‌گیرد. فرآیند

لجـن فعـال ، یـک فرآینـد محـیط کشـت معلـق مـی‌باشـد کـه لجـن تـه نشـین شـده آن محتـوی میکروارگانیسم‌های زنده و فعال است و دارای بازگشت لجن نیز می‌باشد.

به طور کلی سیستم لجن فعال دارای تجهیزات زیر می‌باشد:

۱) مخزن هوادهی

۲) مخزن به نشینی یا واحد زلال سازی

۳) سیستم برگشت لجن

۴) سیستم دفع لجن

به طور کلی سیستم لجن فعال یک محیط بیولوژیکی مختلفی را شامل می‌شود که به طور عمده از باکتری پرتوزوآ، روتیفر و قارچ تشکیل یافته است. گونه‌های مختلی از باکتریهای فرآیند لجن فعال که تاکنون شناخته شده‌اند عبارتند از : پسودوموناس، زوئوگنا، فلاوباکتریم، نیتروزوموناس، نیتروباکتر و ... که با توجه به نوع فاضلاب ورودی ، رشد هرگونه از باکتری‌ها متفاوت است.

الف- انواع سیستم‌های لجن فعال:

گرچه سیستم لجن فعال دارای اصول ثابتی است لکن به مرور زمان تغییرات و اصـلاحاتی بـر روی سیستم متداول انجام یافته است که هر یک دارای محاسن و معایب خاصی است کـه نحـوه اکسـیژن رسانی (هوادهی) ، تغذیه، لجن برگشتی، نوع رژیم هیدرولیکی و زمان ماند در آنها متفاوت است.

از انواع روشهای لجن فعال می‌توان هوادهی مرحله ای، اختلاط کامـل، تثبیـت و تمـاس، اکسیژن خالص و کانال اکسیداسیون را نام برد.

ب- فاکتورهای مؤثر در بهره برداری

در بهره برداری و کنترل لجن فعال یک سری پارامترها می‌باشند که در راهبری سیستم لجن فعال مؤثر است . این پارامترها عبارتند از:

۱) شدت آلودگی

۲) مواد مغذی

۳) اکسیژن محلول

۴) زمان ماند

۵) **PH**

۶) سمیت

۷) دما

۸) اختلاط

۹) هیدرولیک جریان

این پارامترها در طی بهره برداری و راهبری سیستم مورد کنترل و آزمایش قرار می‌گیرند.

ج- کنترل فرآیند:

به طور کلی برای کنترل دقیق یک تصفیه خانه و کنترل فاکتورهای مؤثر در امر تصفیه به شیوه لجن فعال باید ازشاخص‌های مهم استفاده کرد تا پارامترهای ذکر شده مورد بررسی قرار گیرد. برخی

از این آزمایش‌ها و اندازه گیری‌ها که باید به طور روزانه در سیستم لجن فعال مورد مطالعه قرار گیرند عبارتند از:

- مقدار جریان ورودی فاضلاب
- درجه حرارت هوا و فاضلاب
- اندیس حجمی لجن (**SVI**)
- جریان برگشتی لجن و لجن مازاد
- وضعیت حوض هوادهی و ته نشینی از لحاظ شاخصهای بصری (رنـگ ، شـفافیت ، پساب ، کف ، تلاطم ، بو و ...)
- اندازه گیری **BOD** و **COD** ورودی ، خروجی و حوض هوادهی
- **PH**ورودی و خروجی و حوض هوادهی
- **MLSS**[۱] و **MLVSS**[۲]
- **DO** (اکسیژن محلول)
- آزمایش ته نشینی سی دقیقه ای
- ترکیبات نیتروژن و فسفر
- عمق پوشش لجن
- **SS** و **VSS**

[۱] - Mixed Liqure Suspended Solids
[۲] Mixed Liqure Volatile Suspended Solids

- آزمایشات میکروسکوپی

- مصرف آب ، برق و سوخت

د- مشکلات و نواقص لجن فعال :

برخی از مشکلات وسائل که به طور عمده در سیستم لجن فعال ممکن است به وجود آید عبارتند از : حجیم شدن لجن ، تشکیل کف در حوض هوادهی ، تولید بو و صدا ، بالا آمدن لجن ، حذف کم **BOD** که هر کدام از آنها به عواملی مانند : **PH** ، درجه حرارت ،**F/M** ، و ... بستگی دارد.[۲]

فصل پنجم

میکروبیولوژی فاضلاب

روش متداول و اقتصادی تصفیه فاضلابهای شهری و صنعتی و اغلب فاضلابهای صنعتی استفاده ازفرآیندهای بیولوژیکی است.

تصفیه بیولوژیک مهم ترین و اصلی ترین مرحله اکثر سیستمهای تصفیه را تشکیل می‌دهد، برای شناخت فرآیندهای بیولوژیک و هم چنین طراحی علمی و اصولی ، اجرا و راهبری این فرآیندها و یا مدلسازی و استفاده از روابط بیوشیمیایی و فیزیکی در طرح و کنترل این سیستمها ، باید قبل از هر چیزی به میکروبیولوژی تصفیه فاضلاب که شامل رفتارها و ویژگیهای میکروارگانیسمهای فعال در تصفیه فاضلاب می‌باشد، شناخت حاصل شود.

سیستمهای تصفیه بیولوژیکی سیستمهای زنده ای هستند که متکی به جمعیتهای ناهمگون میکروبها می‌باشند. مخلوط میکروارگانیسمها مواد آلی را تجزیه کرده و از محلول جدا می‌نمایند.

بطور کلی هدف عمده فرایندهای تصفیه بیولوژیکی ، تبدیل و یا حذف مواد آلی به سایر محصولات می‌باشد، به نحوی که محصولات تولید شده یا بی ضرر بوده و یا براحتی قابل جداسازی باشند. آنچه مهم است آن است که در کلیه فرآیندهای بیولوژیکی ، نقش اصلی و حیاتی را میکروارگانیسمها بعهده دارند و در واقع ماشین تصفیه بحساب می‌آیند. عموما" در سیستمهای تصفیه انواع متنوع از میکروارگانیسمها فعالیت دارند، هر چند که از میان آنها نقش اصلی بر عهده باکتریها می‌باشد.یکی از محصولات بسیار مهم و اصلی تولید شده در فرایندهای بیولوژیک رشد میکروبی یا تولید سلولهای اضافی می‌باشد. توجه به این نکته بسیار اهمیت دارد که اگر این سلولها که در جریان حذف مواد آلی

تولید می‌شوند از محلول جداسازی نگردند عمل تصفیه انجام نشده است، زیرا سلولها که خود در واقع منشاء آلی دارند در جریان خروجی بعنوان **BOD** یا **COD** سنجیده می‌شوند.

بطور کلی باکتریها، قارچها، جلبکها، پروتوزئرها، روتیفرها، سخت پوستان و ویروسها میکروارگانیسمهای مهم در مهندسی تصفیه فاضلاب را تشکیل می‌دهند.

الف – شرایط تغذیه و رشد در جمعیتهای مخلوط میکروبی

اساس و پایه تمام فرآیندهائی که در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب بکار گرفته می‌شود، نیاز غذائی میکروارگانیسمها می‌باشد. برای مثال در سیستم لجن فعال مواد آلی کلوئیدی و محلول توسط میکروارگانیسمها بدین علت حذف می‌شود که این مواد تأمین کننده نیازهای رشد و حیات سلولها هستند. بطور کلی برای میکروارگانیسمها مواد غذائی فراهم کننده تسهیلات ذیل می‌باشند:

۱- منبع انرژی :

۱-۱- ترکیبات آلی

۱-۲- ترکیبات معدنی

۱-۳- نور خورشید

۲ -منبع کربن :

۲-۱- ترکیبات آلی

۲-۲- ترکیبات معدنی نظیر دی اکسید کربن و بیکربناتها

۳- پذیرنده الکترون :

۱-۳- اکسیژن ترکیبات آلی

۲-۳- اکسیژن ترکیبات معدنی نظیر سولفاتها، نیتراتها و دی اکسید نیتروژن

۴- مواد مغذی :

۱-۴- نیتروژن

۲-۴- فسفر

۳-۴- سایر عناصر کمیاب **(Micro Elements)**

با توجه به نیاز مواد غذایی و یا نحوه متابولیسم ، میکروارگانیسم‌ها مطابق جدول ۱-۱ دسته بندی میگردند.

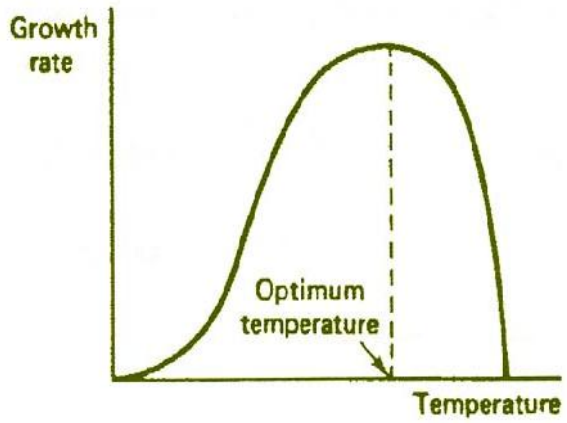
جدول ۱-۱- طبقه بندی میکروارگانیسمها با توجه به احتیاجات غذائی و نحوه متابولیسم

منابع تأمین کننده		دسته بندی
کربن	معدنی	اتوتروف
	آلی	هتروتروف
انرژی	شیمیایی	شیمیوتروف
	نور خورشید	فتوتروف
دهنده الکترون	معدنی	لیتوتروف
	آلی	ارگانوتروف

ب- اثر دما روی رشد میکروبی

یکی از عوامل فیزیکی مؤثر بر رشد میکروبی در هر محیطی دما است. میکروارگانیسمها دارای مکانیسم کنترل کننده دما نبوده بنابراین دمای داخل سلول با بیرون یکسان است ، بعبارت دیگر

سرعت تمامی واکنشهای حیاتی داخل سلول تابع دما می‌باشد. شکل ذیل تـأثیر درجـه حـرارت را بـر روی سرعت رشد نشان می‌دهد.



تأثیر درجه حرارت بر روی آهنگ رشد میکروبی

همانگونه که پیداست برای هر گونه از میکروارگانیسمها محدوده ای از درجه حرارت وجود دارد که در کمتر یا بیشتر از آن رشد کاملا" متوقف می‌شود، دمای بهینه آن محدوده دمائی است که سـرعت رشد حداکثر باشد. بر اساس محدوده دمائی که در آن میکروارگانیسمها می‌توانند رشد کنند، آنها را به دسته‌های ذیل تقسیم نموده‌اند :

۱- میکروارگانیسمهای گرمادوست اجباری

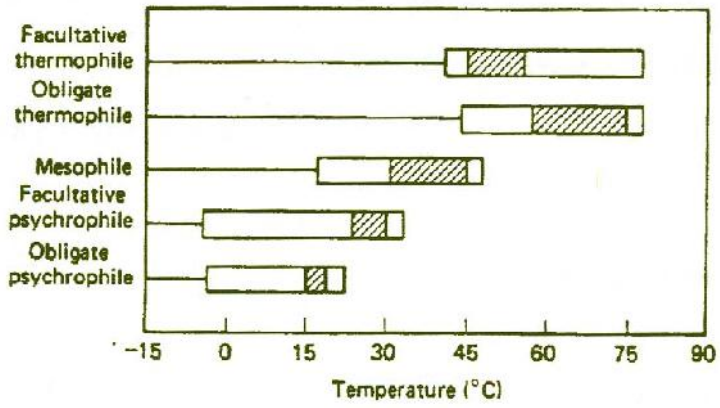
۲- میکروارگانیسمهای گرمادوست اختیاری

۳- میکروارگانیسمهای حد واسط

۴- میکروارگانیسمهای سرمادوست اختیاری

۵- میکروارگانیسمهای سرمادوست اجباری

نمودار ذیل تقسیم بندی تقسیم بندی میکروارگانیسمها را از نظر درجه حرارت و دمای مناسب برای رشد آنها نشان می‌دهد. نقاط‌هاشور زده در این نمودار معرف محدوده دمای بهینه برای حداکثر رشد را نشان می‌دهد.



طبقه بندی میکروارگانیسمها بر حسب دامنه درجه حرارت

البته می‌توان بطور خلاصه میکروارگانیسمها را از نظر دمای مناسب به سه گروه سرما دوست ، گرما دوست و حد واسط تقسیم بندی کرد. حدود درجه حرارت مناسب هر گروه در جدول ذیل نشان داده شده است.

جدول ۲-۱- درجه حرارت مناسب برای انواع میکروارگانیسمها

گونه‌های میکروارگانیسم	درجه حرارت به $^{\circ}C$	
	حدود	حد مطلوب

سرما دوست	(-۲)-۳۰	۱۲-۱۸
اعتدالی	۲۰-۴۰	۲۵-۴۰
گرما دوست	۴۵-۷۵	۵۵-۶۵

دلیل حساسیت باکتریها به درجه حرارت بسیار پیچیده است. در یک عبارت ساده می‌توان تصور کرد که باکتریها به صورت بسته‌های شامل کاتالیزورها ، واکنش دهنده‌ها و محصولات هستند. هر واکنش دارای یک سرعت خاص است که تابعی از درجه حرارت محسوب می‌شود. این تابعیت از درجه حرارت بوسیله معادله آرینوس (**Arrhenius**) توصیف شده است.

$$d(LnK) / dt = E / RT^{2}$$

که در آن :

K=سرعت واکنش

E =انرژی اکتیواسیون ظاهری

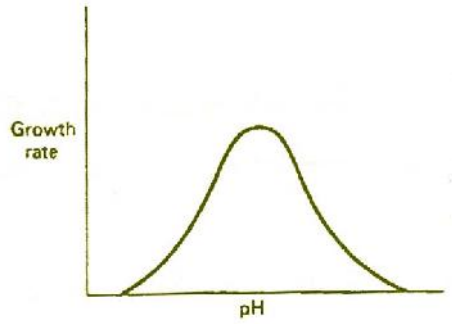
R= ثابت گازها

T =درجه حرارت

ج- اثر درجه اسیدیته (PH) روی رشد میکروبی

فاکتور مهم دیگری که مثل دما روی سرعت رشد میکروبی تأثیر دارد، غلظت یون هیدروژن یا **PH** است. همانند دما، برای **PH** نیز محدوده ای معین وجود دارد که در کمتر یا بیشتر از آن امکان رشد وجود ندارد.

در محدوده مناسب **PH** برای رشد ، **PH** بهینه وجود دارد که سرعت رشد در آن حداکثر است و این نقطه معمولا" میان حداقل و حداکثر محدوده رشد است.



تأثیر درجه اسیدیته بر روی آهنگ رشد میکروبی

البته برای بیشتر میکروارگانیسمها در محدوده **PH** ۹-۴ امکان رشد فراهم است و **PH** بهینه برای بیشتر آنها ۷/۵-۶/۵ است. قابل ذکر است که اثر **PH** روی فعالیتهای میکروبی اصولا" بعلت تأثیر روی آنزیمهای آنهاست. بطور کلی نظرات زیر در مورد اثر**PH** روی فعالیت انواع میکروارگانیسم‌های ارائه شده است :

۱- بیشتر قارچها دارای **PH** بهینه نزدیک خنثی هستند.

۲- بشتر قارچها یک محیط اسیدی را ترجیح می‌دهند که **PH** بهینه آن نزدیک ۵ است که حداقل **PH** محدوده رشد آنها مابین ۳-۱ است.

۳- برای بیشتر جلبکهای سبز – آبی، **PH** بهینه بیش از ۷ است.

۴- بیشتر پروتوزوئرها قادرند در **PH** بین ۸-۵ (با بهینه **PH** نزدیک ۷) رشد کنند.

د- نیاز رشد میکروبی به اکسیژن

میکروارگانیسمها را از نظر نیاز به اکسیژن ، به چند دسته تقسیم میکنند :

۱- میکروارگانیسمهای مطلق هوازی ، که نیاز به اکسیژن محلول مولکولی دارند.

۲- میکروارگانیسمهای مطلق بی هوازی ، که نمی توانند در حضور اکسیژن محلول مولکولی فعالیت کنند.

۳- میکروارگانیسمهای اختیاری ، که هم در حضور و هم در غیاب اکسیژن محلول مولکولی قادر به فعالیت هستند.

۴- میکروارگانیسمهای میکروآئروفیل ، که نیاز به غلظت کمی از اکسیژن محلول مولکولی دارند.

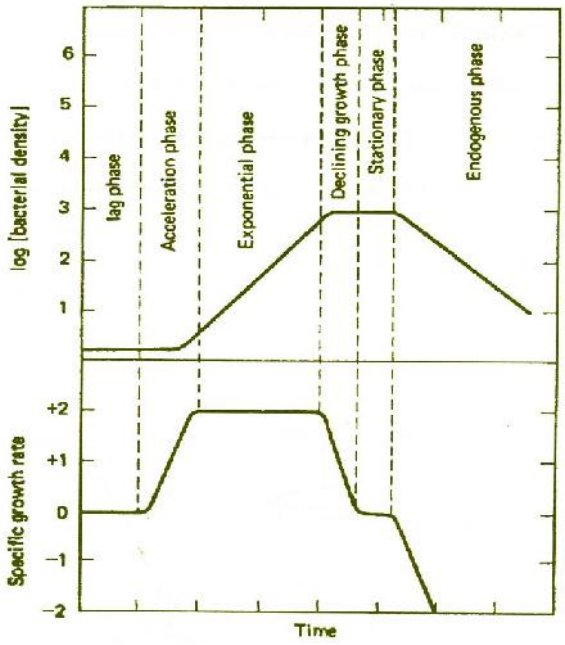
اکسیژن برای میکروارگانیسمهای هوازی برای دو کار لازم است :

۱- در واکنش تولید انرژی اکسیژن بعنوان پذیرنده نهائی الکترون لازم است . (استفاده اصلی)

۲- برخی از واکنشهای آنزیمی احتیاج به مقادیر کم اکسیژن دارند. مثلا" اکسیداسیون هیدروکربنها نیاز به افزایش اکسیژن جهت شکست مولکولها دارد.

ح- منحنی رشد میکروبی

هرگاه تعداد کمی میکروارگانیسم در یک محیط کشت مناسب قرار داده شود، تعداد میکروارگانیسمهای زنده در محیط ۶ فاز رشد مختلف را مطابق شکل ذیل در بر خواهند داشت :



خصوصیات منحنی‌های رشد کشت میکروبی

۱- فاز تأخیری (**Lag Phase**) : میکروارگانیسمها در این فاز به مدت زمانی احتیاج دارند تا خود را با شرایط محیطی و نوع مواد غذائی موجود تطبیق دهند. در این فاز تعداد میکروارگانیسمها افزایش پیدا نمی کنند.

۲- فاز رشد لگاریتمی (**Exponential Growth Phase**) : دراین فاز میکروارگانیسمها بسرعت افزایش پیدا می‌نمایند و رشد آنها تنها مربوط به قابلیت آنها در مصرف مواد غذائی است.

۳- فاز رشد کاهنده (**Declining Growth Phase**) : بدلیل کاهش مواد غذائی در محیط ، از سرعت رشد کاسته می‌شود.

۴- فاز ساکن (**Stationary Phase**) : تعداد میکروارگانیسمهائی که در این فاز بوجود می‌آیند تقریبا" برابر با تعدادی است که از بین می‌روند.

۵- فاز مرگ و میر (**Death Phase**) : بدلیل کاهش مواد غذائی و افزایش سموم ، میزان مرگ و میر بیشتر از تکثیر میگردد.

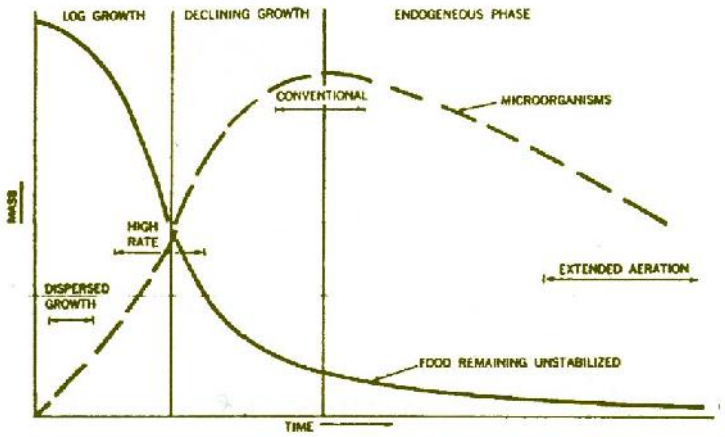
۶- فاز خودخوری (**Endogenous Phase**) : در متابولیسم خودخوری ، سرعت مرگ و میر زیاد و متلاشی شدن سلولها از جمله مشخصات این فاز می‌باشد.

قابل توجه است که از نظر مهندسی محیط زیست عموما" فاز رشد میکروارگانیسمها مطابق شکل ذیل از سه ناحیه اصلی تشکیل شده است :

۱- فاز رشد لگاریتمی

۲- فاز کاهش رشد

۳- فاز خودخوری



منحنی رشد ایده آل برای یک محیط کشت ناپیوسته میکروبی

در دو فاز اول و دوم مواد آلی حذف می‌شوند و بعبارتی دیگر عمل تصفیه در این دو فاز انجام می‌شود.

بنا بر دلایل ذیل سلولها نمی توانند در یک محیط غذائی بطور نامحدود رشد کنند :

۱- محدودیت مواد غذائی

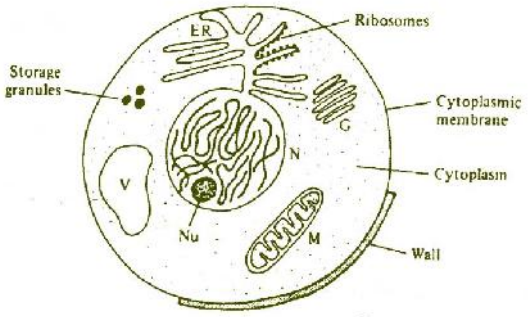
۲- محدودیت اکسیژن محلول

۳- ازدحام جمعیت میکروبی

۴- تغییرات در محیط شیمیائی بعلت رشد میکروبی بویژه تولید متابولیتهای سمی.

خ- باکتریها

باکتریها آغازیان بک سلولی هستند که از غذای محلول استفاده می‌نمایند و در هر کجای طبیعت که رطوبت و منبع غذائی موجود باشد یافت می‌شوند. روش معمول تکثیر آنها، تقسیم دوتائی **(Bifission)** است. از نظر شکل سه نوعند : کروی، میله ای و خمیده . شکل زیر ساختار ساختمانی باکتری را نشان میدهد.



ساختمان باکتری یوکاریوتیک

از نظر متابولیسم باکتریها به دو دسته تقسیم می‌شوند :

۱- باکتریهای هتروتروف **(Heterotrophic Bacteria)** : مهم ترین گروه در تصفیه فاضلاب می‌باشند که به مواد آلی جهت رشد و تغذیه نیاز دارند.

۲- باکتریهای اتوتروف **(Autotrophic Bacteria)** : دسته ای از باکتریها می‌باشند که به دی اکسیبد کربن **($CO^{۲}$)** جهت رشد نیازمند هستند.

هم چنین باکتریها از نظر نیاز به اکسیژن به سه دسته تقسیم می‌شوند :

۱- هوازی مطلق

۲- بی هوازی مطلق

۳- اختیاری

آزمایشهای مختلف نشان داده است که حدود ۸۰٪ وزن باکتریها آب و بقیه مواد جامد است که ۹۰٪ مواد جامد آلی و بقیه معدنی است. سلولهای زنده به مقدار زیادی از ترکیبات نظیر کربوهیدراتها، چربیها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک تشکیل شده‌اند که وزن مولکولی آنها کمتر از ۱۰۰ تا بیش از یک میلیون می‌رسد.

ترکیب اصلی سازنده سلولها متشکل از کربن، اکسیژن، نیتروژن، هیدروژن، فسفر، گوگرد، پتاسیم، سدیم بطور کلی بیش از ۹۰٪ وزن خشک باکتری و یا سلول از N_2، O_2، H_2، **C** تشکیل شده است که بصورت $C_5H_7NO_2$ قابل فرموله است. مقدار اکسیژن مورد نیاز شیمیائی تئوریکی سلول با این فرمول تجربی را می‌توان چنین حساب کرد.

$$C_5H_7NO_2+5O_2 \rightarrow 5CO_2+2H_2O+NH_3$$

محاسبات نشان داده است که **mg** ۱ سلول معادل **mg COD** ۱.۴۲ می‌باشد.در تجربه مشخص شده است که هر گرم تقریبا" معادل **mg COD** ۱.۵-۱.۳ می‌باشد. باکتریها باید تمام مواد لازم برای ساخت پروتوپلاسم و بطور کلی ترکیبات سلولی را از محیط دریافت کنند. اگر محیط نسبت به هر یک از عناصر دارای کمبود باشد ، رشد باکتریها کند یا متوقف خواهد شد، زیرا اجزاء لازم برای رشد را در اختیار نخواهد داشت.

و- سینتیک رشد بیولوژیکی

برای طراحی واحدهای تصفیه فاضلاب وجود شرایط زیست محیطی کنترل شده امری ضروری است. شرایط زیست محیطی که قابل کنترل می‌باشند عبارتند از :

درجه حرارت ، **PH** ، مواد مغذی **(Nutrients)** و عناصر با مقدار ناچیز **(Trace Elements)** ، اکسیژن دهی و اختلاط مناسب. کنترل شرایط زیست محیطی این اطمینان را بوجود می‌آورد که ، میکروارگانیسمها یک محیط مناسب برای رشد در اختیار دارند.جهت اطمینان یافتن از رشد میکروارگانیسمها، بایستی به آنها اجازه داده شود که برای مدت کافی در درون سیستم برای تولید مجدد باقی بمانند. این مدت زمان وابسته به آهنگ رشد میکروارگانیسمها می‌باشد که مستقیما" در ارتباط با آهنگ سوخت و ساز و یا مصرف مواد غذائی فاضلابها است . فرض بر اینست که در شرایط زیست محیطی کنترل شده مناسب، تثبیت مؤثر فاضلاب توسط کنترل آهنگ رشد میکروارگانیسمها قابل حصول است.[۳]

فصل ششم

تصفیه های پیشرفته

۱) فاضلابهای صنعتی ونحوه مقابله با آن

از صنایع مهمی که می‌تواند نقش مثبت و ارزنده و بالعکس خسارت و تباهی جبران ناپذیری برای انسان به ارمغان آورد ، صنایع نساجی ، شیمایی ، پتروشیمایی وپالایشگاهی است. ضایعات این صنایع در نهایت به صورت پسمانهای جامد و مایع به محیط زیست وارد می‌شود که در صورت تصفیه وبازیابی به حد استاندارد می‌تواند از نظر اقتصادی نیز مفید باشد .

به منظور جلوگیری از مشکلات حاصل از تخلیه فاضلابهای صنعتی به محیط زیست ، فاضلابهارا با استفاده از روشهای گوناگون مورد استفاده قرار می‌دهند.

گر چه فرایندهای لجن فعال ،بعد از مراحل پیش تصفیه و تصفیه اولیه فتوان تصفیه بسیاری از پسابهای صنعتی را داراست ولی این روش در مقابل ترکیبات سمی و شوکهای ناگهانی بسیار حساس است. در ضمن با توجه به افزایش روز افزون مواد آلی جدید که تعداد بسیار زیادی از آنها قابل تجزیه بیولوژیکی نیستند یا به میزان کمی تجزیه میشوند و یا علم به این دارند که تعدادی از این ترکیبات خاصیت سرطان زایی یا موتاسیون سلولی دارند تصفیه اولیه وثانویه کافی نبوده وپساب خروجی از این سیستمها جهت تخلیه به آبهای پذیرنده و زمینهای کشاورزی مناسب نمی باشد . لذا در بسیاری از کشورهای جهان جهت نیل به استانداردهای مورد نیاز تصفیه ثالث متداول است .

تصفیه سوم ممکن است از یک صافی شنی ساده ، ستونهای کربن فعال ، اکسید شدن توسط ازن ، کلر ونظایر آن تشکیل شده باشد.

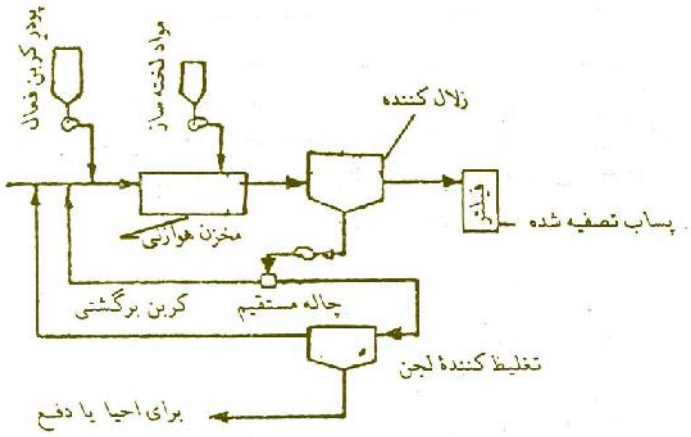
با استفاده از کربن فعال بسیاری از مواد آلی مقاوم در مقابل تجزیه بیولوژیکی قابل حذف است.

گرچه این روش در دنیا متداول است ولی هزینه آن بسیار زیاد است و ممکن است هزینه ای بیش از فرآیند لجن فعال دربر داشته باشد .لذا اخیرا به منظور بالا بردن کیفیت پساب خروجی از لجن فعال ، افزایش مقاومت وبازدهی آن ابتکار جدیدی به کار رفته است که در آن پودر کربن فعال را به حوضچه هوادهی اضافه می‌کنندو در نتیجه بدون نیاز به تجهیزات اضافی و گرانقیمت ،راندمان سیستم به نحو چشمگیری افزایش می‌یابد .به علاوه با این روش میتوان رنگ ، تعدادی از فلزات سنگین ، آروماتیکها و ترکیبات کلره آنها ، سموم دفع آفات ، فنول و ترکیباتی که سبب به هم خوردن کار واحد تصفیه بیولوژیکی می‌شود را نیز از پساب خارج میکند و مقاومت سیستم در مقابل تغییرات بار آلی و سموم مختلف افزایش می‌یابد. این روش به نام **pact powdered**، **activated carbon treatment** نامیده می‌شود که بنیانگذار آن شرکت **du.pont** و توسط شرکت **zimpro** به صورت تجاری به بازار عرضه شده است.

۲) نقش پودر کربن فعال در بهینه سازی سیستمهای تصفیه فاضلاب صنعتی

۲-۱- فرایند **pact** و تئوری حذف آلودگی

این فرایند ، روش تغییر یافته فرایند لجن فعال است .در این فرایند بدون صرف هزینه زیاد، پودر کربن فعال به حوضچه هوادهی اضافه می‌شود. جهت ثابت نگه داشتن مقدار غلظت کربن فعال در فرایند ، به طور مداوم پودر کربن فعال به حوضچه هوادهی اضافه می‌شود تا مقدار کربن که از سیستم همراه با لجن اضافی یا پساب تصفیه شده خارج میشود جبران گردد. شکل زیر شمای ساده فرایند **PACT** را نشان میدهد.



شمای ساده فرایند **PACT**

ذرات کربن فعال ، ترکیبات الی ، اکسیژن و باکتریها را به خود جذب می‌کند و بـه صـورت حامـل عمل می‌کند . سپس ترکیبات جذب شده بتدریج توسط باکتریها تجزیه می‌شوند و کربن مجددا فعال می‌شود.

گر چه بسیاری از آلودگیها در سیستمهای متعارف لجن فعال قابل تجزیه بیولوژیکی نیسـتند ولـی ممکن است در اثر زمان تماس طولانی با جرم بیولوژیکی تجزیه شوند.زیرا ممکن است از لحظه جذب آلودگی توسط پودر کربن فعال تا ته نشین آنها همراه بالجن و تخلیه ، ساعتها تا روزهـا طـول بکشـد. باکتریهایی که مولکولهای مقاوم را تجزیه می‌کنند به آهستگی بر روی زغال فعال رشد می‌نمایند .این باکتریها بیشتر موادی را که بر روی سطح جذب شدهاند تجزیه می‌کنند.

لذا غلظت بیشتر کربن سبب می‌شود که مواد آلی بیشتری در دسترس میکروارگانیسمهاقرار گیرد . در این عمل ، کربن فقط نقش نگهدارنده را ایفا نمی نماید بلکه یک اثر فیزیکی بیولوژیکی دارد. به این ترتیب خاصیت جذب فیزیکی کربن فعال غلظت مواد آلی را در سطح بالا می‌برد و به راحتی در اختیار میکروارگانیسم قرار می‌دهد. این موضوع نشان میدهدکه بهبود کیفیت پساب توسط **pact** یک پدیده فیزیکی بیولوژیکی است.

روی سطح خارجی و خلل وفرج بزرگ کربن فعال مکانهای مناسب و محفوظی برای اتصال و رشد مجموعه‌های میکروبی وجود دارد .باکتریهایی به اندازه ۱ میکرومتر از طریق موتاسیون به ترکیبات مقاوم در مقابل تجزیه بیولوژیکی از قبیل رنگها و سموم عادت کرده و انها را تجزیه می‌نمایند،این عمل احیای بیولوژیکی کربن نیز می‌باشد.

میکروارگانیسمهایی که قادرند این عمل تجزیه را انجام دهند معمولا دارای سرعت رشد کمی بوده و زندگی آنها نمی توانند توسط میکروارگانیسمهایی مثل پروتزوئرها با قطر۲۰۰- ۱۹ میکرومتر که خیلی بزرگتراز باکتریهای عادت داده شده هستند در معرض خطر واقع شود زیرا این میکروارگانیسمها نمی توانند وارد خلل و فرج و محل استقرار این باکتریها شوند. لذااین باکتریها بدون مانع می‌توانند رشد کنند و ترکیباتی را که مقاومت زیادی در مقابل تجزیه دارند و جذب کربن شده‌اند مصرف کنند. در واقع در اثر برخورد طولانی بین باکتریها و مواد جذب شده روی کربن فعال – کربن دوباره فعال می‌شود (احیای بیولوژیکی).

در این فرایند بیش از ۹۵درصد آلودگیهای آلی غیر قابل تجزیه بیولوژیکی حذف می‌شوند و مکانیسمهای متعددی جهت حذف مواد آلی توسط کربن فعال پیشنهاد شده است.

۱- کاهش مواد آلی که به سادگی قابل تجزیه بیولوژیکی نیستند، حاصل جذب فیزیکی توسط کربن فعال است.

۲- کاهش مواد فوق نتیجه افزایش سرعت تجزیه بیولوژیکی توسط باکتریهای چسبنده به پودر کربن فعال ، یعنی حذف از طریق جذب واکسید شدن بیولوژیکی است.

لازم به تذکر است که حذف مواد کاملا غیر قابل تجزیه بیولوژیکی ، فقط از طریق جذب سطحی صورت می‌گیرد . لذا با توجه به حذف آلودگیهای غیر قابل تجزیه بیولوژیکی در این فرآیند ، پساب خروجی از آن در حدی تصفیه خواهد شد که سیستمهای تصفیه بیولوژیکی متعارف به تنهایی قادر به این عمل نیستند. از مزایای دیگر این فرایند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- نیاز به حداقل نظارت وسرپرستی
- نیاز کم به تاسیساتی از قبیل ضد کف
- نیاز کم به انرژی جهت حذف نیتروژن
- کاهش بو
- بالا بودن بازده تصفیه
- سهولت در امر خشک کردن و دفع لجن

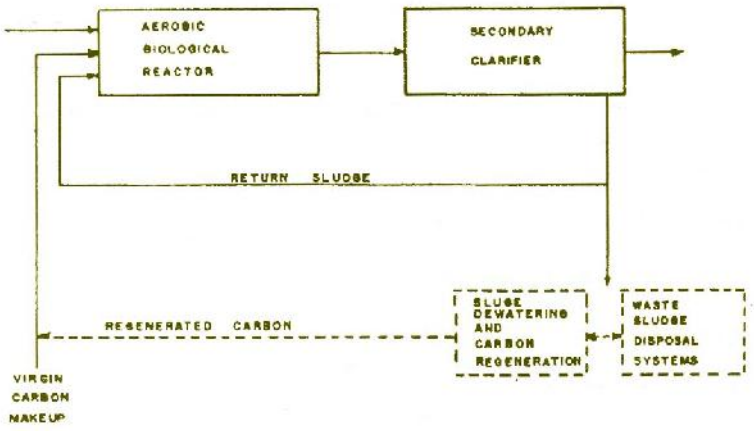
پارامترهای مؤثر در تعادل فرایند **pact** عبارت از:

غلظت کربن، غلظت سموم ارگانیکی، عمر لجن ، زمان توقف هیدرولیکی و نوع ترکیبات موجود در فاضلاب می‌باشند.[۴]

۲-۲- بررسی مزایای استفاده از پودر کربن فعال

استفاده از پودر کربن فعال در تصفیه فاضلاب یک ایده جدید نمی باشد ، زیرا از سال ۱۹۳۵ تجربیاتی برای استفاده از این ماده بمنظور افزایش انعقاد و لخته سازی جامدات ، هضم بیهوازی ، لجن و آبگیری از آن بعمل آمده است . این تجربیات نشان دادند که پودر کربن فعال بعنوان یک ماده کمکی بهنگام افزایش بار هیدرولیکی فاضلاب باعث افزایش بار هیدرولیکی فاضلاب باعث افزایش فشردگی لجن و سهولت آبگیری از آن می‌گردد. در این آزمایشات اولیه ، سودمندی **PAC** تشخیص داده شده ولی بنابر دلایل اقتصادی و این حقیقت که سطوح بالای تصفیه عموما مورد نیاز نبود، بطور کامل پذیرفته نشد. درگذشته کربن فعال دانه ای **GAC** غالبا بیش از **PAC** مورد استفاده قرار می‌گرفت و دارای کارآیی مطلوبتری در فرآیند پالایش فاضلاب می‌بود اما پس از آن تا اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی استفاده از پودر کربن فعال در فرایندهای بیولوژیکی به فراموشی سپرده و تنها در این دوره بود که بوسیله پژوهشگران شرکت صنایع شیمیایی و پتروشیمی دو پونت ، کاربرد پودر کربن فعال در واحد هوادهی سیستم لجن فعال مورد توجه قرار گرفت و نهایتا به این نتیجه رسیدند که چنین عملی باعث افزایش بازدهی حذف مواد آلی فاضلاب میگردد ، بدون اینکه مخارج سرمایه گذاری یا عملیاتی چندان تغییر کند .

پژوهشگران سرانجام با اصلاح سیستم پیشنهادی و ارائه روشهای نگهداری و بهره برداری کل روش را با واژه اختصاری **PACT** به نام شرکت فوق به ثبت رسانیدند و بعدها توسط شرکت زیمپرو به صورت تجارتی عرضه گردید . در سالهای بعد شرکت آی – سی – آی مطالعات را دنبال نموده وبررسیهای زیادی در زمینه استفاده همزمان پودر کربن فعال و سیستم لجن فعال برای تصفیه فاضلابهای شهری و صنعتی مختلفی را انجام داد .



طرح شماتیک فرایند تصفیه بروش **PACT** شرکت دویونت

اسکاراملی و دیگیانو (۱۹۷۳ . **Scaramelli & Digiano**) ضمن مطالعات خود راههای کنترل و بهره برداری سیستم **PACT** را شامل اندازه گیری مواد جامد مایع مخلوط ، شاخص حجمی لجن ، اکسیژن خواهی شیمیایی و بیوشیمیایی مواد آلی و سرعت مصرف اکسیژن می‌دانند .

آدامز (۱۹۷۳.**Adams**) در مطالعه کاربرد پودر کربن فعال در سیستم لجن فعال برای تصفیه فاضلابهای مختلف شهری و صنعتی به این نتیجه رسید که روش فوق دارای مزایای بسیار زیادی به شرح ذیل می‌باشد :

۱- حذف BOD_5 و **COD** را حتی در صورت تغییرات کمی و کیفی فاضلاب نسبت به سیستم لجن فعال افزایش می‌دهد .

۲- باعث بهبود ته نشینی جامدات شده ، میزان مواد جامد معلق را در خروجی کاهش می‌دهد و لجن سنگین تر و غلیظتری ایجاد می‌کند.

۳- رنگ و مواد سمی که برای سیستم بیولوژیک سمی و یا مانع رشد هستند یا اینکه غیر قابل تجزیه بیولوژیک می‌باشند را جذب می‌نماید.

۴- با جذب مواد پاک کننده میزان کف را در مخزن هوادهی و در خروجی کاهش می‌دهد .

۵- مشکل حجیم یا متورم شدن لجن را با ایجاد نسبت **F/M** مناسب برطرف می‌نماید.

۶- ظرفیت تصفیه خانه را با مخارج اندک عملیاتی و بدون هرگونه مخارج سرمایه ای افزایش می‌دهد.

۷- موجب یکنواخت شدن فرایند تصفیه و ایجاد خروجی با کیفیت یکنواخت می‌گردد

نامبرده معتقد می‌باشد که در میان موارد فوق حذف کف ، بهبود ته نشین جامدات و کاهش مـواد سمی فاضلاب بیشترین تاثیر را بر بهبود کل عملیات فاضلابهای صنعتی بجای می‌گذارد.

تجربیات فراوانی در زمینه استفاده از روش **PACT** در مقیاس واقعی نیز انجام گرفته است. آدامـز در سال ۱۹۷۴ به امکانپذیر بودن کاربرد این روش برای تصفیه فاضلابهای شهری و صنعتی با بازدهی بسیار زیاد توجه نمـود . وی بـا کـاربرد فراینـد **PACT** در تصـفیه فاضـلاب مشـترک صـنایع تولیـد مصنوعات پلی اتیلنی و فاضلاب شهری با مشخصـات BOD_5 = ۱۷۰۰ mg/l و COD=۳۲۰۰mg/l و مقایسه نتایج با فرایند لجن فعال ، افزایش ۲۵٪ **COD** و ۲۰٪ حذف BOD_5 را گزارش نمود .

وی این فرایند را در تصفیه فاضلاب صنایع نساجی و رنگ و تکمیل پارچه نیز مورد بررسی قـرار داد و مجددا بهبود حذف BOD_5 را تا ۲۰٪ بیشتر از لجن فعال برآورد نمود . همچنـین در فاضـلاب صنایع تولید رنگهای اسیدی نیز کاربرد **PACT** نسبت به لجـن فعـال باعـث بهبـود حـذف فسـفر ، کاهش مواد معلق خروجی و بهبود شرایط ته نشینی می‌شود . وی به این نتیجه رسید که عـلاوه بـر موارد اشاره شده ، افزودن پودر کربن فعال به سیستم لجن فعال مزایای ذیل را نیز ارائه می‌دهد:

۱- کنترل وبهره برداری از سیستم را ساده نموده و نیـاز بـه نگهـداری دائـم را کاهش می‌دهد.

۲- باعث رشد بسیاری از میکرواورگانیسمهای مفید گردیده و تنـوع زیسـتی در سیستم را افزایش می‌دهد.

۳- تصفیه ، حمل و نقل لجن ثانویه را بهبودی بخشیده و نیاز به آبگیری را کاهش میدهد.

نامبرده در همین مطالعات به این نتیجه رسید که حتی با قطع ورود کربن تا یک ماه هنوز کیفیت فاضلاب تصفیه شده بمراتب بهتر از عملکرد یگان شاهد می‌باشد.

وی این موضوع را ناشی از احیا بیولوژیکی کربن در حین چرخش در سیستم تصفیه میداند.

همچنین آدامز در سال ۱۹۷۵ ضمن مطالعه راجع به هضم بیهوازی لجن ثانویه به این نتیجه رسید که :

۱- افزودن پودر کربن فعال در سیستم تصفیه لجن فعال ، نهایتا منجر به تولید لجنی گردیده که براحتی هضم می‌گردد.

۲- وجود کربن فعال باعث کاهش چربی و کف درهاضم میشود.

۳- کربن فعال مانند یک کاتالیزور عمل نموده و لذا با شکستن اجزا آلی در لجن آنرا به حداقل می‌رساند.

۴- تولید گاز در سیستم بیشتر می‌شود.

۵- حساسیت سیستم در برابر مواد سمی کاهش یافته وزمان بازیافت کوتاهتر می‌شود.

۶- وجود کربن فعال باعث افزایش محلهای مناسب جذب و تغلیظ مواد آلی در نتیجه افزایش واکنش بیهوازی و کاملتر هضم می‌گردد.

۷- لجن هضم شده غلیظ تر شده حمل و دفع آن ساده تر می‌گردد.

هون سیکر و المیدا (۱۹۷۵ ، **Hunsicker& Almmedia**) در همین زمینه به این نتیجه رسیدند که مصرف کربن فعال در سیستم هضم غیر هوازی لجن باعث بهبود عملیات میگردد، نامبردگان اعلام کردند که:

۱- افزودن پودر کربن فعال باعث کاهش بوی نامطبوع‌هاضم‌ها میگردد.

۲- باعث کاهش در مقدار مواد جامدهاضم میگردد.

۳- تولید گاز در اثر افزودن پودر کربن فعال زیاد میشود.

۴- از نظر اقتصادی ،بدلیل کاهش مشکل عملیاتی این روش بسیار مناسب است.

بر اساس مطالعات انجام گرفته دیجان و آدامز (۱۹۷۵ ،**Dejohn& Adams**) راجع به بررسی ومقایسه بازدهی و مزایای ستون کربن فعال دانه ای و سیستم **PACT** ، در تصفیه پالایشگاه نفت ، با ارائه مزایای اساسی روش اخیر و نشان دادن نقاط ورود پودر کربن (مخزن هوادهی ، خط برگشت لجن ، ته نشین ثانویه) به این نتیجه رسیدند که استفاده از فرایند **PACT** ، برای تصفیه فاضلاب یک پالایشگاه نفت با میزان BOD_5 ورودی **۴۰۰mg/l** موجب افزایش حذف BOD_5 تا ۵۰٪ نسبت یگان شاهد ، کنترل میزان کف در منطقه هوادهی ، به حداقل رسانیدن اثرات مواد سمی و چربی در فرایند تصفیه بیولوژیک و بهبودی در ته نشینی لجن میگردد. مطالعات بیشتر نشان داد که این فرایند دربرابر ورود آبهای ترش حاوی سولفیدها و

نیز فلزات سنگین و مواد سمی فاضلاب بخوبی مقاومت مینماید و از نظر اقتصادی نیز نسبت به فرایند لجن فعال به تنهایی و همراه با ستون کربن فعال دانه ای ارجحیت دارد.

فلین و باری (۱۹۷۶، **Flynn & Barry**) ، ضمن ارائه مراحل انتخاب یک گزینه از بین روشهای موجود تصفیه فاضلاب ، در پایان دلایل انتخاب فرایند **PACT** را همراه با مزایای این روش ارائه نمود . بر اساس نظریات نامبردگان انتخاب یک روش تصفیه در چهار مرحله اساسی بشرح ذیل انجام میشود.

۱- غربال کردن فرایندها برای حذف روشهایی که از جنبه تکنیکی قابل اجرا نمی باشند.

۲- تعیین شرایط اقتصادی روشهای باقیمانده و حذف روشهایی که از جنبه اقتصادی قابل اجرا نمی باشند.

۳- بررسی اقتصادی روشهای باقیمانده در شرایط بهینه برای تعیین دقیق مخارج و مزایای هر روش

۴- انتخاب یک روش نهایی با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی و نیز عوامل کیفی مانند سیاستهای زیست محیطی ، انعطاف پذیری روشها و ملاحظات آتی در مورد منابع آبی.

و سرانجام با بررسی نتایج سیستم تصفیه فاضلاب تاسیسات شرکت دوپونت در جنوب فیلادلفیا با بیش از ۲۰۰۰ واحد صنعتی که دارای فاضلاب کاملا اسیدی ، حاوی فلزات سنگین ، رنگهای محلول و ترکیبی پیچیده و متغیر مواد آلی بود ، به این نتیجه رسیدند که:

۱- سیستم **PACT** بسیار پایدارتر از سیستم لجن فعال بوده و دارای پساب نهایی با کیفیت بالاتری است.

۲- سیستم **PACT** به مثابه یک تصفیه مرحله سوم و پیشرفته عمل می‌نماید.

۳- عملکرد این روش با واحد لجن فعال مجهز به ستون کربن فعال دانه ای ، کاملا قابل مقایسه می‌باشد.

۴- از جنبه مخارج سرمایه ای روش **PACT** ، ارزانتر از روش کاربرد ستون کربن فعال دانه ای ، پس از تصفیه بیولوژیک می‌باشد.

فرگوسن و همکاران (۱۹۷۶، **Ferguson etal**) ، ضمن مطالعه در مورد تصفیه فاضلاب صنعتی و انسانی در سیاتل آمریکا مزایای ذیل را با افزودن پودر کربن فعال در سیستم تصفیه بیولوژیک لجن فعال بصورت تثبیت تماسی بصورت ذیل ارائه نمودند:

۱- این روش زمان ماند هیدرولیکی را بدلیل جذب سریع و حذف مواد آلی کوتاه می‌نماید.

۲- سیستم بیولوژیک را در برابر بار ناگهانی یا کاهش ناگهانی درجه حرارت محافظت می‌نماید.

۳- سیستم را از مواد سمی و بازدارنده رشد و فلزات سنگین محافظت می‌کند.

۴- مواد غیر قابل تجزیه بیولوژیک توسط کربن فعال جذب می‌گردد.

۵- نسبت برگشت لجن مورد نیاز کاهش می‌یابد.

۶- بدلیل احیا بیولوژیک کربن فعال در فرایند تصفیه لجن فعال عملکرد این ماده بهتر از سیستمهای تصفیه فیزیکی و شیمیایی می‌باشد .

روبرتاسیو و همکاران (۱۹۷۶، **Robrtaccio etal**)، در مطالعات خود پیرامون برخی از اشکالات مطرح شده بوسیله دیگر محققین ، با بررسی تصفیه خانه‌های مختلف و ضمن ارائه یک طبقه بندی کامل از مواد موجود در فاضلاب ، شامل چهار گروه (غیر قابل تجزیه و غیر قابل جذب ، قابل تجزیه و غیر قابل جذب ، غیر قابل تجزیه و قابل جذب ، ونهایتا قابل تجزیه و قابل جذب) در نهایت به این نتیجه رسیدند که اشکالات مطرح شده از قبیل اشغال سطح کربن بوسیله محصولات جانبی سوخت و ساز در عمل پیش نخواهد آمد علاوه بر آن نامبردگان مزایای دیگری را نیز برای این روش **PAC** به سیستم لجن فعال بشرح ذیل ارائه نمودند:

۱- افزایش سرعت تصفیه بیولوژیکی .

۲- سازگاری روش فوق با تاسیسات موجود تصفیه خانه.

۳- امکان افزایش میانگین زمان اقامت توده بیولوژیکی.

آنها به این نتیجه کلی رسیدند که ورود **PAC** ، بطور مداوم د رمنطقه هوادهی باعث ایجاد شبکه متنوعی از میکرواورگانیسمهما و ذرات کربن می‌گردد. در این حالت کربن بخشی از موادآلی را جذب

می‌کند و علاوه بر اینکه همانند یک عامل وزنی عمل نموده و ته نشین و تغلیظ لجن را بهبود می‌بخشد همچنین صرف نظراز قابلیت تجزیه پذیری مواد آلی حذف آنها را تسریع می‌نماید خاصیت جذب کربن باعث کنترل نوسان مواد آلی فاضلاب شده، جذب مواد سمی را ممکن نموده ، مواد مانع رشد بیولوژیکی و مواد فعال سطحی را که باعث بروز کف در هوادهی می‌شوند جذب می‌نماید. وجود کربن باعث تسهیل حمل و آبگیری و هضم بیهوازی و دفع لجن می‌گردد. در پایان پیشنهاد نمودند که برای ایجاد شرایط مناسب تر اقتصادی میتوان از سن لجن بالا ، مقدار مصرف کربن را کاهش داد.

گریوزو استنستروم (۱۹۷۷، **Grieves & stenstrom**) ضمن استفاده از روش **PACT** برای تصفیه فاضلاب پالایشگاه نفت نتایج را با روش کاربرد ستون کربن دانه ای ، پس از تصفیه بیولوژیکی مقایسه نمودند. نامبردگان مطالعات خویش را در ضمینه کاربرد ، **PACT** و مقایسه اقتصادی آن با روشهای دیگر برای تصفیه فاضلاب پالایشگاه نفت را در سالهای بعد نیز ادامه دادند. آنان همچنین به این نتیجه رسیدند که افزودن پودر کربن فعال ، به دلیل حذف مواد سمی بیشترین اثر نیتریفیکاسیون دارا می‌باشد. هم چنین آنان در مطالعات خود بر روی یک مدل نیمه صنعتی لجن فعال همراه با **PAC** ، سه مسئله اساسی در سیستم را بترتیب میزان سطح فعال ، غلظت کربن در هوادهی و سن لجن ارزیابی نمودند. این مطالعات نشان داد که با افزودن **PAC** ، میتوان سن لجن را به مقدار بسیار بیشتر از سیستم لجن فعال بالا برد . دریک مورد سن لجن تا ۱۵۰ روز افزایش یافت ، اماالبته در این محدوده ، اشکالاتی در سیستم مشاهده شد.

تیبالت و همکاران (۱۹۷۷، **Thibauil etal**) با بررسی کاربرد روش **PACT** در تصفیه فاضلاب پالایشگاههای نفت ، در درجه اول به ازدیاد نیتریفیکاسیون و حذف آمونیاک و نیز بهبود شاخص حجمی لجن توجه نمودند. در بررسیهای بعمل آمده توسط نامبردگان از یک پلیمر آنیونی برای افزایش لختههای بیولوژیکی و کاهش مصرف **PAC** استفاده شد و. سپس کربن را بصورت مخلوط با آب وارد سیستم میشد.

با ادامه بررسی در مدل نیمه صنعتی و کاربرد کربن فعال با پایه چوب و لیگنیت به این نتیجه رسیدند که کربن با پایه چوب بهتر از کربن نوع دوم عمل نموده و مخصوصا در برابر شوکهای وارده عملکرد بمراتب بهتری دارد.مطالعات آنها هم چنین نشاندهنده کاهش د رمقادیر **COD** و**TOC** خروجی و بهبود **SVI** در حالت استفاده از پودر کربن فعال نسبت به حالت یگان شاهد بود.

کالپ و شاکرو (۱۹۷۷ ، **Culp & Shuckrow**) ضمن مقایسه کابرد ستونهای **GAC** بعد از تصفیه بیولوژیک با سیستم **PACT** ، در زمینه بازدهی حذف مواد آلی و شاخصهای اقتصادی به این نتیجه رسیدند که روش **PACT** از جنبه بازدهی نیز دارای نتایج مشابه میباشند . نامبردگان در مطالعات خود روش **PACT** از جنبه اقتصادی بر کاربرد ستونهای **GAC** پس از تصفیه بیولوژیک ارجحیت دارد و از جنبه بازدهی نیز دارای نتایج مشابه میباشند . نامبردگان در مطالعات خود روش **PACT** را با روشهای مختلف فیزیکی و شیمیایی و روش لجن فعال برای تصفیه فاضلابهای صنایع شیمیایی نیز مقایسه نمودند و به این نتیجه رسیدند که ، روش **PACT** از تمام روشهای مورد بررسی در حذف مواد آلی و آمونیاک مناسب تر میباشد.

دوال و چاین (۱۹۷۷ ، **Dewalle & chain**) برای پیش بینی نتایج کاهش غلظت مـواد آلـی ناشی از افزودن **PAC** یک مدل ریاضی ایجاد نمودند در تشریح رفتار جذب سطحی **PAC** ، از معادله همدما فرندلیچ (**Freundlich Isotherm**) استفاده و ملاحظه شـد کـه بـا افـزایش زمـان مانـد سلولی در درون راکتورها، افزایش قابل ملاحظه ای در ماکزیمم ظرفیت جذب کننده روی میدهد. هم چنین جذب مواد آلی که از طریق بیولوژیک نیز به کندی صورت میگیرد، با افزودن **PAC** امکان پذیر است. مقادیر نسبتا" بالای نوده زیستی منجر به بازیابی و تولید مجدد آسانتر **PAC** میگردد و اینطـور نتیجه گیری نمودند که نسبت نسبی ذرات جامد توده بیولوژیـک بـه ذرات کـربن میتوانـد در تعیـین مقدار و اندازه بازیابی و تولید مجدد روزانه **PAC** بکار گرفته شود و تولید مجدد روزانه بطور تقریبی با ریشه دوم غلظت ورودی افزایش می‌یابد.

برندت و یالکوسـکی (۱۹۷۸ , **Berndt & Pollcowskl**) طـی بررسـی کـار بـرد **PACT** در تصفیه فاضلاب شهری باین نتیجه رسیدند که ، اولا" این روش باعث حذف کامل آمونیـاک در دمـای $۱۰^{\circ}c$ میگردد. همین بررسی نشان داد که در شرایط پائین رفتن درجه حـرارت محیطـی تـا $۰^{\circ}c$ نیـز کارایی سیستم در حذف آمونیاک مناسب میباشد. ثانیا" نامبردگان نشان دادنـد کـه در صـورت احیـا کربن فعال مصرف شده با استفاده از اکسیداسیون هوای مرطوب و درجه حرارت $۲۰۰^{\circ}c$ حداکثر افـت وزنی کـربن بـیش از ۵٪ نخواهـد بـود. فرگوسـن و همکـاران (۱۹۷۹ , **Ferguson etal**) ضـمن مقایسه عملکرد سیستم لجن فعال با روش تثبیت تماسی و افزودن **PAC** بـا یگـان شـاهد و بررسـی نحوه مقابله هرکدام از روشهای فوق در برابر بارهای ناگهانی برخی فلزات سنگین (مس، سرب، روی و

کرم) و مواد آلی نظیر تری کلروفنل نشان دادند که روش **PACT** علاوه بر حذف بهتر**COD** نسبت به سیستم شاهد و بهبود به نشینی لجن ، بار وارده بوسیله فلزات سنگین و تری کلروفنل را نیـز بخـوبی تحمل نموده و می‌تواند تا ۵۰٪ فلزات سنگین و تمامی کلروفنل را حذف نماید. عملکرد سیستم شاهد در مقابل ورود مقادیر مشابه تری کلروفنل و فلزات سنگین کاملا" مختل گردید.

فلین و اسـتادنیک (۱۹۷۹ , **Flynn & Stadnikg**) سیسـتم تصـفیه فاضـلاب یـک مجتمـع شیمیایی و پتروشیمی را راه اندازی نمودند. نامبردگان برای کنترل عملکرد و راه انـدازی سیسـتمهای اندازه گیری تغییرات آدنوزین تری فسفات ، سن لجن و میزان کربن ورودی را مهم میدانند.

ساندااسـتورم و همکـاران (۱۹۷۹ , **Sundstorm etal**) راکتورهـای بیولوژیـک را در معـرض شوک و انتشار گلوکز و فنل قرار دادند. با ورود ناگهانی فنل ، افزودن **PAC** ، سریعا" غلظت فنل را در راکتور پائین آورده و به بهره برداری دائمی در حضور غلظـت فنـل ورودی بـالای **mg/l** ۱۰۰ منجـر میگردد. آنان نتیجه گرفتند که **PAC** یک روش کنترل موثر برای نگهداری پساب خروجی با کیفیـت بالا در حضور مواد سمی و خطرناک میباشد .

لیپزیک (۱۹۸۰ , **Lelpzig**) با مطالعه تأثیر **PACT** برای تصفیه فاضلاب صـنایع شـیمیایی در مقیاس نیمه صنعتی ، گزارش داد که ، در سیستم **PACT** ، با سن زیاد لجن ، نیتریفیکاسیون بسـیار خوب انجام میشود. در حالیکه در همان شرایط در**AS** این عمـل بخـوبی انجـام نمیگـردد. وی دلیـل چنین وضعیتی را جذب مواد بازدارنده رشد نیتریفایرها و اتصال باکتریهای عامـل نیتریفیکاسـیون بـه سطح کربن میداند.

گراتچ (Grutsch , ۱۹۸۰) در مورد تصفیه فاضلاب صنایع پالایشگاههای نفت عنوان نمود کـه ، استفاده از زمان ماند بیولـوژیکی طـولانی AS و PAC بیشـتر ، دو رویـه مـورد اسـتفاده ، در بهبـود بخشیدن به اجرای هر چه بهتر یگان AS در حذف مواد آلی موجود در فاضلاب میباشد.

سابلت و همکاران (Sublette etal , ۱۹۸۲) ضمن بررسی مقالات موجـود، دلیـل اسـتفاده از فرایند PACT را امکان پذیری تکنیکی و اقتصادی این روش و افزایش بازدهی فرایند لجـن فعـال تـا حد تصفیه پیشرفته ، بدون افزایش مخارج عملیات و سرمایه گذاری دانستند.

در بررسی روشهای جدیـد تصـفیه فاضـلابهای صـنعتی اکـن فلـدر (Eckenfelder , ۱۹۸۲) استفاده از پودر کربن فعال را برای تصفیه فاضلاب پالایشگاههای نفت بدلیل حذف بیولوژیکی آمونیاک از طریق فرایند نیتریفیکاسیون – دنیتریفیکاسیون، مقابله با بارهای ناگهانی مواد آلی و سـمی بهبـود شرایط سیستم و حذف مواد آلی غیر تجزیه بیولوژیکی را توصیه می‌نماید.

جادکینز (Judkinz , ۱۹۸۲) در بررسی مقالات مربوط به تصفیه فاضلابهای نسـاجی، بـه ایـن نکته اشاره گردید که، نتایج خوبی از راندمان تصفیه خانه‌هایی که در راکتور هوادهی لجن فعـال آنهـا PAC اضافه میگردد و فاضلاب حاصل توسط منعقد ساز آلوم لخته میگردد گزارش شده است.

کرمک و همکاران (Cormack etal , ۱۹۸۳) اعلام نمودند که ، برای حذف ترکیبات سمی و مقابله در برابر ورود ناگهانی این ترکیبات، واحد PACT کاملا" مؤثر میباشد.

هم چنین کانی و همکاران (Canney etal , ۱۹۸۴) راندمان بالای حذف پارامترهای , BOD_5 COD و ترکیبات آلی کلردار را در فرایند تصفیه PACT کـه مجهـز بـه واحـد بازیـابی WAR بـود،

گزارش دادند. غلظت ترکیبات آلی کلردار از میزان mg/l ۱۵۰ به کمتر ازmg/l ۰/۰۵ کاهش یافته بود.

چائو و شیه (Chao & Shieh , ۱۹۸۵) در مورد تصفیه خانه فاضلاب کارخانه تولید فولاد مطالعاتی انجام دادند. نتایج این بررسی به شرح ذیل میباشد:

۱- ظرفیت تصفیه یگان AS با در نظر گرفتن میزان حذف COD ، سیانید و تیوسیانات هنگامیکه PAC به مقدار mg/l ۳۰۰ به راکتور هوادهی افزوده میشود به بیش از دو برابر مقدار عادی خواهد رسید.

۲- جذب سطحی ، کسری از COD که بطریقه بیولوژیکی غیر قابل تجزیه می‌باشد ، توسط PAC به عنوان مکانیسم عمده جذب سطحی ظاهر گردیده و نهایتا منجر به بهبودی در حذف COD و سودمندی یگانهای حاوی PAC خواهد شد.

۳- افزودن PAC ، موجب تحریک اکسیداسیون میکروبی سیانید و تیوسیانات در فرایند AS خواهد شد.

۴- مابین تعداد نیتروژن آزاد شده از سیانید و تیوسیانات توسط اکسیداسیون میکروبی و افزایش مقدار نیتروژن در پساب خروجی روابط استوکیومتری موجود است.

تاکاس (Takacs ، ۱۹۸۶) کاربرد یک مدل ریاضی در تصفیه PACT را ارائه داد. وی مدلهای دینامیکی دولد، آکاما و مارایس را برای تصفیه بطریقه PACT اصلاح نمود . جذب سطحی توسط PAC ایزوم لانگ میر برآورد میگردید و قادر بود که فرایند افزودن PAC را مشابه سازی نماید. هم

چنین معادله پفلانز (**Pflanz**) که ته نشینی و گردش مجـدد فاضـلاب را شـامل میگردیـد ، بـرای تسریع بهره برداری پیوسته در این مدل بکار گرفته شد.

گارسیا و همکاران (۱۹۸۶ , **Garcia etal**) عکس العمل راکتورهای موازی لجن فعال مجهز به همزن را که یکی از آنها **PAC** دریافت مینمود، مورد مورد آزمـایش قـرار دادنـد. فاضـلاب سـاختگی ورودی به راکتورها حاوی ماده شیمیایی ۴ ، ۶ – دی نیترو-او-کرزول بـود. بـر مبنـای انـدازه گیـری حذف سوبسترا ویژه و ضریب سرعت تجزیه پذیری بیولوژیکی برای یگانهای موازی ، بهبودی در میزان تجزیه پذیری بیولوژیک مشاهده شد.

بندک و همکاران (۱۹۸۶ , **Benedek etal**) با افزودن **PAC** در راکتورهای تصفیه بیولوژیک فاضلاب صنایع شیمیایی ، نشان دادند که بازدهی حذف **COD** افزایش یافته و حـذف هرچـه بیشـتر مواد آلی کمیاب را ناشی میگردد. مقدار مناسب **PAC** لازم برای فاضـلاب ورودی بـا **COD** ، **mg/l** ۳۰۰۰ ، در حدود **mg/l** ۱۰۰ میباشد. همچنین افزودن **PAC** مشکلات ناشی از کف نمودن فاضلاب را کاهش میدهد و موجب بهبودی در شاخص حجمی لجن میگردد.

نگ و استنستروم (**Ng & Stenstrom**) در بررسی اثر افزودن **PAC** به یگان لجـن فعـال بـر نحوه نیتریفیکاسیون در مقیاس آزمایشگاهی، مهمترین مزایای این روش را در افزایش نیتریفیکاسیون یعنی احیا مداوم بیولوژیک کربن فعال ، افزایش سطح رشد نیتریفایرها بوسـیله کـربن فعـال و جـذب مواد سمی و بازدارنده رشد نیتریفایرها را مورد ارزیابی قرار دادند. معلوم شده که افزودن **PAC** بدلیل حذف مواد سمی بیشترین اثر را در افزایش نیتریفیکاسیون دارا میباشد.

تیم و موزاینی (Thiem & Muzaini , ۱۹۸۷) کارایی یگان **PACT** را در افزایش حذف ترکیبات آلی سمی مخصوص در فاضلاب را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصل از مطالعات بر روی راکتورها در شرایط یکنواخت نشان میدهد که ، افزودن **PAC** به میزان کمتر از **mg/l** ۱۰۰ حذف ترکیبات آلاینده با اولویت اول را افزایش نمی دهد. همچنین **PAC** نه تنها در کاهش آلودگی پساب خروجی ، بلکه همچنین مقادیر ترکیبات فرار را که به اتمسفر رها میشوند را کاهش داده و در کنترل بو نقش بسار مهمی را ایفا می‌نماید.

نگ و همکاران (Ng etal , ۱۹۸۸) بر روی چگونگی هضم بیهوازی لجن تولیدی در فرایند تصفیه **PACT** را در کنترل مواد سمی و بازدارنده رشد در هضم بیهوازی را مورد بررسی قرار دادند. آنان با انجام بررسی در مقیاس آزمایشگاهی به این نتیجه رسیدند که ، وجود پودر کربن فعال باعث افزایش سرعت تولید گاز متان در حضور مواد بازدارنده رشد مانند ۲ و ۴-دی کلروفنل، ۲-نیتروفنل، ۲-کلروفنل و فنل میگردد. علاوه بر این **PAC** ، اثرات بازدارندگی مواد فوق را بحداقل میرساند.

لی و همکاران (Lee etal , ۱۹۸۸) از فرایند **PACT** برای تصفیه فاضلاب مصنوعی حاوی Cr^{+6} در مقیاس آزمایشگاهی استفاده نموده و ضمن ارائه سینتیک حذف ، باین نتیجه دسیدند که ، اولاً سیستم **PACT** بهتر از سیستم لجن فعال با اختلاط کامل این ماده را حذف می‌نماید و ثانیا" مقاومت این فرایند در برابر بارهای ناگهانی غلظتهای بالای Cr^{+6} بیشتر از یگان شاهد میباشد.

لی و همکاران (Lee etal , ۱۹۸۹) در مطالعات بعدی خود در همین زمینه به مسئله مکانیسم حذف Cr^{+6} توجه نموده و عامل اصلی بازدهی مناسب جذف کرم در فرایند **PACT** را جذب

این ماده توسط **PAC** و نیز جلوگیری از ورود فشار به سیستم بیولوژیک بدلیل همین جـذب ارزیـابی نمودند.

دینی و همکاران (۱۹۸۹ , **Deeny etal**) افزودن **PAC** به راکتورهای لجن فعال در ۱۱ تصفیه خانه فاضلاب شهری را مورد ارزیابی قـرار دادنـد. غلظـت **PAC** در درون تانـک هـوادهی در مقـادیر **mg/l** ۶۰۰۰-۳۰۰۰ بود. نتایج نشاندهنده افزایش در حذف پارامترهای شاخص آلودگی بود.[۳]

فصل هفتم

استفاده از تالابهای مصنوعی در تصفیه فاضلابهای صنعتی

۱) تالابهای مصنوعی

تالابهای مصنوعی سیستم‌هایی هستند که بویژه برای تصفیه فاضلاب ساخته شده‌اند و در محل‌هایی قرار دارند که تالاب طبیعی حداقل در زمان ساخت تالاب مصنوعی در آنجا وجود نداشته است. تالاب‌های مصنوعی ۵ جزء اصلی به شرح زیر دارند:

-بسترهایی با توان متفاوت در نگهداری آب،

-گیاهان سازش یافته با بسترهای غیر هوازی،

-ستونی از آب که به طرق مختلف وارد بستر شده یا به آن میریزد.

-مهره داران و بی مهرگان،

-جمعیت میکربی هوازی و بی هوازی.

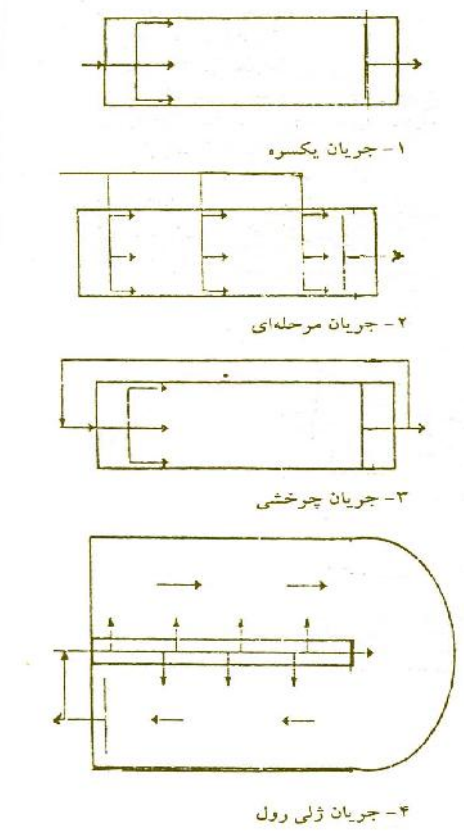
۲) ساختار تالابهای مصنوعی

تالابهای مصنوعی عمدتا" به دو نوع زیر تقسیم می‌شوند:

-سیستم جریان سطحی آب (**Surface flow system**)

-سیستم جریان زیر سطحی آب (**Subsurface flow system**)

در سیستم جریان سطحی آب (**SF**) گیاهان برآمده از آب در بستر کم عمق کاشته می‌شود. در تمام مدتی که فاضلاب در بستر جریان دارد سطح آن درمعرض هواست.



شکل ۱) مدلهای اصلی جریان فاضلاب در تالابهای مصنوعی

در سیستم جریان زیر سطحی آب (**SSF**) بستری عمیق حدود سی سانتیمتر از سنگ، سنگریزه، ماسه یا خاک وجود دارد.گیاهان این محیط همان گیاهان برآمده از سیستم اول هستند با این تفاوت که سطح آب، زیر سطح بالایی بستر قرار دارد و در نتیجه جریان فاضلاب درتمام طول بستر، جریان زیر سطحی است. جریان فاضلاب در تالاب مصنوعی به ۳ وضعیت می‌تواند باشد: (شکل ۱)

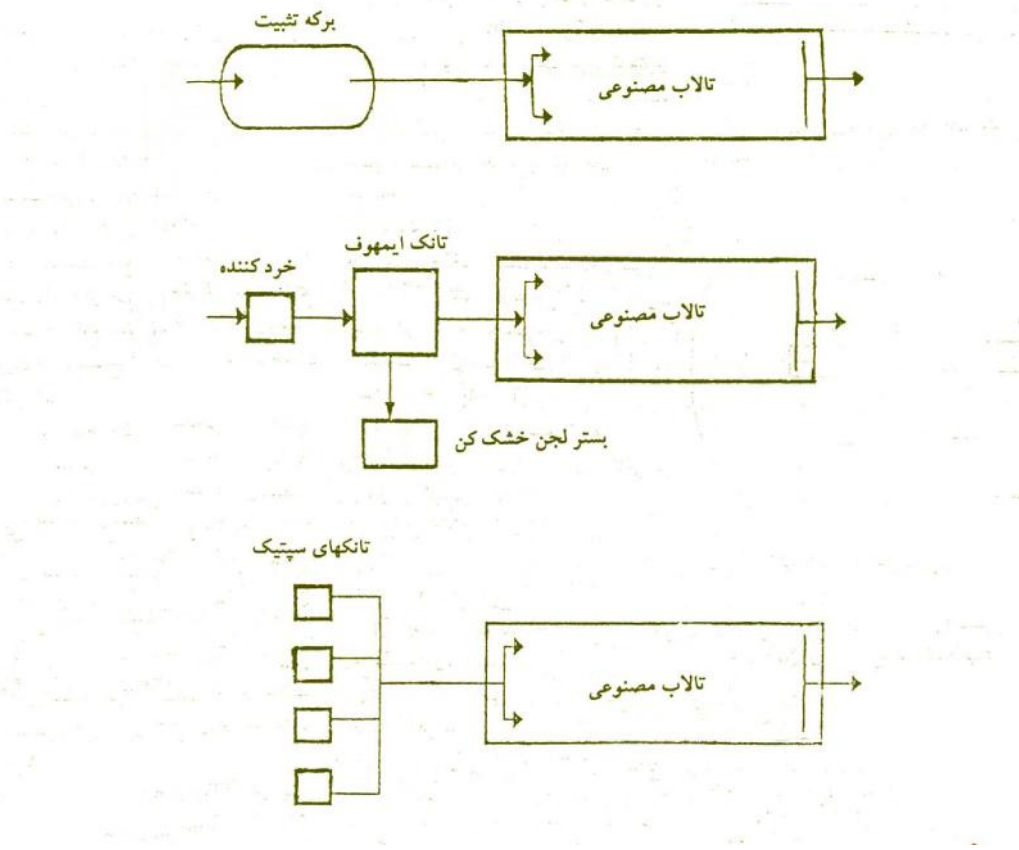
۱- جریان یکسره (**Plug flow**) : در این وضعیت فاضلاب یکباره وارد سیستم میشود، این شیوه کمترین نیاز را به لوله کشی، صرف انرژی و نگهداری دارد.

۲- جریان مرحله ای (**Step feed**) : در این روش می‌توان از سطح بیشتری از تالاب استفاده کرد. جریان مزبور برای جدا کردن جامدات و تـأمین کـربن بـرای خـروج نیتروژن در بخش پایینی بستر مفید است.

۳- جریـان چرخشـی (**Recirculation**) : چـرخش چنـد بـاره فاضـلاب در سیستم ، باعث کاهش اکسیژن مورد نیاز برای تجزیه زیستی ، ذرات جامد معلق ، کاهش بوی بد و بالا بردن اکسیژن محلول و زمان ماند است. این شیوه هزینه ساخت و نگهداری را بالا می‌برد و نیاز به پمپ کردن دارد.

شیوه دیگری نیز وجود دارد که ترکیبی از جریان چرخشی و جریان مرحله ای است و به آن ژلـی رول (**Jelly roll**) میگویند. این روش نیاز به لوله کشی و پمپ کردن کمتری دارد و در آن یک لولـه ورودی بلند با انشعابات قابل تنظیم ، فاضلاب را بخوبی پخش می‌کند. با توجه به این که زمان ماند در تالابهای مصنوعی نسبتا" بالاست و اصولا" این سیستم‌ها قادرنـد آلـودگی‌هـای نـاچیز در فاضـلاب را حذف نمایند، توصیه می‌شود از آنها در تصفیه ثانویه و نهایی اسـتفاده شـود. بـرای تصـفیه مقـدماتی می‌توان از تانک ایمهوف ، چاه فاضلاب، لاگون تثبیت فاضلاب یا تانک رسوب گـذاری اولیـه اسـتفاده کرد.(شکل ۲) سیستمهای بالابی بربسیاری از آلودگیها اثر دارد و سبب کاهش آنها می‌شود کـه ذرات معلق جامد، اکسیژن خواهی زیستی، نیتروژن، فسفر، فلـزات سـنگین و عوامـل بیمـاریزا از آن جملـه است. کاهش آلودگی نتیجه کارهای متفاوتی چون رسوب گذاری ، فیلتر شدن، ته نشین شـدن مـواد، جذب سطحی ، عملکرد میکروبی و جذب گیاهی می‌باشد. در بسیاری اوقات برای بالا بـردن دانـدمان

تصفیه از ترکیبات مختلف تالاب‌های مصنوعی با همدیگر یا با سیستم‌های دیگر تصفیه استفاده می‌شود که انتخاب این ترکیب بستگی به شرایط دارد. (شکل ۳ تعدادی از این سیستم‌های ترکیبی را نشان می‌دهد)



شکل۲) مدلهای پیشنهادی برای تصفیه مقدماتی یا اولیه فاضلاب توسط تالابهای مصنوعی

۳) وظایف اجزاء اصلی تالاب

الف- گیاهان

در تالابهای مصنوعی از گیاهان برآمده از آب استفاده میشود که معمول ترین آنها عبارتند از:

نی : **Phragmites Australis**

لوئی : **Typha Latifolia**

بوریا : **Scirpus Lacustris**

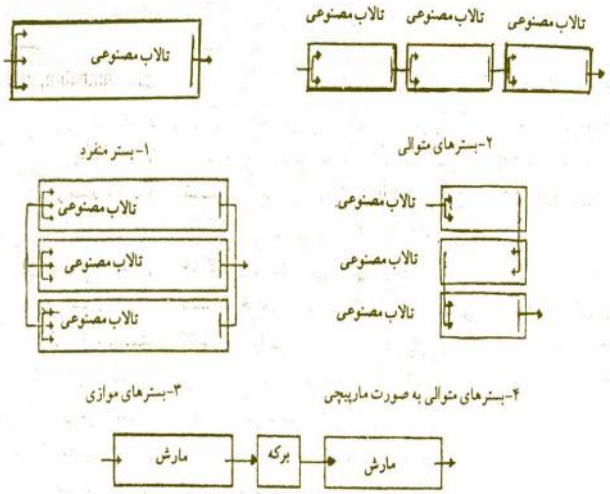
وظایف مهمی که ریشه‌ها و ساقه‌های زیرزمینی گیاهان داخل بستر به عهده دارند، شامل این موارد است:

۱- تهیه اکسیژن مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها،

۲- افزایش هدایت هیدرولیکی بستر،

۳- جذب آب و مواد غذایی و کاهش مواد مغذی فاضلاب،

۴- ایجاد محیط مناسب برای رشد چسبنده میکرب‌ها و تشکیل لایه میکربی،


تالاب مصنوعی
۱-بستر منفرد
تالاب مصنوعی
تالاب مصنوعی
تالاب مصنوعی
۲-بسترهای متوالی
تالاب مصنوعی
تالاب مصنوعی
تالاب مصنوعی
۳-بسترهای موازی
تالاب مصنوعی
تالاب مصنوعی
تالاب مصنوعی
۴-بسترهای متوالی به صورت مارپیچی
مارش
برکه
مارش
۵-بسترهای ترکیبی - متوالی
مارش
برکه
تالاب مصنوعی
۶-بسترهای ترکیبی - متوالی (برکه مشترک)
سیستم جریان سطحی آب (SF)
سیستم جریان سطحی آب (SF)
(SF)
برکه
(SSF)
(SF)
برکه
(SSF)
سیستم جریان زیر سطحی آب (SSF)
هوا
سیستم جریان زیر سطحی آب (SSF)
۷-بستر ترکیبی متوالی - موازی شده

گزینه‌های مختلف جهت استقرار تالابهای مصنوعی

ب- بستر

موادی که معمولا" در بسترها استفاده می‌شود عبارتند از:

شن ، ماسه بادی ، خاک ، ماسه ، قلوه سنگ و یا مخلوطی از این مواد است.

مواد تشکیل دهنده بستر وظایفی را به عهده دارند که عبارتند از:

۱- بوجود آوردن محیط چسبنده رشد میکربی،

۲- بوجود آوردن شرایط رشد ریشه،

۳- ایجاد محل برای عبور فاضلاب و ایجاد تماس آن با ریشه نی‌ها و بیوفیلم شکل گرفته،

۴- مرطوب یگهداشتن ریشه نی‌ها.

در مطالعات بسترهای شنی حداکثر عمق بستر برای گیاهان بوریا، نی و لویی بترتیب ۰/۶، ۰/۷۲ و ۰/۳ متر برآورد شده است.

ج- میکروارگانیسمها

در سیستم تالاب‌های مصنوعی گستره وسیعی از گونه‌های مختلف میکرب‌ها در تصفیه شرکت دارند. از باکتریها تا پروتوزئوها و حتی بعضا" جانوران بزرگتر نیز نقش عمده ای در تصفیه فاضلاب ایفا می‌کنند.

این میکروبها با استفاده از مواد آلی ، فسفر و نیتروژن فاضلاب در تصفیه شرکت می‌کنند.

نوع رشد باکتری‌های در تالاب‌های مصنوعی از نوع رشد چسبنده است.

در سیستم تالاب‌های مصنوعی ، نی‌ها، بستر و میکرب‌ها هر کدام با نقشی که تشریح شد در تصفیه شرکت دارند. این اجزاء با هم می‌توانند مواد آلی ، مواد جامد معلق ، مواد مغذی ، فلزات سنگین و عوامل بیماریزا را حذف کنند.

بیشترین کاربرد تالاب‌های مصنوعی در تصفیه فاضلاب شهری و فاضلاب معادن است. از دیگر کاربردهای آن تصفیه فاضلاب صنایع نساجی، پساب صنایع مواد غذایی ، پساب پالایشگاه ، مازاد مرغداری‌ها، شیرابه یا زیراب حاصل از دفن زباله‌ها و هرزاب شهری را می‌توان نام برد.

۴) حذف فلزات سنگین در تالاب مصنوعی

تالاب‌های مصنوعی قادر به کاهش فلزات از طریق : رسوب گذاری، فیلتر شدن، جذب سطحی، ایجاد ترکیبات، ته نشینی، جذب گیاهی و فعل و انفعالات واسطه ای میکربی بویژه اکسیداسیون هستند.

۱- در سال ۱۹۸۸، **Dunbabin etal** ثابت کرد که حذف فلزاتی مانند کادمیم، مس و روی در تالاب‌های مصنوعی کوچک که در آن گیاه کاشته شده است بیشتر از همان تالاب و نوع بدون گیاه می‌باشد،

۲- براساس کارهای انجام شده در مقیاس نیمه صنعتی در سال ۱۹۹۶، **A.S.Mungur etal** ثابت کرد که سیستم تالاب مصنوعی با جریان زیر سطحی قادر به کاهش فلزات مس، سرب و روی می‌باشد.

تحقیقات انجام شده با ۳ غلظت ۱۰ ، ۵ و ۱ میلی گرم بر لیتر کارآیی سیستم جهت کاهش فلزات شامل مس، سرب و روی به ترتیب ۸۱/۷٪ تا ۹۱/۸٪ ، ۷۵/۸٪ تا ۹۵/۳٪ و ۸۲ تا ۹۰/۴٪ به اثبات رساند.

همچنین آزمایش‌های **B.H.Oue etal** در سال ۱۹۹۶ در مقیاس نیمه صنعتی حاکی از کارایی بالای سیستم تالاب‌های مصنوعی جهت کاهش فلزات سنگین بوده است.

در این تحقیق گونه استفاده شده **Carca phragmites** و بستر آن مخلوطی از شن و خاک رسی لومی بوده است.

کارایی سیستم جهت کاهش مس، کروم، روی، منگنز، کادمیم و آهن را به ترتیب ۷۰-۶۸ ، ۷۵-۷۲ ، ۷۴-۷۰ ، ۸۰-۷۴ ، ۷۵-۷۰ ، ۸۰-۷۳ را نشان داد. همچنین میزان تجمع فلزات سنگین در ریشه گیاه ۸ تا ۱۲ برابر بیش از مقدار آن در برگ و جوانه‌های گیاه بوده است.

۵) تصفیه پساب‌های صنعتی توسط تالاب‌های مصنوعی

تالاب‌های مصنوعی ظرفیت تصفیه فاضلاب‌های صنعتی را که شامل طیف وسیعی از مواد شیمیایی است دارا هستند. به ویژه فنل‌ها و کرزول‌ها که معمولا" توسط فرایندهایی چون جذب سطحی،

تخریب مولکول توسط باکتریها، اکسیداسیون و ته نشینی انجام می‌گیرد. کارهای انجام شده جهت حذف فنل از آبهای آلوده توسط **Wolverton etal** در سال ۱۹۷۶ روی ماکروفیت شناور سنبل آبی در مقیاس پایلوت انجام شده است. وی همچنین گیاه **Phragmites Communis** و **Typha-Lalifalia** را در محفظه‌های جداگانه ای با بستر شنی گذاشت و مدت ۸ ماه فاضلاب خانگی را بر آنها تأثیر داد، سپس کاهش فنل را طی ۲۴ ساعت با کارایی ۹۰٪ برای سیستم با گیاه و ۶۰٪ برای واحد بدون گیاه و کارایی کاهش ۷۰٪ کرزول را در واحد گیاهدار و ۵۸٪ جهت سیستم بدون گیاه مشاهده نمود. تالاب‌های مصنوعی هدف ما را از تصفیه فاضلاب تأمین می‌کنند.

مزیت استفاده از تالاب‌های مصنوعی در تصفیه فاضلاب و امکان استفاده مجدد از آب حاصل از تصفیه فاضلاب در درجه اول به علت هزینه بسیار کم آن است.

با استفاده از تالاب مصنوعی می‌توان بازیافت آب را با صرف هزینه کم عملی کرد و در ضمن بهره برداری اکولوژیکی از آن را افزایش داد. البته بهره برداری اکولوژیکی هدف اولیه نیست ولی از مزایای بسیار مهم و جانبی این سیستم تصفیه محسوب می‌شود.[۵]

فصل هشتم

مناسبترین گزینه تصفیه فاضلاب صنعتی از دیدگاه مدیریت

در اکثر موارد برای طرح یک سیستم صحیح تصفیه فاضلاب متناسب با شرایط موجود، مجبور به انتخاب یک سیستم از میان چندین گزینه متفاوت هستیم . لذا باید ابتدا هر کدام از این گزینه‌ها را ارزیابی کرده و سپس یکی از سیستمهای پیشنهادی را انتخاب کنیم. ممکن است بسیاری از گزینه‌ها مناسب شرایط مورد نظر ما باشند. هر کدام مزایا و معایب خاصی داشته باشند پس مجبور خواهیم بود که این خصوصیات را پیدا کنیم و سپس آن سیستمی که بیشتر از همه رضایت ما را جلب می‌کند انتخاب کنیم . برای ارزیابی این گزینه‌ها ابتدا باید شرایط کاری خود را کاملا" بشناسیم تا تنوانیم قضاوت صحیحی داشته باشیم. جهت ارزیابی سیستمهای پیشنهادی باید شاخصهای خود را طبقه بندی نموده و موارد ذیل را حتما" در تعیین آنها به کار بگیریم :

۱- اثر بخشی و اقتصادی بودن

۲- اعتماد پذیری سیستم

۳- انعطاف پذیری سیستم

۴- سرمایه ثابت و هزینه عملیاتی

۵- فضای عملیاتی مورد نیاز

۶- نیازهای راهبری و تعمیرات و نگهداری

۷- دفع مواد زاید حاصل از تصفیه فاضلاب.

- در هر مورد انتخاب باید از خود بپرسید :

آیا عملکرد سیستم می‌تواند با جریان کاری متفاوت و مشخصات فاضلاب حاصل از آن تطبیق لازم را پیدا کند؟ هزینه نصب و راه اندازی و تعمیرات و نگهداری چه مقدار است؟ آیا فضای مورد نیاز موجود است؟ چه مقدار آموزش و مهارت نیاز است تا بتوانیم سیستم را راه اندازی کنیم ؟ آیا شما و کارکنان بخش بهره برداری آشنایی کافی با سیستم دارید تا با آن کار کنید؟ این سیستم چه نوع لجنی تولید می‌کند و چگونه این لجن باید دفع شود؟ البته باید بدانید که هیچ سیستم تصفیه استانداردی در همه شرایط کار نمی کند بسته به اینکه شما با چه کسی صحبت می‌کنید با دامنه گسترده ای از عقاید و نظرات در مورد یک سیستم بخصوص روبرو خواهید شد. البته مطمئن باشید که با یک برخورد نظام گرا (**Systematic**) می‌توانید انتخابها را دسته بندی و ارزیابی کنید و هر چه بیشتر وارد کار می‌شوید متوجه می‌شوید که چه نکاتی اهمیت دارد و به سؤالات با اهمیت تری می‌رسید.

هدف از ارزیابی هرگزینه این است که شانس بررسی درست را بالا برده و ریسکها را کم کنیم. یکی از بهترین راههای ارزیابی یک سیستم این است که آن را در حال کارکردن در جایی همانند مورد کاری خودمان ببینیم. قبل از بازدید از محل، سؤالات خود را فرموله کنید : ببینید که هزینه و زمان راه اندازی چه مقدار بوده است، هر روز چه مقدار فاضلاب تصفیه می‌شود؟ آیا این فاضلاب شبیه به فاضلاب شماست؟ چه مدتی سیستم در محل بوده و چه مشکلات و مسائلی ایجاد کرده است؟ به چه تغییرات و اصلاحاتی نیاز بوده تا این سیستم کار کند؟ پیش زمینه اپراتورها چه مقدار بوده و چه مقدار آموزش دیده‌اند تا با این سیستم کار کنند؟ چه مقدار زمان و مراقبت لازم است تا سیستم کار

کند؟ کیفیت خدمات بعد از فروش، راضی بوده است؟ ببینید چرا مدیریت فکر می‌کند که سیستم همانگونه کار می‌کند که قرار بوده کار کند؟ چه نوع آزمایشها و داده‌هایی موجود است؟ آیا مجوز دهندگان از سیستم بازدیدی داشته‌اند و از آن راضی بوده اند؟ با نگاه اجمالی به سیستم ببینید از عهده چنین سیستمی در محیط کاری خود بر می‌آیید؟ آیا از اصول راهبری به اندازه کافی اطلاع دارید؟ آیا تمایلی به حمل مواد زاید و تهیه مواد شیمیایی دارید؟ آیا هزینه‌های خرید و راه اندازی و تعمیرات نگهداری در حد بودجه شماست؟

یکی دیگر از راههای ارزیابی یک سیستم انجام آزمایش در مقیاس آزمایشگاهی است. (**bench scale**) انجام آزمایشها در مقیاس آزمایشگاهی در حقیقت یک شبیه سازی در مقیاس کوچک است و هدف از آن ارزیابی تکنولوژی موجود تحت شرایط کنترل شده است. شما می‌توانید با تغییر پارامترهای آزمایش قسمتهایی از فاضلاب اصلی را تحت آزمایش قرار دهید . آزمایشهای آزمایشگاهی قدم اولیه مناسب برای شناخت سیستم با هزینه کم و تجربیات مشخص شده است و شما می‌توانید با آنچه به دست آورده اید مشکلات سیستم اصلی را حل کنید.

از فروشنده بپرسید چگونه می‌توان این آزمایشها را انجام داد. قدم بعدی انجام آزمایش در مقیاس نیمه صنعتی (**pilot**) است هدف از این آزمایش ارزیابی روش تصفیه تحت شرایط میدانی (**field**) قبل از پیاده سازی سیستم است. اگر سیستم تحت شرایط حقیقی آزمایش شود می‌تواند اطلاعات لازم را برای طراحی به ما بدهد . هر موقعی که لازم بود باید قبل از خرید، یک سری آزمایش در مقیاس نیمه صنعتی انجام شود. کسری از فاضلاب در یک پایلوت تصفیه می‌شود. تجهیزات این

آزمایش کوچک تر از مقیاس اصلی است. شخصی که آزمایش نیمه صنعتی را انجام می‌دهد باید آگاهی کامل داشته باشد تا بتواند پیشگویی کند . آیا واقعا" سیستم در مقیاس حقیقی هم همین نتیجه را می‌دهد؟ اگر تجهیزات را از یک فروشنده خریداری می‌کنید کاملا" بر طبق دستورات آنها آزمایشها را انجام دهید. تجهیزات را در محل نگهدارید و بدون کمک فروشنده چند هفته با آن کار کنید تا حدی که مطمئن شوید با تجهیزات آشنا شده اید. تصفیه فاضلاب آزمایشی را ادامه دهید ، ببینید آیا می‌توانید از عهده مشکلات برآیید؟

انجام آزمایش در مقیاس نیمه صنعتی شاید مهم ترین عامل در طراحی یک سیستم پیش تصفیه باشد، ممکن است شما بشنوید که یک سیستم در جایی دیگر کاملا" موفق عمل کرده و خوب کار میکند ولی از آنجایی که ماهیت فاضلابی که شما با آن سر و کار دارید کاملا" با آن فاضلاب متفاوت است شاید مجبور باشید که از سیستم دیگری استفاده کنید . تا زمانی که خودتان با فاضلابی که با آن سر و کار دارید آزمایش انجام نداده اید نمی توانید مطمئن باشید که یک سیستم کار می‌کند یا نه؟

حالا شما باید از میان چندین سیستم ارزیابی شده که ممکن است کمترین قیمت را هم نداشته ولی بیشترین هماهنگی را با شرایط کاری شما داشته باشند، سیستمی را انتخاب کنید، بنابراین مجبور خواهید بود که ملاکهای ارزیابی را مجددا" بررسی کنید و یک تجزیه و تحلیل اقتصادی انجام دهید. در انتخاب سیستم نهایی ملاکهای زیر را مد نظر قرار دهید:

۱- آیا سیستم اثر بخش است؟ آیا فاضلاب مورد قبول را تولید میکند؟

۲- آیا شما استطاعت مالی خرید آن را دارید؟ هزینه خرید، نصب، راه انـدازی و تعمیرات و نگهداری چه مقدار خواهد بود؟

۳- راه اندازی و نگهداری سیستم به چه سطحی از آموزش و تخصص نیـاز دارد ؟آیا از عهده شما و اپراتورهایتان بر می‌آید ؟

۴- چند نوع لجن فاضلابی تولید می‌شود؟ چگونه این لجن کنترل می‌گـردد؟ و هزینه دفع این مواد زاید چه میزان خواهد بود؟

ملاک انتخاب هر گزینه شامل فاکتورهای بیشماری می‌شود، لذا در انتخاب فرایند باید بسیار نظام گرا عمل کنید. مسلما به علت تعداد گزینه‌ها تمایلی به ارزیابی همه آنها نیست . هم چنین زمان کافی برای ارزیابی همه آنها را نخواهیم داشت. آنچه شما بدان نیازمندید برآوردی دقیق از تکنولوژیهاست تا گزینه‌های را که مشخصا" قابل قبول نیستند حذف کنید. این گزینه‌ها یا هزینه زیادی دارند یا نیازمند مراقبت فراوان یا آموزش هستند.

پس تا اینجا به این مرحله رسیده ایم که یک سری تکنولوژیهای مشخص در مـورد فاضـلاب شـما کاربردی هستند ولی آیا این سیستمها در حوزه کاری شما اثر بخشی هم دارند؟در مورد هر گزینـه بـا استفاده از مشخصات فاضلاب سیستم خودتان داده‌های مربوط به تست تصفیه پذیری را انجام دهیـد این مسئله فوق العاده حایز اهمیت است که به ادعاهای فروشندگان تکیه نکنید و خودتان داده‌هـا را جمع کنید البته یک فروشنده می‌تواند به شما کمک کند ولی مطمئن باشید که خودتان هـم درگیـر ماجرا هستید. در حد امکانات خود یک آزمایش درحد ازمایشگاهی انجام دهید یا از فروشنده بخواهید

که یک تست تصفیه پذیری انجام دهد . از سیستمهایی که به عالی ترین طریق در این مرحله عمل کرده‌اند یا از نظر اقتصادی مقرون به صرفه هستند آزمایشی در حد نیمه صنعتی (**Pilot**) انجام دهید . در این مرحله می‌توانید بعضی از گزینه‌ها را بر پایه داده‌های آزمایش تصفیه پذیری در مقیاس آزمایشگاهی حذف کنید.انعطاف پذیری سیستم را در نظر بگیرید اگر مشخصات فاضلاب شما به دلیل نوع فرایند یا تغییرات بار کاری تغییر کند آیا این سیستم قابلیت وفق پذیری برای تصفیه فاضلاب را دارد ؟ اگر به دلیل حفظ منابع آبی و یا به دلیل بار کاری کمتر ، جریان فاضلاب کاهش یابد آیا این سیستم می‌تواند به طور ناپیوسته کار کند ؟ اگر کاهش جریان آب شستشو باعث تمرکز آلوده کننده‌ها شود آیا سیستم می‌تواند یک فاضلاب متمرکز را تصفیه کند؟

- هزینه سیستم چه مقدار است؟

مرحله بعدی انجام یک آنالیز هزینه برای سیستمهایی است که از آزمایش در مقیاسهای آزمایشگاهی (**bench scale**) و نیمه صنعتی (**Pilot**) موفق بیرون آمده‌اند . هزینه‌های بیشمار مرتبط با یک سیستم تصفیه فاضلاب وجود دارد. شما باید شاخص ترین هزینه‌های هر سیستم را مدنظر قرار دهید. برای هر گزینه که مورد ارزیابی قرار گرفته و از نظر شما به طور بالقوه امکان پذیر است طراحی‌های مقدماتی را انجام دهید و حداقل هزینه‌های زیر را حدس بزنید:

۱- هزینه خرید و نصب

۲- هزینه راه اندازی و تعمیرات و نگهداری

۳- هزینه دفع مواد زاید

هزینه آزمایشها در مقیاس نیمه صنعتی و آزمایشگاهی جزئی از هزینه‌های ابتدایی پروژه است که در هزینه کلی پروژه است که در هزینه کلی پروژه حساب می‌شوند ولی باید از آنالیز هزینه نهایی کم شوند. ملزومات کاربردی و هزینه‌ها راحساب کنید تا واقعا بدانید انتظارات شما در چه سطحی است ؟ فرایند دفع فاضلاب برای همه سیتمها یکسان است؟ در صورت نیاز یک سیستم نشر هوا به هزینه‌های مجاز اضافه خواهد شد. هزینه‌های لوله کشی ، ساختمان ، سیستم جریان برق و دفع حریق را نیز حساب کنید. ممکن است هر یک از مسئولین صدور مجوز از شما گزارش بخواهند. مشخص کنید آیا که گزارشی که شما تهیه می‌کنید مورد قبول است یا باید یک مهندس استخدام کنید تا گزارش را تهیه نماید . هزینه تهیه گزارش را تخمین بزنید. هزینه‌های مجاز ممکن است برای تمام گزینه‌ها یکسان باشد.

– هزینه خرید و راه اندازی

هزینه خرید و راه اندازی سیستم چه مقدار خواهد بود؟ بر پایه طراحی اولیه سیستم که باید نمایانگر اجزای اصلی سیستم باشد، لیستی از اجزاء تهیه کنید. هزینه اجزای اصلی سیستم و نیروی کار مورد نیاز برای نصب و راه اندازی سیستم را حدس بزنید، شما برای انتخاب سیستم بهینه به این تخمین نیازمندید.

مسلما" هزینه و نیروی کار مربوط به ساخت سیستم بستگی به این مسئله دارد که چه مقدار خودتان درگیر کار می‌شوید و سیستم را از کجا خریداری می‌کنید؟ اگر یک سیستم پیش ساخته

خریداری نمایید هزینه ساخت در قیمت فروشنده حساب شده است. اگر خودتان بخواهید یک سیستم را راه اندازی کنید دقیقا" مثل این است که اجزاء را بخرید، آنها را مونتاژ کنید ، در صورت نیاز یکسری برقکار و لوله کش و جوشکار و نجار استخدام کنید. به مخازن، مخلوط کن و پمپها نیاز خواهید داشت. می‌توانید از وسایل جدید استفاده کنید و یا وسایل دسته دوم خریداری نمایید. در هر صورت تخمینی باید از سیستم مونتاژ شده به دست آورید. هزینه اصلاحات جزئی را هم حساب کنید به یک سری جاده و راهرو بتنی یا آسفالتی نیازمند خواهید بود. چون در هر صورت مجبور هستید فاضلاب را به محل و خارج از آن حمل و نقل کنید.

تأسیسات مورد نیاز به نوع سیستم بستگی دارد. نیازهای برقی ، گازی، هوای فشرده و تهویه را مشخص کنید. آیا از قبل موجود هستند و یا باید تهیه شوند. ممکن است اتاقی برای این تجهیزات داشته باشید و یا مجبور باشید یک اتاق اضافه بسازید. اگر مجبور هستید که تجهیزات را در هوای آزاد قرار دهید حداقل یک سقف روی آنها نصب کنید تا از باران محفوظ بمانند. در هر صورت سیستم را در محلی قرار دهید که نکات ذیل در آن لحاظ شده باشد:

۱- در صورت توسعه کارگاه، به محل تصفیه خانه آسیبی وارد نشود و امکان توسعه خود تصفیه خانه هم وجود داشته باشد.

۲- تصفیه خانه در صورت بروز حوادث غیر منتظره در محیط کار مانند آتش سوزی، انفجار و ... آسیب ناپذیر باشد.

۳- وجود تصفیه خانه برای کارکنان دیگر بخشها مشکلی مانند بو و ... ایجاد نکند.

۴- تصفیه خانه به قسمت دفع فاضلاب یا پساب تصفیه شده نزدیک باشد.

۵- تصفیه خانه در جایی قرار گرفته باشد که انتقال فاضلاب و پساب جمع آوری شده به آن با نیروی ثقل امکان پذیر باشد.

۶- ساختار زمین در ایجاد تصفیه خانه اشکال ایجاد نکند.

۷- تصفیه خانه به منابع تامین انرژی نزدیک باشد.

۸- در صورتی که انتقال فاضلاب از آخرین محل جمع آوری به تصفیه خانه به کمک پمپاژ انجام می‌شود باید فاصله خیلی زیاد نباشدتا در حین جریان ، گندیدگی در فاضلاب به وجود نیاید.

- راهبری و تعمیرات نگهداری

مشخصا قسمت اعظم هزینه را هزینه سیستم تصفیه و گارگران مورد نیاز تشکیل می‌دهد. هزینه دور ریز لجن نیز یکی از هزینه‌های شاخص است. برای راه اندازی سیستم‌های تصفیه ممکن است به مراقبت پیوسته از سیستم و امکانات زیادی برای راهبری سیستم نیازمند باشیم. وقتی سیستم را ارزیابی میکنید این مسائل را در نظر بگیرید.

هزینه نصب و راه اندازی هر گزینه چه مقدار خواهد بود؟ هزینه تاسیسات مورد نیاز چه مقدار خواهد بود؟

هزینه این تجهزات مشخصا به اصول راهبری سیستم بستگی دارد ودر تجهیزات کوچک عامل مهمی به حساب نمی ایند. به عنوان مثال هزینه برق در یک سیستم ترکیب شیمیایی با پمپ و مخلوط کن قابل اغماض است چرا که هزینه برق برای ۵۰ گالن در روز ۵ دلار است که کسر کوچکی از کل هزینه عملیات و نگهداری تشکیل می‌دهد.راه اندازی سیستم چند ساعت در روز طول میکشد؟ این مسئله زمان بر است و باید زمان کاری مشخصی را به این کار اختصاص دهید به این مسئله اولویت دهید بار کاری را با وفق دهید.

هزینه اموزش را در نظر بگیرید. به چه آموزشهای ابتدایی و یا مستمر نیاز خواهید داشت، آیا کلاسهای آموزشی موجود هستند؟ در صورت جواب مثبت هزینه آن چه مقدار خواهد بود؟ کارگران سیستم تصفیه چه پیش نیازهایی را باید گذرانده باشند؟ آیا برای راه اندازی سیستم مجبور هستید شخصی را استخدام کنید یا یکی از کارگران موجود توانایی اداره سیستم را دارد؟ با توجه به نوع سیستم به چه سطحی از تخصص نیاز است؟ هزینه متعارف تعمیرات و نگهداری را برای اجزاء و افراد حدس بزنید، تعمیرات و نگهداری معمول این سیستم چیست؟ آیا بعضی از قطعات به تعویض دوره ای نیازمندند؟

به عنوان مثال غشاءهای اولترا فیلتراسیون باید سالی یکبار یا دو بار با یک هزینه مشخص عوض شوند. غشاءهای کاتریج به جایگزینی مداوم نیاز دارند، پمپها و موتورها به تعمیرات مداوم نیاز مندند،

از تأمین کننده قطعات و یا کسی که از این سیستم برای یکسال استفاده نموده است نیازهای تعمیرات و نگهداری را سؤال کنید.

– دفع مواد زاید

هر سیستم چه نوع لجنی تولید می‌کند و شما چگونه باید این لجن را کنترل کنید؟ ، با استفاده از نتایج آزمایش در مقیاس نیمه صنعتی و اطلاعات بدست آمده حدس بزنید چه مقدار لجن و با چه مشخصاتی تولید خواهد شد؟ آیا این لجن ارزش بازیافت را دارد؟ ، با مراکزی که مسئولیت دفع مواد زاید را بر عهده دارند تماس بگیرید، امکانات آنها برای قبول ضایعات و هزینه پیشنهادی آنها را مشخص کنید . ممکن است به آزمایشهای دوره ای نیازمند باشید که هزینه آنها را هم باید در صورت حساب خود بیاورید. تجهیزاتی که برای انبار و نگهداری و حمل و نقل لجن لازم است را مشخص کنید. آیا برای نگهداری لجن مجبور به ساختن فضای خاصی هستید؟ مدت حمل و نقل لجن چه مقدار خواهد بود ؟ هزینه اصلی لجن، هزینه آزمایش و دفع آن است.

– ملاحظات راهبری

راه اندازی تکنولوژی‌های متفاوت و کاربری‌های متفاوت به تجربیات متفاوت نیاز دارد. باید بدانید که یادگیری راه اندازی و تعمیرات و نگهداری یک سیستم ارزان قیمت ولی نا آشنا مفید و ارزنده است. مثلا" ممکن است با صرف ۱۰۰۰ دلار، روزی صد گالن فاضلاب را با یک سیستم ترسیب

شیمیایی تصفیه کنید. در حالی که یک سیستم تبخیری ۳۰۰۰ دلار و یک سیستم اولترافیلتراسیون ۵۰۰۰ دلار هزینه می‌برد که فقط با کسب دانش در مورد سیستم ترسیب شیمیایی می‌توانید در هزینه و سرمایه خود بسیار صرفه جویی کنید.

عامل مهم دیگری که باید در نظر گرفته شود ماهیت موادی است که در تصفیه مورد نیاز است، باید عوامل ایمنی و بهداشت کار ، مواد شیمیایی را رعایت کنید.

– دفع آب تصفیه

گزینه‌های دور ریز خود را مورد بررسی قرار دهید، مشخص کنید کدام یک از گزینه‌ها، فاضلابی تولید می‌کند که با روشهای دور ریز شما همخوانی داشته باشد ، ممکن است امکان دفع به یک شبکه فاضلاب وجود نداشته باشد و یا به علت عدم تطابق با مجوزهای خروج مجبور به پرداخت جریمه‌های کلان باشد و در این صورت شاید مجبور باشید هزینه بیشتری برای سیستم بپردازید تا از این مشکلات خلاص شوید.

– دفع مواد زاید حاصل از تصفیه فاضلاب

ماهیت و حجم لجن به نوع تکنولوژی که شما به کار می‌برید بستگی دارد مثلا" سیستم ترسیب شیمیایی یک ماده آبکی تولید می‌کند که می‌توان برای کاهش حجم ، آنرا از یک صافی عبور داد. ممکن است لجن یک آب روغنی باشد که بتوان آنرا به عنوان یک ضایعه روغنی دور ریخت و یا حتی

لجن ممکن است حاوی مواد خطرناک باشد ، این خطرات ، هزینه دور ریز و حمل و نقل لجن را در نظر بگیرید.

یا یک سیستم پیش ساخته خریداری نمائید و یا خودتان کار را انجام دهید. برای نصب و توسعه یک سیستم تعداد زیادی انتخاب وجود دارد، می‌توانید همه کارها را خودتان عهده دار شوید و یا از یک فروشنده و یا مشاور بخواهید که کارها را انجام دهد و یا کارها را بین خودتان و یک مشاور تقسیم کنید.

اگر کارها را خودتان انجام دهید این مزیت را خواهید داشت که در مورد جنبه‌های اجرائی سیستم فاضلاب اطلاعاتی را کسب کنید و وقتی سیستم شروع به کار کرد خود کفا می‌شوید و با آمادگی بیشتری سیستم را با نیازها و شرایط متغیر وفق می‌دهید البته ازآنجایی که هزینه ای برای شخص ثالث نپرداخته اید سیستم را با سرمایه گذاری اولیه کمتری راه اندازی می‌کنید و می‌توانید سیستم را با عملیات خودتان هماهنگ کنید. از طرف دیگر باید مطالعات و تجربیات مداوم در این زمینه داشته باشید که اگر علاقه ای به این امر ندارید باید هزینه ای به دیگران پرداخت کنید تا از تجربیاتشان استفاده کنید. شما می‌توانید یک سیستم پیش ساخته خریداری کنید و از فروشنده بخواهید تا مسئولیت نصب و راه اندازی و آموزشهای لازم را بر عهده بگیرد. مزیت این روش در این است که شما حداقل زمان را صرف کرده اید، اگر فروشنده واقعا بداند که چه کار می‌کند شما می‌توانید از این تجربه استفاده کنید ولی از طرف دیگر هزینه بیشتری نسبت به زمانی که خودتان سیستم را می‌سازید باید متحمل شوید. صرفه جویی در زمان به جای صرفه جویی در هزینه. البته متقبل این ریسک هم

هستند که ممکن است بعدا متوجه شوید که سیستم برای شرایط کاری شما مناسب نیست چرا که فروشنده فقط یک دلال بوده و نه یک فرد آگاه از تجربیات تکنولوژی.

- مزایا وکمبودها

مزایا و معایب بالقوه هر سیستم یا مشکلات مرتبط با هر سیستم را در مورد هر گزینه یادداشت کنید. ممکن است مجبور باشید تا فرایند و یا جریان کار را تغییر دهید. این امر چه تاثیری بر بهره وری کارگاه شما خواهد گذاشت؟ آیا تغییرات فرایند مثلا کاهش تماس مستقیم کارگران با مواد خطرناک و یا کاهش تولید ضایعات تاثیر مثبتی بر بهره وری می‌گذارد؟ مدت راه اندازی سیستم تصفیه شما چقدر است؟ اگرسیستم را به صورت پیش ساخته از یک فروشنده می‌خرید خدمات بعد از فروش فروشنده را مشخص کنید ، و آیا خریداران قبلی از خدمات بعد از فروش راضی هستند.

آیا از قوانین کاری سیستم مطلع هستند؟ آیا سیستم به آسانی شروع به کار میکند یا متوقف می‌شود؟ آیا خودتان می‌توانید سیستم را متوقف کنید؟ آیا قطعات و مواد شیمیایی حاضر و آماده هستند یا شما را به یک منبع خاص وابسته می‌کنند؟ در کار با تجهیزات چه خطرهای راهبری وجود دارد؟ به عنوان مثال آیا اسید و مواد آتش زا به کار برده می‌شود؟ آیا تولید ازن می‌کند ؟ آیا اشعه ماوراء بنفش در سیستم موجود است؟ آیا شما حاضر هستید با این مخاطرات زندگی کنید؟ آیا حاضر هستید تصفیه مواد شیمیایی و لجن فاضلاب را بر عهده بگیرید؟ آیا سیستم به گونه ای طراحی شده

که شانس تولید فاضلاب تصفیه نشده را از روی بی دقتی کاهش دهد. در یک سیستم پیوسته نسبت به یک سیستم منقطع شما به سوپاپ‌های اطمینان بیشتری احتیاج دارید.

در یک سیستم منقطع شما می‌توانید قبل از باز کردن دستی شیرها و جاری ساختن آن به داخل شبکه فاضلاب **batch** را مورد آزمایش قرار دهید اما در یک سیستم پیوسته مجبور هستید طراحی را به نحوی انجام دهید که ابتدا در یک مخزن نگهدارنده تخلیه صورت پذیرد و پس از تستهای مقدماتی آن را به خارج منتقل کنیم.

- تجزیه و تحلیل منافع اقتصادی

تجزیه و تحلیل هزینه‌های اقتصادی تعیین تکمیلی مزایا و معایب است. برای اینکه یک نمونه را با هم انجام داده باشیم بیایید: گزینه‌های باقیمانده را بررسی کنید، هزینه‌های عملیاتی، ثابت و تعمیرات و نگهداری را مشخص کنید. نمودار صرفه جویی اقتصادی هرگزینه را برای یک داده مشخص مثلا" خارج کردن فاضلاب برای تصفیه حساب کنید. سیستم تصفیه شما باید آبی تولید کند که با قوانین خروج فاضلاب هماهنگ باشد. گزینه‌هایی که اینچنین نیستند را حذف کنید. مشکلاتی که قوانین و مقررات محلی به وجود می‌آورند موانع بالقوه ای هستند که زیاد محسوس نیستند. با تمام این تفاسیر مزایای نصب یک سیستم تصفیه با ارزش تر از صرفه جویی مالی و مشکلاتی است که نداشتن این سیستم به وجود می‌آورد.

موقعیتتان را بررسی کنید، مزایا و معایب گزینه‌های متفاوتی را که ارزیابی کرده اید در نظر بگیرید، ریسکها و مزایای غیر محسوس را اضافه کنید، تصمیم بگیرید چقدر هزینه در نظر دارید، برای این کار بپردازید، مناسب ترین سیستم را برای کارگاهتان انتخاب کنید.[۶]

فصل نهم

گزارش تصفیه خانه غرب مشهد (تصفیه خانه پرکند آباد)

الف- گزارش کلی مراحل تصفیه

۱) مشخصات فنی

نوع سیستم : برکه تثبیت

ظرفیت تصفیه خانه (جهت یک مدول) : ۶۰۰۰۰ m^3/day

سیستم لاگون : هوادهی (برگشت لجن نداریم)

دبی : ۱۵۲۰۰ m^3 (بعد از ۱۰ سال باید لجن خارج شود.)

۲) ابعاد حوضچه‌ها

حوضچه هوادهی :

۶۱/۵ * ۱۳۴/۵ متر - عمق :۴ متر

حوضچه ته نشینی :

۹۵/۵ * ۹۵/۵ – عمق : ۲/۵ متر

حوضچه جلادهی :

۱۷۱*۱۷۱

عمق : ۱/۵ متر

حوضچه کلر زنی :

عمق : ۲/۵ متر (به صورت مارپیچی است ، زیرا زمان تماس بالا میرود.)

۳) زمان ماند

حوضچه هوادهی : ۵ روز

حوضچه ته نشینی : ۴ روز

حوضچه جلادهی : ۳ روز

ب- توصیف

تصفیه خانه پرکند آباد واقع در غرب مشهد، ورودی تصفیه خانه فاضلاب صنایع و فاضلاب خـانگی غرب مشهد می‌باشد. خط انتقال، حدود ۲۲ کیلومتر است و فاضلاب با اسـتفاده از نیـروی ثقلـی وارد تصفیه خانه می‌شود. حوضچه ورودی فاضلاب شامل ۲ کانال می‌باشد:

۱) کانال ورودی

۲) کانال بای پس (Bypass)

کانال ورودی برای وارد کردن فاضلاب با حجم معین می‌باشد، اما کانال بای پس نقش مهمی را در مواقع شوک ایفا می‌کند. مثلا" در زمان بارندگی حجم فاضلاب زیاد می‌شود. در این زمان مقـداری از فاضلاب بای پس می‌شود و دریچه ورودی بسته می‌شود.

یک حالت شوک می‌تواند هنگامی باشد که فاضلاب از صنایع وارد می‌شـود. در ایـن زمـان ورودی بسته می‌شود و به رودخانه وارد شده و به مصرف کشاورزی می‌رسد. فاضلاب پس از ورود به حوضـچه اولیه از کانالی به مرحله آشغالگیری میرود. که این مرحله می‌تواند به صورت دستی و مکانیکی صورت

گیرد. این مرحله برای جدا ساختن آشغالها و اشیاء جامد که قابل تجزیه هم نمی باشند، قرار داده می‌شود.

بعد از این مرحله فاضلاب وارد استخر هوادهی شده که حاوی مقدار زیادی آلودگی است. منظور از آلودگی که ما خطاب می‌کنیم ، دترژنت‌ها، فضولات خانگی ، عوامل شیمیایی صنایع که اینها برای میکرواورگانیسم‌ها غذا محسوب می‌شوند، می‌باشند. میکرواورگانیسمها ، موجودات تک سلولی یا چند سلولی هستند که به صورت غیر ارادی واکنش شیمیایی انجام می‌دهند. در استخر هوادهی، اکسیژن، به مقدار زیادی توسط لاگونهای هوادهی که به صورت پره‌هایی می‌باشند که هوا را به داخل می‌کشند ، در اختیار این میکرواورگانیسمها قرار داده می‌شود. این اسخرها به صورت دو استخر شرقی-غربی هستند که در هر کدام ۲۰ عدد پره هوادهی نصب شده است. بنابراین میکرواورگانیسمها تکثیر می‌یابند که این به صورت لجن است. مقدار لجن باید اندازه گرفته شود که این کار توسط قیف اینهاف انجام می‌شود و همیشه باید کنترل شود.

حدودا" بین ۶۰ تا ۷۰ درصد آلودگی در لاگونهای هوادهی حذف می‌شوند. بعد از این مرحله فاضلاب وارد استخر ته نشینی که به صورت دو استخر غربی-شرقی است، می‌شود. در این حوضچه چون محیط ساکن است، اکسیژن خارج می‌شود. در این حوضچه در سطح فاضلاب مرتبا" حبابهایی مشاهده می‌شود، که نشان از گازهای N_2 , NH_3 , H_2O , CO_2 , H_2S و متان است. در اینجا چون محیط ساکن است اکسیژن کم شده و مواد غذایی کم میشود. جمعیت باکتری ماده غذایی ندارند، پس خودخوری کرده و اجسادشان به نشین می‌شود.

سیستم لجن فعال وقتی است که قبل از خودخوری میکرواورگانیسمهاست. که در این مواقع این لجن فعال را به حوضچه هوادهی می‌رساند که در این تصفیه خانه نیازی هنوز نمی باشد. و لاگونهای هوادهی جوابگو می‌باشند. در استخر ته نشینی اکسیژن کاهش یافته و باکتریهای هوازی از بین میروند، بنابراین باکتریهای بی هوازی شروع به کار می‌کنند. و اکسیژن داخل ترکیبات را گرفته و این ترکیبات را می‌شکنند. وجود حبابی که بیان شد همیشه نشانه انجام گرفتن واکنش کی باشد.

در انتهای حوضچه ته نشینی ۸۵ تا ۹۰ درصد آلودگی حذف می‌شود. باکتریهای بی هوازی به صورت مواد معلق می‌باشند که غیر فعالند. به محض اینکه شرایط ایجاد شود فعالیت آنها دوباره شروع می‌شود.

در یک مرحله اینها پرورش داده می‌شوند و حالا وجود خودشان مضر است. در استخر جلادهی میکروارگانیسمها را از بین می‌بریم. عمق استخر جلادهی دارای سطح وسیع است و عمق آن باید کم باشد. و از ۲ متر نباید بیشتر شود. به خاطر اینکه نور خورشید نفوذ کامل کند و باکتریها را از بین ببرد. لجن موجود در استخر جلادهی جزء اجساد است و به مصرف ماهیها می‌رسد.

تا این مرحله هنوز مواد آلی حذف شدند، نور خورشید درصد زیادی از مواد مضر بیماری زا را از بین می‌برد اما برای اطمینان بیشر کلر زنی میشود که مقدار باقیمانده کلر از ۰/۲ mg/lit نباید بیشتر شود.

بنابراین تعد از استخر جلادهی حوضچه کلرزنی می‌باشد که این حوضچه، مارپیچ ما باشد. چون فاضلاب سکون بهتری پیدا می‌کند تا سطح تماس فاضلاب و کلر بیشتر باشد.

فاضلاب خروجی وارد یک رودخانه فصلی شده و به مصارف کشاورزی می‌رسد.

ج- آزمایشات مهم انجام شده روی فاضلاب

جهت انجام آزمایشات، دو نمونه نمونه برداری صورت می‌گیرد که عبارتند از :

۱) نمونه برداری لحظه ای

۲) نمونه برداری مرکب .

درنمونه برداری لحظه ای، نمونه‌ها بصورت لحظه ای گرفته شده و زمان معین شده ای ندارند. مثلا" در ساعت ۷ صبح نمونه گرفته شده و درساعت ۷/۵ آزمایشات بر روی آن انجام می‌شود.

در نمونه برداری مرکب، نمونه‌ها، نمونه‌های ۲۴ ساعت کاری هستند. ساعاتی که در آنها نمونه برداری صورت می‌گیرد عبارتند از : ۱۲ ظهر – ۵ بعد الظهر – ۱۰ شب – ۲ صبح – ۷ صبح

نمونه‌های مرکب از فاضلاب وردی و خروجی قبل و بعد از کلر زنی گرفته می‌شوند.

نمونه برداری ساعت ۷ صبح از تمام حوضچه‌هاست ، که شامل حوضچه‌های ورودی ، هوادهی غربی و شرقی ، ته نشینی غربی و شرقی و کلرزنی می‌باشند.

آزمایشات صورت گرفته عبارتند از :

آزمایشات روزانه که شامل :BOD، COD، اندازه گیری PH و قابلیت هدایت الکتریکی، کدورت، دما جامدات و میزان مواد ته نشینی.

آزمایشات هفتگی که شامل : نیترات، فسفات ماهانه، سولفیت، سولفید و میکروبی.

منابع

۱) پایان نامه کارشناسی ارشد – دانشگاه تربیت معلم – تهران، تهران، ۱۳۷۱، دانشمند، رضا

۲) پایان نامه کارشناسی ارشد – دانشگاه تربیت مدرس – دانشکده فنی و مهندسی،هادی فهمی، تأثیر منعقد کننده‌های شیمیایی و پلیمری درمقایسه با تصفیه بیولوژیکی فاضلاب لینتر، ۱۳۷۹

۳) پایان نامه کارشناسی ارشد – دانشگاه شیراز، تأثیر پودر کربن فعال و خاک رس بر روی عملکرد تصفیه هوادهی، جمشید ایلاتی خامنه ، به راهنمایی پرویز منجمی، ۱۳۷۴

۴) مقاله – نقش پودر کربن فعال در بهینه سازی سیستمهای تصفیه فاضلاب صنعتی – توسط غازی عیدان – رفعت کاوه آهنگر – رادا زراسوند اسدی و فرزانه زنوزی – نشریه شماره ۳۴ – انجمن نفت ایران – تابستان ۱۳۷۲

۵) مقاله – استفاده از تالابهای مصنوعی در تصفیه فاضلابهای صنعتی – منوچهر وثوقی ، بیتا عبادیان – مجله آب و محیط زیست – خرداد۷۷ – صفحه ۱۷

۶) مقاله – مناسب ترین گزینه تصفیه فاضلاب صنعتی از دیدگاه مدیریت ، هورک قربان نژاد ، نشریه آب و محیط زیست، خرداد۷۷ – صفحه ۳۳

۷) پایان نامه کارشناسی ارشد – دانشگاه تربیت معلم - بررسی پساب واحد صنعتی تهیه آمونیاک پر کلرات و حذف نمک‌های کرم – رضا دانشمند، به راهنمایی : ایرج نوجوان ، ۱۳۷۱

فهرست مطالب

فصل اول- مقدمه و تاریخچه ۱

مقدمه..... ۲

تاریخچه تصفیه آب به روش صنعتی ۳

فصل دوم – اهمیت تصفیه پسابهای صنعتی ۸

آب و پساب در صنعت..... ۹

پساب صنعتی **(Industrial Wastewater)**..... ۹

مقدار مجاز برای آب مزروعی (عناصر محلول)..... ۱۲

پارامترهای مهم..... ۱۲

۱- اندازه گیری جریان فاضلاب..... ۱۲

۲- اندازه مواد جامد **(Total Solid) TS**..... ۱۳

۳- اندازه مواد قابل ته نشینی..... ۱۳

۴- تعیین قلیائیت :..... ۱۳

۵- اندازه گیری مواد آلی..... ۱۴

۶-عوامل مؤثر بر غلظت O_2 محلول در آب :..... ۱۵

۷- **(Chemical Oxygen Demand) COD** :..... ۱۵

۸- **TOC**..... ۱۵

۹- **THOD** ۱۵

فصل سوم- استاندارد خروجی فاضلاب ها..... ۱۷

الف- تعاریف..... ۱۸

ب- ملاحظات کلی..... ۱۸

ج- جدول استاندارد خروجی فاضلابها..... ۲۱

فصل چهارم – انواع روشهای تصفیه فاضلاب..... ۲۴

۱- روشهای تصفیه فیزیکی..... ۲۵

۲- روشهای تصفیه شیمیائی..... ۲۵

۳- روشهای تصفیه بیولوژیکی..... ۲۵

روشهای متداول تصفیه فاضلاب صنعتی..... ۲۶

۱- تصفیه فیزیکی – شیمیایی..... ۲۶

۲- تصفیه بیولوژیکی..... ۳۲

۲-۱ تصفیه بی هوازی..... ۳۵

۲-۲ تصفیه هوازی..... ۴۲

فصل پنجم- میکروبیولوژی فاضلاب..... ۴۴

الف - شرایط تغذیه و رشد در جمعیتهای مخلوط میکروبی..... ۴۹

ب- اثر دما روی رشد میکروبی..... ۵۰

ج- اثر درجه اسیدیته **(PH)** روی رشد میکروبی..... ۵۳

د- نیاز رشد میکروبی به اکسیژن..... ۵۵

ح- منحنی رشد میکروبی..... ۵۶

و- سینتیک رشد بیولوژیکی..... ۶۱

فصل ششم – تصفیه های پیشرفته..... ۶۲

۱) فاضلابهای صنعتی ونحوه مقابله با آن..... ۶۳

۲) نقش پودر کربن فعال در بهینه سازی سیستمهای تصفیه فاضلاب صنعتی ۶۴

فصل هفتم- استفاده از تالابهای مصنوعی در تصفیه فاضلابهای صنعتی ۸۶

۱) تالابهای مصنوعی ۸۷

۲) ساختار تالابهای مصنوعی ۸۷

۳) وظایف اجزاء اصلی تالاب ۹۱

۴) حذف فلزات سنگین در تالاب مصنوعی ۹۴

۵) تصفیه پساب‌های صنعتی توسط تالاب‌های مصنوعی ۹۵

فصل هشتم- مناسب ترین گزینه فاضلاب صنعتی از دیدگاه مدیریت ۹۳

- هزینه خرید و راه اندازی ۱۰۴

- راهبری و تعمیرات نگهداری ۱۰۶

- دفع مواد زاید ۱۰۸

- ملاحظات راهبری ۱۰۸

- دفع آب تصفیه ۱۰۹

- دفع مواد زاید حاصل از تصفیه فاضلاب ۱۰۹

- مزایا وکمبودها ۱۱۱

- تجزیه و تحلیل منافع اقتصادی ۱۱۲

فصل نهم – گزارش تصفیه خانه غرب مشهد (پرکند آباد) ۱۱۴

الف- گزارش کلی مراحل تصفیه ۱۱۵

ب- توصیف ۱۱۶

ج- آزمایشات مهم انجام شده روی فاضلاب ۱۲۰

منابع..... ۱۲۱