

بررسی کلی سیستم‌های تصفیه پساب پالایشگاه‌های کشور و معرفی سیستم بهینه

مهرک محمودی، کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی شیمی و نفت، صنعتی شریف

E-Mail: m_mahmoudei@yahoo.com

علیرضا کاظم‌پور، گروه پژوهشی باشگاه دانش‌پژوهان جوان

arkazempour@yahoo.com

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی اجمالی عملکرد سیستم‌های تصفیه پساب پالایشگاه‌ها و پیشنهاد یک سیستم مناسب و بهینه جهت دستیابی به استانداردهای زیست محیطی می‌باشد. در این راستا واحدهای تصفیه پساب پالایشگاه‌های کشور مورد بررسی کلی قرار گرفت و پیشنهادهای در جهت رفع تعدادی از مشکلات آنها ارائه شد. در نهایت اجزاء یک سیستم بهینه که شامل مراحل سه‌گانه تصفیه مقدماتی، تصفیه بیولوژیکی و تصفیه پیشرفته می‌باشد برای رساندن کیفیت پساب تصفیه شده پالایشگاه‌ها به حد استاندارد معرفی گردید.

واژه‌های کلیدی: تصفیه پساب پالایشگاهی؛ تصفیه مقدماتی؛ تصفیه بیولوژیکی؛ تصفیه پیشرفته

مقدمه

پساب‌های صنعتی که در اثر فعالیت‌های صنعتی و یا از منابع صنعتی و در طول مراحل مختلف تولید بوجود می‌آیند، بعضاً خطرناک‌ترین نوع پساب را تشکیل می‌دهد. زیرا در پساب مراکز صنعتی امکان وجود مواد و ترکیبات شیمیایی سمی بیشتر است. از این جهت بازیافت پساب‌های صنعتی تصفیه شده، در کشورهایی که دچار کم‌آبی هستند اهمیت خاصی پیدا نموده و این مطلب در حال حاضر در ایران نیز مورد توجه قرار گرفته است. پالایشگاه‌های ایران که از مراکز مصرف کننده آب می‌باشند، معمولاً در مجاورت شهرهای بزرگ (مانند پالایشگاه اصفهان، شیراز و ...) و بعضاً در داخل شهرها (مانند پالایشگاه کرمانشاه) می‌باشند، علاوه بر مشکلات زیست محیطی مربوط به آلودگی هوا دارای مشکلات زیست محیطی آب و خاک می‌باشند.

یکی از واحدهای موجود در همه پالایشگاه‌ها، واحد تصفیه پساب است که متأسفانه به علت عدم سودآوری، این واحدها کمتر مورد توجه و سرمایه‌گذاری قرار می‌گیرند و در هنگام تغییرات اساسی و افزایش ظرفیتهای واحدهای مختلف در پالایشگاه‌ها از جهت بهینه‌سازی و بالا بردن کیفیت پساب تصفیه شده مورد بررسی فنی قرار نمی‌گیرد.

از معیارهای اصلی در طراحی واحدهای تصفیه پساب پالایشگاه‌ها، نوع استفاده از پساب تصفیه شده می‌باشد. آب تصفیه شده در پالایشگاه‌های کشور در سه مورد استفاده از آب تصفیه شده در برجهای خنک کننده، ارسال آب تصفیه شده به آب دریا یا آب رودخانه و استفاده از آب تصفیه شده در آبیاری و کشاورزی استفاده می‌شود.

مراحل کلی تصفیه پساب صنعتی پالایشگاه‌ها

برای دفع پساب پالایشگاهی در آبهای سطحی یا استفاده از آن بعنوان آب جبرانی برج‌های خنک کننده و

یا مصرف در آبیاری و کشاورزی باید کیفیت آن را به استانداردهای محیط‌زیست مربوطه رسانده شود. در نتیجه یک سیستم تصفیهٔ پساب پالایشگاه لازم است که شامل سه مرحلهٔ کلی تصفیهٔ مقدماتی، تصفیهٔ بیولوژیکی و تصفیهٔ پیشرفته باشد. در تصفیهٔ مقدماتی با استفاده از روش‌های شیمیایی و فیزیکی، طی عبور پساب از واحدهای مختلف، مواد جامد درشت و قابل ته‌نشینی، مواد نفتی و روغنی و بطور کلی کلیه مواد قابل حذف توسط این روشها حذف می‌شوند. همچنین در این مرحله پساب از نظر pH و بار آلی ورودی یکنواخت می‌گردد. اجزاء این مرحله آشغال‌گیر، آشغال‌خردکن، جداکنندهٔ ثقلی، متعادل‌ساز، خنثی‌ساز و شناورساز می‌باشد. در مرحله بعد، برای کاهش جزء آلی مواد معلق و محلول از سیستم‌های تصفیهٔ بیولوژیکی استفاده می‌شود. در این سیستم‌ها با استفاده از میکروارگانیسمها میزان مواد آلی محلول کاهش می‌یابند. نهایتاً با استفاده از سیستم‌های تصفیهٔ پیشرفته، آلودگیهایی از قبیل رنگها، مواد شیمیائی غیرقابل تصفیه توسط سیستم بیولوژیکی و بسیاری از املاح از جمله فسفات‌ها و ازت‌ها که باعث بروز مشکلات زیادی می‌شوند، حذف می‌گردند تا کیفیت پساب به استانداردهای تعیین شده رسانده شود.

منابع مصرف آب و موارد استفاده از پساب تصفیه شده در پالایشگاه‌های کشور [۴]

بعضی از پالایشگاه‌های کشور از آب شهری به عنوان آب مصرفی در سیستم آب پالایشگاه استفاده می‌کنند و این در حالی است که حجم زیادی از آب خنک‌کننده در پالایشگاهها (بجز در پالایشگاه‌هایی که برج خنک‌کننده ندارند) در برجهای خنک‌کننده تبخیر می‌شود. جدول ۱ منابع تامین کننده آب مصرفی در فرایند پالایشگاهها و جدول ۲ موارد مصرف پساب تصفیه شده را نشان می‌دهد. همانطور که در جدول فوق آمده است تنها تعدادی از پالایشگاهها مجدداً از آب تصفیه شده در فرایند (سیستم آب خنک‌کننده) استفاده می‌کنند. برای آنکه بتوان از پساب تصفیه شده در سیستم آب خنک‌کننده پالایشگاه (برگشت به برجهای خنک‌کننده) استفاده کرد، باید کیفیت آن در حدی باشد که پارامترهای طراحی مربوط به آب فرایندی در برجهای خنک‌کننده رعایت شود. بدیهی است با سرمایه‌گذاری و بهینه‌سازی واحدهای تصفیه پساب بتوان کیفیت آب تصفیه شده را به حدی رساند که بتوان در برجهای خنک‌کننده استفاده نمود. نقص در سیستم تصفیه پساب یا سیستم جمع‌آوری پساب بعضاً باعث می‌شود حجم زیادی از آب تصفیه نشده به برکه‌های تبخیر فرستاده شود. غالباً این نواقص با انجام بررسی‌های فنی قابل رفع شدن می‌باشند.

جدول ۱- منابع و میزان آب مصرفی در پالایشگاه‌های کشور

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

• تنها در تابستان استفاده می‌شود.

جدول ۲ - موارد مصرف پساب تصفیه شده در پالایشگاه‌های کشور

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

* تنها در زمستان استفاده می‌شود (در بعضی موارد عددی گزارش نشده‌است).

** تنها در تابستان استفاده می‌شود

مشکلات سیستم تصفیه پساب پالایشگاه‌های کشور [۴]

تعدادی از مشکلات سیستم‌های تصفیه پساب پالایشگاه‌های کشور در زیر بیان می‌شود:

- ارسال حجم بالا از پساب به برکه‌های تبخیر: به دلایل مختلف در واحدها، گاهی موادی مانند فورفورال وارد پساب شده و یا مقدار H₂S در پساب نفتی بالا می‌رود که در این حالت برای جلوگیری از ایجاد شوک در سیستم بیولوژیکی و مرگ میکروارگانیسمها، کل پساب نفتی پس از جداکننده ثقلی (API) مستقیماً به برکه تبخیر فرستاده می‌شود که در نتیجه مقدار زیادی از پساب بدون تصفیه هدر می‌رود.

- عدم وجود سیستم مناسب برای جمع‌آوری آب باران: در تعدادی از پالایشگاه‌ها از جمله تهران به دلیل برخی مشکلات عملیاتی، وقتی واحدی غیرعادی کار کند، مایعات موجود در آن به کانال روباز تخلیه می‌شود. به همین دلیل در کانالهای جمع‌آوری آب باران همیشه مواد روغنی وجود دارد. همچنین سختی و pH این آب به دلیل گذر از قسمت‌های آلوده به آهک (خصوصاً در واحد آب، برق- بخار)، بالا می‌باشد. در پالایشگاه کرمانشاه نیز در کانال انتهایی آب باران مقدار زیادی روغن روی آب تجمع کرده‌است که با کیفیتی و بدون هیچ‌گونه تصفیه‌ای وارد رودخانه می‌شود.

- عدم ارسال آب تصفیه شده به سیستم آب برج‌های خنک‌کننده: با توجه به اینکه یکی از اهداف اصلی تصفیه پساب صنعتی پالایشگاه، استفاده در سیستم آب برج‌های خنک‌کننده می‌باشد. اما در تعدادی از پالایشگاه‌ها به علت اینکه کیفیت آب تصفیه شده مناسب برای برج خنک‌کننده نمی‌باشد، از آن در این مورد استفاده نمی‌شود و تنها در تابستانها که پالایشگاه مواجه با کاهش آب می‌باشد، مجبور به استفاده آب تصفیه شده واحد پساب، در سیستم آب تزریقی به برج‌های خنک‌کننده می‌شود.

- عدم کارکرد صحیح واحدها: یکی از مشکلات عمده در سیستم تصفیه پساب پالایشگاه‌ها، نقص‌های فراوان در دستگاه‌های فرایندی (پمپ‌های لجن، اسید، باز و ...) و دستگاه‌های ابزار دقیق (pH متر و ...)، غیر اصولی کارکردن واحدها و اجزا می‌باشد که از جمله آنها میتوان به مواردی از قبیل ظرفیت پایین API ها جهت تصفیه پساب صنعتی در هنگام بارندگی و عدم بازگشت لجن به حوض هوادهی اشاره نمود.

- عدم وجود سیستم تصفیه لجن: در تعدادی از پالایشگاه‌ها هیچ‌گونه سیستم تصفیه، خشک کردن،

هضم و یا تثبیت لجن برای لجنهای نفتی وجود ندارد. همچنین به دلیل عدم وجود سیستم تغلیظ و خشک کردن، لجن بیولوژیکی حاصل از هاضم بیولوژیکی که می‌تواند کود کشاورزی بسیار مناسبی باشد، هدر می‌رود.

راه‌حلهای پیشنهادی

با توجه به بازدهیهای انجام شده و نیز بحث و گفتگوهایی که با مسئولین این واحد صورت پذیرفت، پیشنهادات زیر جهت بهبود سیستم ارائه می‌شود.

الف- بررسی و بازنگری سیستم جمع‌آوری پساب صنعتی: طراحی سیستم جمع‌آوری پساب پالایشگاههای قدیمی مربوط به زمان راه‌اندازی آنها می‌باشد و با اعمال تغییراتی که در واحدها انجام شده، احتیاج به بازنگری مجدد دارد. برای اینکه بتوان مشکل مربوط به نشت فورفورال و یا افزایش H_2S در پساب را رفع نمود، می‌بایست کانال‌هایی که پساب مربوطه را به واحد تصفیه پساب منتقل می‌نمایند، مجزا باشند. به این ترتیب می‌توان در هنگام نشت فورفورال و یا افزایش میزان H_2S در پساب نفتی، کانال مربوط به این دو را به API های جدید جهت جداسازی روغن از آنها فرستاد تا از آنجا مستقیماً به برکه تبخیر فرستاده شود که بدین صورت از اتلاف حجم زیادی آب جلوگیری می‌شود.

همچنین یکی از دلایل بالا بودن سختی و TDS پساب انجام زیرآب مبدلهای خنک‌کننده در واحدهای عملیاتی به کانال‌های پساب نفتی می‌باشد. با شناسایی این مکانها می‌توان کانال پساب مربوطه را به API جدید اتصال داد.

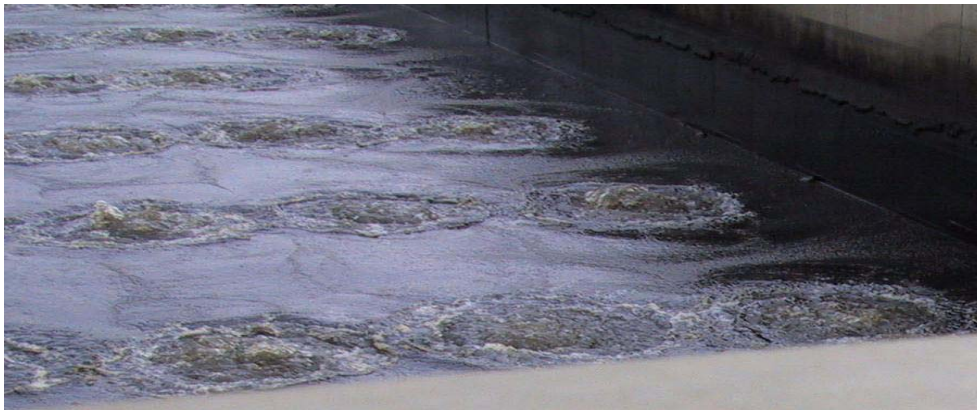
ب- مطالعه بر روی شبکه کانالهای جمع‌آوری آبهای سطحی و آب باران: با وجود کمبود آب، استفاده از آب باران و آب سطحی در سیستم آب برجهای خنک‌کننده پالایشگاه امر مطلوبی می‌باشد. با در نظر گرفتن این هدف می‌بایست مطالعه دقیقی روی شبکه کانالهای جمع‌آوری آبهای سطحی و آب باران صورت پذیرد و در صورت نیاز تعمیرات و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

کانالهای روباز مخصوص جمع‌آوری آبهای سطحی و آب باران هستند که می‌بایست تا حد امکان عاری از مواد نفتی باشد. چنانچه کانالهای روباز پالایشگاه مورد بررسی قرار گیرد، مکانهایی را که احتمال وارد شدن مواد نفتی از آن ناحیه به کانال وجود دارد، را می‌توان مسدود نمود. همینطور مکانهایی از کانال که به علت سرباز بودن آن، باعث شده تا کارگران واحدها ضایعات نفتی و به طور کلی مواد آلوده کننده را وارد کانال نمایند، شناسایی و سرپوشیده شود.

پس از اجرای این تمهیدات با نمونه‌برداری و آزمایش آب این کانالها می‌توان دیگر اقدامات مورد نیاز جهت استفاده از این آب در سیستم آب برجهای خنک‌کننده را شناخت (قابل ذکر است که در پالایشگاه اصفهان از آب باران در تزریق به برجهای خنک‌کننده استفاده می‌کنند).

ح- هوادهی در حوضچه متعادل‌ساز: جهت اختلاط در حوض متعادل‌ساز از بفل (مانند پالایشگاه تهران) یا بفل و همزن (مانند پالایشگاه کرمانشاه) یا بفل و هواده (مانند پالایشگاه بندرعباس)، شکل ۱، استفاده می‌شود. هوادهی به حوض متعادل‌ساز دارای مزایای زیادی می‌باشد که از جمله آن حذف H_2S است. لذا پیشنهاد می‌شود جهت حذف H_2S در برکه متعادل‌ساز و اختلاط بهتر، هوادهی صورت پذیرد. [۵ و ۳]

د- تزریق لجن نفتی به هاضم بیولوژیکی: استفاده از میکروبی‌های نفت‌خوار در صنایع بالادستی و پایین دستی صنعت نفت بسیار گسترده شده‌است. هم‌اکنون در تصفیه لجن نفتی از این روش استفاده می‌کنند. در ایران، پالایشگاه اراک به کمک پژوهشگاه صنعت نفت توانسته این تکنیک را با موفقیت اجرا نماید. در اطن روش پس از عادت دادن میکروارگانیسمهای سیستم لجن فعال به هضم مواد نفتی، می‌توان لجن نفتی را با دبی تعیین شده به هاضم بیولوژیکی انتقال داد.



شکل ۱ - نمایی از سیستم هوادهی در حوضچه متعادل ساز

ه- نصب تغلیظ کننده و فیلتر پرس برای لجن بیولوژیکی: چنانچه پیشنهاد فوق با موفقیت اجرا شود، لجن نفتی تولیدی به لجن بیولوژیکی که کود بسیار مناسبی می باشد، تبدیل می شود. برای آنکه بتوان به صورت صحیح لجن بیولوژیکی را دفن یا به مصرف کشاورزی رساند می بایست آگیری شود. لذا ابتدا باید توسط یک تغلیظ کننده (معمولاً سیستمی مشابه کلاریفایر دارد) آگیری شده و آنگاه به یک فیلتر پرس فرستاده شود. پس از آگیری توسط فیلتر پرس، کیک لجن حاصل مناسب برای دفن یا استفاده به عنوان کود کشاورزی می باشد. مزیت فیلتر پرس اشغال فضای کمتر و سرعت عملیاتی بالاتر می باشد.

و- رعایت اصول راهبری: با توجه به اینکه تعدادی از مشکلات مربوط به عدم راهبری صحیح واحدها می باشد لذا توجه به نکات طراحی از جمله میزان مواد افزودنی در هر قسمت، انجام به موقع آزمایشات مربوطه، کنترل و تنظیم پارامترهای عملیاتی، کمک شایانی در بهبود سیستم می کند.

معرفی سیستم بهینه جهت تصفیه پساب پالایشگاهی

در تصفیه پساب صنعتی می توان به بیان دو اصل مهم اشاره کرد: اول، جلوگیری (در حد امکان) از ایجاد ضایعات و آلودگی و جدا سازی کانال بر حسب نوع آلودگی ها و دوم، تصفیه مقدماتی آلودگی در محل واحد تولید. طبق تحقیقات صورت گرفته، برای اینکه بتوان پساب پالایشگاهی بصورت اصولی تصفیه شود و ضایعات باقیمانده هم تحت فرایند صحیح قرار گیرند، باید سیستم تصفیه پساب پالایشگاه نه تنها باید شامل مراحل تصفیه مقدماتی، بیولوژیکی باشد بلکه با توجه به اینکه پساب تصفیه شده در پالایشگاهها قرار است به یکی از مصارف، آب جبرانی برجهای خنک کننده و یا کشاورزی و آبیاری برسد باید بعضی از عملیات تصفیه پیشرفته روی آن صورت پذیرد. تصفیه لجن نیز لازم می باشد. اجزاء این مراحل چندگانه در زیر آمده است:

- **آشغال گیر:** به منظور حذف و جداسازی مواد شناور در پساب که دارای قطر بیش از ۱cm - ۰/۵ هستند، لازم است از آشغال گیر استفاده شود. بهترین نوع آشغال گیر برای پالایشگاهها، نوع میله ای است.

- سیستم API: با توجه به اینکه پساب پالایشگاهها محتوی مقادیر بالایی از مواد روغنی است، لذا جهت جداسازی این مواد لازم است از حوض API استفاده شود. در همه پالایشگاههای کشور API وجود دارد. اما طبق تحقیقات جدید سیستم CPI به API برتری دارد و سیستم CPI جهت جایگزینی یا برای طراحی جدید پیشنهاد می‌شود.

- *حوضچه متعادل سازی و خنثی سازی*: با توجه به اینکه بار ورودی و pH پسابهای پالایشگاهی بسیار متغیر می‌باشند، لذا لازم است برای جلوگیری از وارد شدن شوک به سیستم تصفیه بیولوژیکی، عملیات خنثی‌سازی و یکنواخت‌سازی روی پساب صورت گیرد. بدین منظور از اسید سولفوریک و سود کاستیک جهت خنثی‌سازی استفاده می‌شود. همانطور که اشاره شد، برای یکنواخت سازی توصیه می‌شود که علاوه بر تعبیه بفل در حوض، از هوادهی به پساب نیز استفاده گردد. [۵]

- *حوضچه انعقاد و شناورسازی (DAF)*: به منظور حذف چربی و روغن موجود در پساب و همچنین تغلیظ لجن از واحد DAF استفاده می‌شود. در اکثر پالایشگاهها از ماده منعقد کننده کلوروفریک استفاده می‌شود که با توجه به تحقیقات صورت گرفته توسط پژوهشگاه صنعت نفت، از آنجا که میزان تزریق این ماده بالا بوده و لجن‌های معدنی با حجم زیاد تولید می‌کند، توصیه می‌شود با توجه به ماهیت لجن تولیدی در پالایشگاه از پلی الکترولیت‌های آلی استفاده گردد. میزان افزودن این مواد به کمک آزمایش جار تعیین می‌گردد. [۳]

- *تصفیه بیولوژیکی*: با توجه به مزایای روش لجن‌فعال، جهت تصفیه بیولوژیکی از این روش در تمامی پالایشگاههای کشور استفاده می‌شود. به منظور تأمین مواد مغذی مورد نیاز میکروارگانیسمها بهتر است فسفر از طریق اسید فسفریک و نیتروژن از طریق اوره که دارای توجیه اقتصادی تری نسبت به آمونیاک می‌باشد، با نسبت مناسب با BOD₅ سیستم، به حوض هوادهی تزریق شود. دمای سیستم لجن فعال باید در حدود ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتیگراد و pH آن در محدوده ۷-۸ کنترل شود. [۴]

- *زالال ساز*: جهت جدا نمودن میکروارگانیسمها از آب تصفیه شده، لازم است سیستم زالال‌ساز بعد از سیستم لجن فعال نصب شود. همچنین می‌بایست بر حسب نوع هوادهی در حوض لجن فعال، درصدی از لجن بیولوژیکی به حوض لجن فعال برگشت داده شود.

- *هاضم بیولوژیکی*: وجود هاضم بیولوژیکی جهت تثبیت لجن بیولوژیکی لازم می‌باشد. همچنین برای تصفیه و کاهش حجم لجن نفتی می‌توان آنرا وارد هاضم بیولوژیکی (دایجستر) نمود، با گذشت زمان ماند تحت سیستم بی‌هوایی، مواد آلی باقیمانده تجزیه می‌شود و در نهایت لجن تثبیت می‌گردد که از لجن تثبیت شده می‌توان به عنوان کود استفاده کرد.

- *تصفیه پیشرفته*: به منظور از بین بردن میکروارگانیسمهای احتمالی خروجی و گندزدایی پساب کلرزی می‌شود. همچنین برای حذف مواد معلق ریز از پساب، باید از فیلترهای شنی استفاده شود.

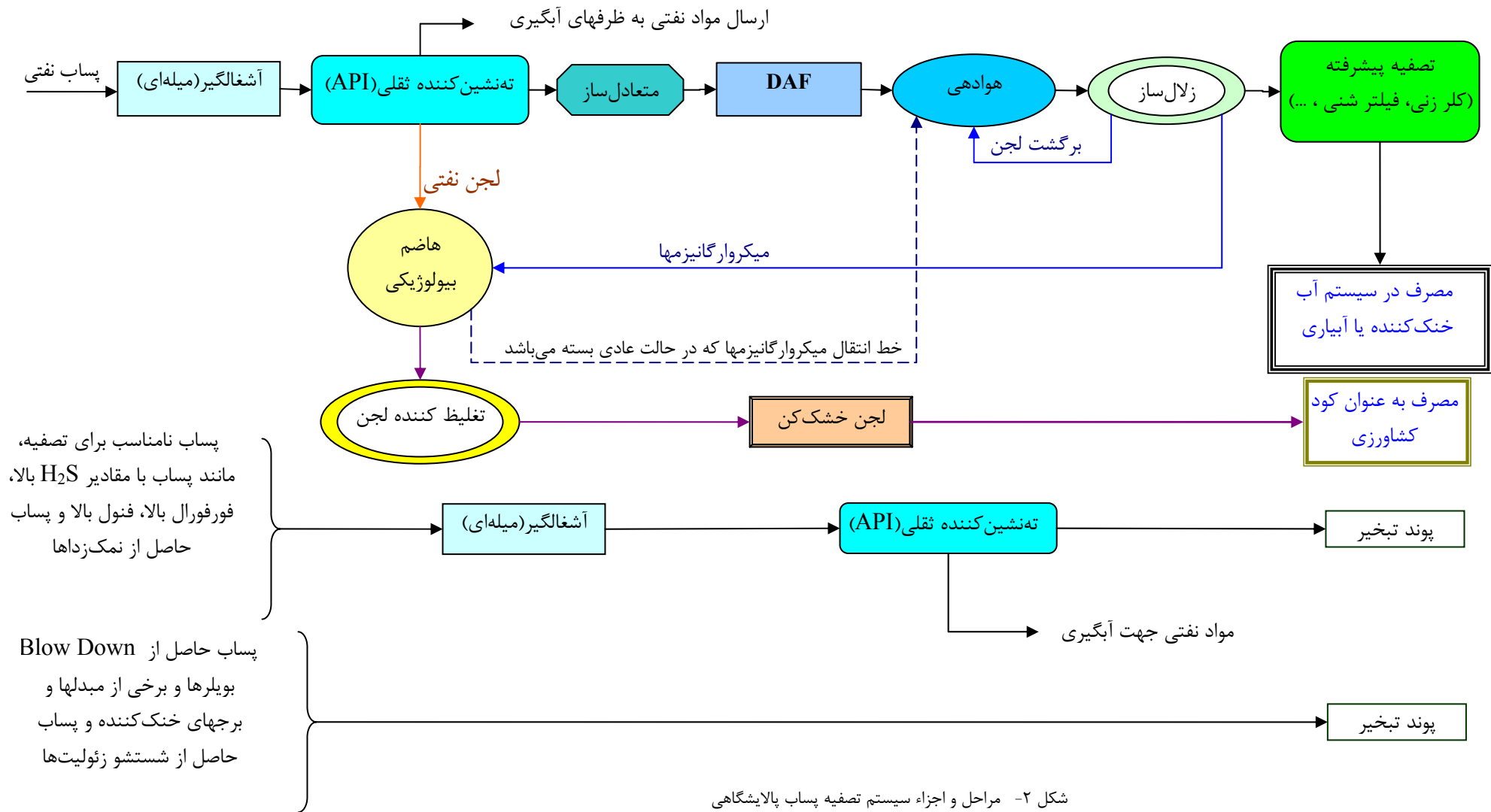
- *تغلیظ و خشک کردن لجن*: چنانچه پالایشگاهها بتوانند لجن نفتی را در هاضم بیولوژیکی تزریق کنند، می‌توانند کل لجن بیولوژیکی تولید شده را آگیری و سپس خشک نمایند. لجن بیولوژیکی خشک شده با در نظر گرفتن پارامترهای زیست محیطی می‌تواند به عنوان کود مورد استفاده قرار گیرد. دو روش جهت خشک کردن لجن پیشنهاد می‌شود که بر حسب شرایط آب و هوایی و نیز شرایط عملیاتی، هر یک می‌تواند مناسب باشد. روش اول استفاده از فیلتر پرس و روش دوم استفاده از بستر لجن خشک‌کن می‌باشد. روش اول در پتروشیمی اراک و روش دوم در پالایشگاه کرمانشاه مورد استفاده قرار گرفته است. [۵ و ۷]

در شکل ۲، زیر مراحل و اجزاء سیستم تصفیه پساب مناسب پیشنهادی برای پالایشگاههای نفت کشور نشان داده شده است. همچنین بهترین استفاده از پساب تصفیه شده را در درجه اول در سیستم آب خنک‌کننده

و درجه دوم در سیستم آبیاری فضای سبز پالایشگاه و بهترین استفاده از لجن‌های بیولوژیکی به عنوان کود کشاورزی پیشنهاد می‌شود.

مراجع

- ۱- دفتر بررسی آلودگی هوا، "ضوابط و استانداردهای زیست‌محیطی"، سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۷۸
- ۲- عیدان، غازی، فرزانه زنوری و رفعت کاوه، "نقش پودر کربن فعال در افزایش بازدهی سیستم‌های تصفیه پساب پالایشگاه‌ها"، مجله تحقیق، شماره ۱، صفحه ۶۱ تا ۷۶
- ۳- عیدان، غازی، "بررسی تأثیر فرایند شناورسازی در بازدهی سیستم تصفیه فاضلاب پالایشگاه‌ها" مجله آب و فاضلاب، شماره ۶، صفحه ۱۸ تا ۲۳
- ۴- اطلاعات دریافتی حاصل از بازدید از واحدهای تصفیه پساب پالایشگاه‌ها و manual ها
- ۵- پرورش، عبدالرحیم، "کمپوست کردن لجن فاضلاب بدون اضافه کردن عوامل حجیم‌کننده"، مجله آب و فاضلاب، سال ۱۳۷۷، شماره ۲۶، صفحه ۳۰ تا ۳۹
- ۶- مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب، "چگونه فاضلاب تصفیه می‌شود؟ لجن فعال" مجله آب و فاضلاب، سال ۱۳۷۶، شماره ۲۳، صفحه ۴۵ تا ۴۷ و شماره ۲۲، صفحه ۵۹ تا ۶۴
- ۷- "بررسی چگونگی دفع لجن بیولوژیکی و نفتی در سیستم پساب پالایشگاه اراک" پروژه‌ای بین پالایشگاه اراک و پژوهشگاه صنعت نفت.



شکل ۲- مراحل و اجزاء سیستم تصفیه پساب پالایشگاهی