

اصول و فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی فاضلاب

مؤلفین:

دکتر عبدالله درگاهی

دانشیار مهندسی بهداشت محیط دانشکده علوم پزشکی خلخال

مهندس فرنام مختارکوره

مهندس رویا عسکری

دکتر باقر حیاتی



انتشارات دانشگاهی فرهنگ

.....

نام کتاب: اصول و فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی فاضلاب

مؤلفین: دکتر عبدالله درگاهی / مهندس فرنام مختارکوره / مهندس رویا عسکری / دکتر باقر حیاتی

تاریخ و نوبت چاپ: اول ۱۴۰۵

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

بها: ۳۸۰۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۴۹۸۰-۷۵-۵

.....

حق چاپ برای نشر دانشگاهی فرهنگ محفوظ می باشد

نشانی: تهران، خیابان انقلاب، روبروی دانشگاه تهران، پاساژ فروزنده، طبقه اول، واحد ۴۱۹

تلفن: ۶۶۴۱۰۶۸۸ - ۶۶۹۶۸۶۱۴

WWW.FARBOOK.IR

عنوان و نام پدیدآور	: اصول و فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی فاضلاب/مؤلفین عبدالله درگاهی ... [و دیگران].
مشخصات نشر	: تهران: نشر دانشگاهی فرهنگ، ۱۴۰۵.
مشخصات ظاهری	: ۲۲۵ص: مصور.
شابک	: 978-622-4980-75-5: ۳۸۰۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: مؤلفین عبدالله درگاهی، فرنام مختارکوره، رویا عسکری، باقر حیاتی.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: فاضلاب -- تصفیه زیستی Sewage -- Purification -- Biological treatment فاضلاب -- تصفیه -- ایران Sewage -- Purification -- Iran
شناسه افزوده	: درگاهی، عبدالله، ۱۳۶۳.
رده بندی کنگره	: TD۷۵۵
رده بندی دیویی	: ۶۲۸/۲۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۰۴۴۹۶۶۴
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیبا

فهرست

۶	دییاجه
۷	فصل اول
۷	کلیات فاضلاب
۸	مقدمه
۸	روشهای تصفیه فاضلاب
۱۰	تاریخچه تصفیه فاضلاب در ایران
۱۰	طبقه بندی فاضلاب ها
۱۰	اهمیت جمع آوری فاضلاب
۱۱	تصفیه مکانیکی و طبیعی تصفیه فاضلاب
۱۷	فصل دوم
۱۷	میکروبیولوژی فاضلاب
۱۸	باکتری های تصفیه کننده فاضلاب در روش رشد چسبیده و رشد معلق
۱۹	سیستم لجن فعال:
۱۹	سیستم صافی چکنده:
۲۰	آلودگی آب و بیماری های منتقله از آن
۳۷	باکتری های تصفیه فاضلاب
۳۹	تصفیه زیستی با کمک باکتریهای بی هوازی
۴۱	واکنش هوازی یا بی هوازی
۴۱	انواع میکروارگانیسم های تصفیه فاضلاب
۴۹	فصل سوم
۴۹	تصفیه هوازی فاضلاب
۵۱	فرآیند لجن فعال متعارف (CAS)
۵۴	فرآیند لجن فعال کاملاً مخلوط (CMAS)
۵۷	فرآیند لجن فعال و انواع آن برای تصفیه فاضلاب
۵۷	اجزا و طراحی تاسیسات لجن فعال
۵۸	لجن فعال برگشتی (RAS)
۵۸	لجن فعال مازاد (SAS)
۶۵	راکتور ناپیوسته متوالی (SBR)
۶۷	هوادهی گسترده با تخلیه متناوب (IDEA)
۷۰	تشبیه تماسی
۷۶	فیلترهای چکننده
۷۸	راکتور چرخانی (RBC)

۸۱	لجن فعال با لایه ثابت یکپارچه (IFAS)
۸۴	راکتور بستر سیال (FBR)
۸۶	راکتور بایوفیلیم با بستر شناور (FBBR)
۸۶	بسترهای متحرک بیوفیلیم (MBBR)
۱۰۳	بیو راکتورهای غشایی (MBR)
۱۱۲	فصل چهارم
۱۱۲	تصفیه بی هوازی فاضلاب
۱۱۶	راکتور لجن بی هوازی با جریان رو به بالا (UASB)
۱۲۰	راکتور تصفیه بی هوازی بستر ثابت (UAFB)
۱۲۲	هاضم بستر ثابت (AF)
۱۲۴	بیوراکتورهای بستر توسعه یافته لجن گرانوله (EGSB)
۱۳۱	فصل پنجم
۱۳۱	فناوری های جدید در تصفیه فاضلاب
۱۳۲	فرایند منقطع تقویت زیستی BABE
۱۳۲	فرآیند CANON
۱۳۳	فرآیند HF-MBFR
۱۳۳	فرآیند INNITRI
۱۳۴	فرآیند SHARON ANAMMOX
۱۳۶	فرآیند نیتریفیکاسیون با اکسیژن محدود اتوتروفیک و دنیتریفیکاسیون (OLAND)
۱۳۶	تصفیه فاضلاب توسط جلبک سبز
۱۳۹	سلول های سوختی میکروبی (MFCS)
۱۴۴	آنزیم ها در تصفیه فاضلاب
۱۵۹	فصل ششم
۱۵۹	تصفیه طبیعی بیولوژیکی
۱۶۰	سیستم های تصفیه طبیعی بیولوژیکی
۱۶۰	برکه های تثبیت فاضلاب
۱۸۶	سیستم های طبیعی تصفیه فاضلاب
۱۸۶	نیزارها
۱۹۷	فصل هفتم
۱۹۷	تصفیه آلاینده های مقاوم به تجزیه توسط فرآیندهای بیولوژیکی
۱۹۸	مواد آلی سمی
۲۰۰	تجزیه مواد مرکب در فرآیند بی هوازی

۲۰۰	 گروه های مصرف کننده مواد
۲۰۳	 میکروبیولوژی فرایندهای بی هوازی
۲۰۸	 میکروارگانیسم های بی هوازی تجزیه کننده ترکیبات نفت
۲۰۹	 بیوشیمی فرایندهای بی هوازی
۲۱۱	 فنل (C_6H_5OH)
۲۱۲	 آفت کش ها
۲۲۳	 واژه نامه

دیباچه

فاضلاب به عنوان یکی از مهم ترین چالش های زیست محیطی و بهداشتی جوامع انسانی، همواره در کانون توجه پژوهشگران، متخصصان و مدیران حوزه آب و محیط زیست قرار داشته است. افزایش جمعیت، رشد سریع شهرنشینی، توسعه صنایع و تغییر الگوهای مصرف، حجم و پیچیدگی ترکیب فاضلاب را به گونه ای دگرگون ساخته است که مدیریت و تصفیه آن دیگر تنها با تکیه بر روش های سنتی امکان پذیر نیست. در چنین شرایطی، بهره گیری از رویکردهای نوین و علمی در حوزه مهندسی تصفیه فاضلاب ضرورتی انکارناپذیر است.

در میان روش های متعدد، تصفیه بیولوژیکی فاضلاب به سبب تکیه بر توانایی های ذاتی میکروارگانیسم ها در تجزیه و حذف آلاینده ها، به عنوان یکی از کارآمدترین و پایدارترین گزینه ها شناخته می شود. این روش ها نه تنها در کاهش بار آلودگی و بهبود کیفیت پساب خروجی نقش آفرین اند، بلکه با بهره گیری از فرآیندهای طبیعی و زیستی، امکان بازچرخانی و استفاده مجدد از آب را در مسیر توسعه پایدار فراهم می سازند.

کتاب حاضر با هدف فراهم آوردن یک مرجع جامع و علمی در زمینه اصول، فرآیندها و فناوری های نوین تصفیه بیولوژیکی فاضلاب نگارش شده است. در تدوین این اثر، تلاش بر آن بوده که ضمن معرفی مبانی نظری و زیستی، جنبه های مهندسی، طراحی و کاربردی فرآیندها نیز به طور دقیق تبیین گردد. ساختار کتاب در هفت فصل سامان یافته است:

- فصل نخست به کلیات فاضلاب، روش های سنتی تصفیه و تاریخچه آن در ایران می پردازد.
 - فصل دوم به عنوان شالوده اصلی مباحث، میکروبیولوژی فاضلاب و نقش جوامع میکروبی در فرآیندهای زیستی را بررسی می کند.
 - فصل های سوم و چهارم به ترتیب به فرآیندهای هوازی و بی هوازی اختصاص یافته اند و طیف گسترده ای از روش های کلاسیک و نوین مانند لجن فعال، راکتورهای غشایی، لاگون ها و راکتورهای بی هوازی را دربر می گیرند.
 - فصل پنجم به فناوری های نوظهور اختصاص دارد؛ از فرآیندهای پیشرفته مانند SHARON-ANAMMOX و OLAND گرفته تا رویکردهای نوآورانه همچون استفاده از جلبک ها، آنزیم ها و سلول های سوختی میکروبی.
 - فصل ششم روش های طبیعی تصفیه فاضلاب نظیر برکه های تثبیت و نیزارها را به عنوان راهکارهای سازگار با محیط زیست بررسی می نماید.
 - نهایتاً فصل هفتم به تصفیه آلاینده های مقاوم و سمی با استفاده از فرآیندهای بیولوژیکی اختصاص دارد و مباحثی چون تجزیه ترکیبات نفتی، آفت کش ها و ترکیبات فلزی را پوشش می دهد.
- نگارندگان بر این باورند که اثر حاضر می تواند علاوه بر پوشش نیازهای آموزشی دانشجویان رشته های مهندسی بهداشت محیط، مهندسی شیمی، مهندسی آب و محیط زیست، به عنوان مرجعی کاربردی برای پژوهشگران، متخصصان و کارشناسان فعال در صنایع آب و فاضلاب نیز مورد استفاده قرار گیرد. همچنین معرفی فناوری های نوین و تجربیات جهانی در این کتاب می تواند مسیر پژوهش های آینده را روشن تر سازد و به ارتقای کیفیت تصمیم گیری ها در حوزه مدیریت فاضلاب یاری رساند.

گروه نویسندگان

فصل اول

کلیات فاضلاب

مقدمه

مهندسی تصفیه فاضلاب تنها در حدود یکصد سال است که آغاز شده است و راه تکامل خود را پیموده است. پیش از آن، فاضلاب به سادگی دفع می شد و تصفیه اش برگردن طبیعت گذاشته می شد. تحقیقات و مدارکی که اپیدمی های بیماریهای گوارشی را در میانه قرن نوزدهم در بریتانیا و ایالات متحده به آلودگی آب آشامیدنی مرتبط می ساخت آغاز انقلاب تصفیه آب آشامیدنی بود. سال ها بعد تصفیه فاضلاب پیش از دفع به عنوان وسیله ای دیگر برای حفاظت از سلامت انسان شکل گرفت. تمرکز تصفیه فاضلاب از تصفیه فیزیکی به سیستم های تصفیه بیولوژیکی هوازی، که پیشرفتی نسبتاً تازه بود، گسترش یافت. تصفیه کارآمد فاضلاب صرف نظر از اندازه جامعه هم برای حفاظت از سلامت انسان و هم برای حفاظت از سلامت محیط زیست ضروری است. آلاینده های بالقوه فاضلاب های شهری و صنعتی شامل باکتریهای بیماری زا، ویروس های عفونی، جامدات معلق، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، مواد شیمیایی سمی و غیرسمی، مواد پرتوزا و مواد مغذی مازاد نظیر آمونیاک است. هم برای تصفیه خانه های فاضلاب شهری و هم تصفیه خانه های فاضلاب صنعتی باید همواره پسابی تولید کنند که کمترین مقدار این گونه آلاینده ها را داشته باشد تا کمترین اثر را بر محیط بگذارد. پساب تصفیه فاضلاب می تواند به منظور تغذیه آبهای زیرزمینی، آبیاری کشاورزی، کاربردهای تفریحی یا در درون صنایع به عنوان آب خنک سازی و شستشوی محوطه دوباره استفاده شود. افزایش جمعیت و افزایش تراکم جمعیت صنعت، تصفیه فاضلاب را ملزم می سازد تا فن آوریهای را به کارگیرد که می توانند با افزایش دادن بازده اقتصادی اثرات زیست محیطی را کاهش دهند. فاکتورهای مهم انتخاب عملیات و فرآیندها برای بهبود کار این تصفیه خانه ها به منظور برآورده شدن نیازمندی های جوامع در حال رشد شامل مساحت مورد نیاز، هزینه، بازده تصفیه، تداوم است (۱-۲).

اوج این التزام های صنعت تصفیه فاضلاب ضرورت طراحی نوآورانه واحدهای جدید و ایده های سازنده برای اصلاح تصفیه خانه های قدیمی موجود است. چون تصفیه خانه های بزرگ فاضلاب می کوشند تا سیستم ها را گسترش دهند یا به کارائی شان بهبود بخشند، ثابت شده است که به روز درآوردن فن آوری های تک کاره ای نظیر فرآیند لجن فعال که در حال حاضر استفاده می شوند دشوار است. درهم آمیختن فرآیندهای بیولوژیکی و عملیات فیزیکی در یک واحد توانائی یک فن آوری منفرد را نشان می دهد که می تواند به شکل یک مجموعه کامل تصفیه ثانویه کار کند، فشار برگسترش زیر ساخت ها با فضا منابع مالی محدود باعث شده است تا فضایی که یک تصفیه خانه فاضلاب اشغال می کند به هنگام ساخت سیستم ها پارامتر مهمی به حساب آورده شود. واحدهای درهم آمیخته نیاز به فضایی کوچکتر را در جوامع دچار کمبود زمین برآورده خواهد ساخت.

سیستم های تصفیه ای که مطابق با راهبرد یکپارچگی تعبیه می شود میتواند هم برای جوامع بزرگ و هم برای جوامع کوچک جایگزین جذابی برای سیستم های موجود باشد. پیشرفت های جدید در فن آوری های لایه ثابت fixed film به هم در آمیختن مجموعه تصفیه از طریق بکارگیری فن آوریهای متمرکز شده است که می تواند بیش از یک فرآیند عملیاتی را انجام دهند (۳-۴).

روشهای تصفیه فاضلاب

به طور کلی فاضلاب به ۳ روش فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تصفیه می شود که با توجه به اهداف تصفیه و نوع و خصوصیات فاضلاب تصفیه شونده به تنهایی و یا به صورت الگوهای مختلف تلفیقی مورد استفاده قرار می گیرند.

• تصفیه فیزیکی:

فرآیندهای فیزیکی مورد استفاده در مهندسی آب و فاضلاب شامل ته نشینی، فیلتراسیون و انتقال گاز هستند. موارد مذکور فرآیندهای اصلی جداسازی مواد موجود در آب یا فاضلاب خام و یا جداسازی محصولات فرآیندهای شیمیایی یا بیولوژیکی می باشند. از ته نشینی برای جداسازی مواد معلق و کلوئیدی در آب یا فاضلاب استفاده می شود. در سیستم های تصفیه آب یا فاضلاب ته نشینی در حوضچه های بزرگ که در آنها جریان به حداقل آشفته گی رسیده و به شکل یکنواخت پخش می شود، انجام می گیرد(۵).

فیلتراسیون نیز مانند ته نشینی به منظور جداسازی جامدات از محیط مایع به کار می رود که البته به استثنای موارد خاص دستیابی به استانداردهای بسیار بالای پساب خروجی و کاربردهای تصفیه پیشرفته کمتر در تصفیه فاضلاب مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین از عملیات انتقال گاز می توان در تصفیه آب یا فاضلاب استفاده کرد. حذف گازهایی که میزان کمی در اتمسفر دارند در اثر تماس میان آب و هوا تشدید می شود که فرآیند مورد استفاده برای زدودن گازهای نامطبوع و بد بو از آب یا فاضلاب مورد استفاده قرار می گیرد(۶).

• تصفیه شیمیایی:

فرآیندهای تصفیه فاضلاب که در آنها تغییرات سوبستره ورودی بر مبنای انجام واکنش های شیمیایی می باشد به عنوان فرآیندهای واحد شیمیایی شناخته می شوند. در مبحث تصفیه فاضلاب فرآیندهای واحد شیمیایی معمولاً به همراه عملیات واحد فیزیکی و فرایندهای واحد زیستی مورد استفاده قرار می گیرند. فرآیندهای شیمیایی واحد اصلی مورد استفاده در تصفیه فاضلاب شامل انعقاد شیمیایی، ترسیب شیمیایی، فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته، تبادل یونی، خنثی سازی شیمیایی، کنترل رسوبگذاری و ترسیب شیمیایی می باشند.

• تصفیه بیولوژیکی:

تقریباً تمامی فاضلاب های حاوی مواد قابل تجزیه زیستی را می توان با انجام آزمایش مناسب و کنترل زیست محیطی و به روش زیستی تصفیه کرد. بنابراین برای هر مهندس محیط زیست، شناخت ویژگی های هر یک از فرایندهای زیستی برای اطمینان از ایجاد محیطی مناسب با کنترل مؤثر ضروری است. خوشبختانه، مخلوطی از جمعیت میکروارگانیسم ها، که به طور طبیعی در فاضلاب وجود دارد، می تواند مواد آلی تجزیه پذیر زیستی محلول و کلوئیدی را به عنوان غذای خود برای رشد و تکثیر استفاده کند. بنابراین، برای حذف جامدات کلوئیدی و محلول از پساب تصفیه اولیه، فاضلاب عموماً با استفاده از توده ی زیستی بیشتر تصفیه می شود. این تصفیه ی بیشتر فاضلاب تصفیه ی ثانویه نامیده می شود و چون معمولاً از فرایند(های) بیولوژیکی استفاده می کند، به آن تصفیه ی بیولوژیکی فاضلاب نیز گفته می شود(۷).

اهداف کلی تصفیه زیستی فاضلاب شامل موارد زیر است:

- (۱) تبدیل ترکیبات محلول و ذرات معلق قابل تجزیه زیستی به محصولات نهایی
- (۲) به دام انداختن و ادغام ذرات کلوئیدی معلق و غیر قابل ته نشینی در لخته سازی یا لایه زیستی
- (۳) تبدیل یا حذف مواد مغذی مانند نیتروژن و فسفر
- (۴) در برخی موارد، حذف ترکیبات آلی جزئی خاص

تاریخچه تصفیه فاضلاب در ایران

در ایران از زمان های بسیار دوری لجن بدست آمده از چاه های جذب کننده ی فاضلاب به عنوان کود کشاورزی به کار گرفته می شده است. ولی در تمام این روشها بیشتر تکیه بر بازیابی از مواد کودی فاضلاب بوده است و نه تصفیه آن. در ایران امروز تصفیه خانه های فاضلاب به صورت پیشرفته ی خود سابقه ی طولانی ندارند و محدودند به چند تصفیه خانه محلی در نواحی شمال تهران که قدیمی ترین آنها تصفیه خانه ی صاحبقرانبه می باشد که در سال ۱۳۴۰ شروع به کار کرده است. از نظر بزرگی مهمترین تصفیه خانه ها، تصفیه خانه های اصفهان می باشند که قدیمی ترین آنها در سال ۱۳۴۵ شروع به کار کرده است (۸).

طبقه بندی فاضلاب ها

۱- فاضلاب خانگی^۱: به فاضلاب هایی اشاره دارد که در مناطق مسکونی، تجاری و مؤسسات تولید می گردد. به همین دلیل فاضلاب خانگی را به سه گروه تقسیم می نمایند:

- فاضلاب مسکونی^۲

- فاضلاب تجاری^۳

- فاضلاب مؤسسات^۴

لازم به ذکر است که فاضلاب خانگی را با عنوان فاضلاب بهداشتی^۵ نیز نام می برند.

۲- فاضلاب صنعتی^۶: فاضلابهای تولیدی در کارخانه ها و کارگاهها را شامل میشود.

۳- فاضلاب کشاورزی^۷: منظور از این فاضلاب، زهکش مناطق کشاورزی است، فاضلاب مناطق کشاورزی معمولاً محتوی آفت کشتهای مختلف، سموم و کودهای شیمیایی است.

۴- سیلابها^۸: به روانابههای ناشی از بارندگی اشاره دارد که می تواند به طور مجزا یا مشترک با فاضلاب های شهری جمع آوری، تصفیه و دفع گردد (۹).

اهمیت جمع آوری فاضلاب

با توسعه شهرها و افزایش جمعیت آنها و گسترش صنایع روز به روز براهمیت کنترل آلودگی محیط زیست افزوده می گردد. فاضلاب ها یکی از عوامل آلودگی محیط زیست هستند که می باید آنها را به طریق بهداشتی جمع آوری، تصفیه و مجدداً به گردش آب در طبیعت برگرداند. فاضلاب ها مقدار زیادی مواد خارجی دارند و فاضلاب خانگی از تهیه غذا، نظافت منزل، مصارف بهداشتی و فضولات بدن ناشی می گردد. عملیات صنعتی باعث آلودگی آب می گردد. زیرا بعضی از محصولات اصلی و فرعی صنعتی به طور عمدی یا غیرعمدی وارد آب می گردد.

^۱ .Domestic wastewater

^۲ . Residential wastewater

^۳ .Commercial wastewater

^۴ .Institutional wastewater

^۵ . Sanitary Sewage

^۶ .Industrial wastewater

^۷ .Agricultural wastewater

^۸ . Storm water

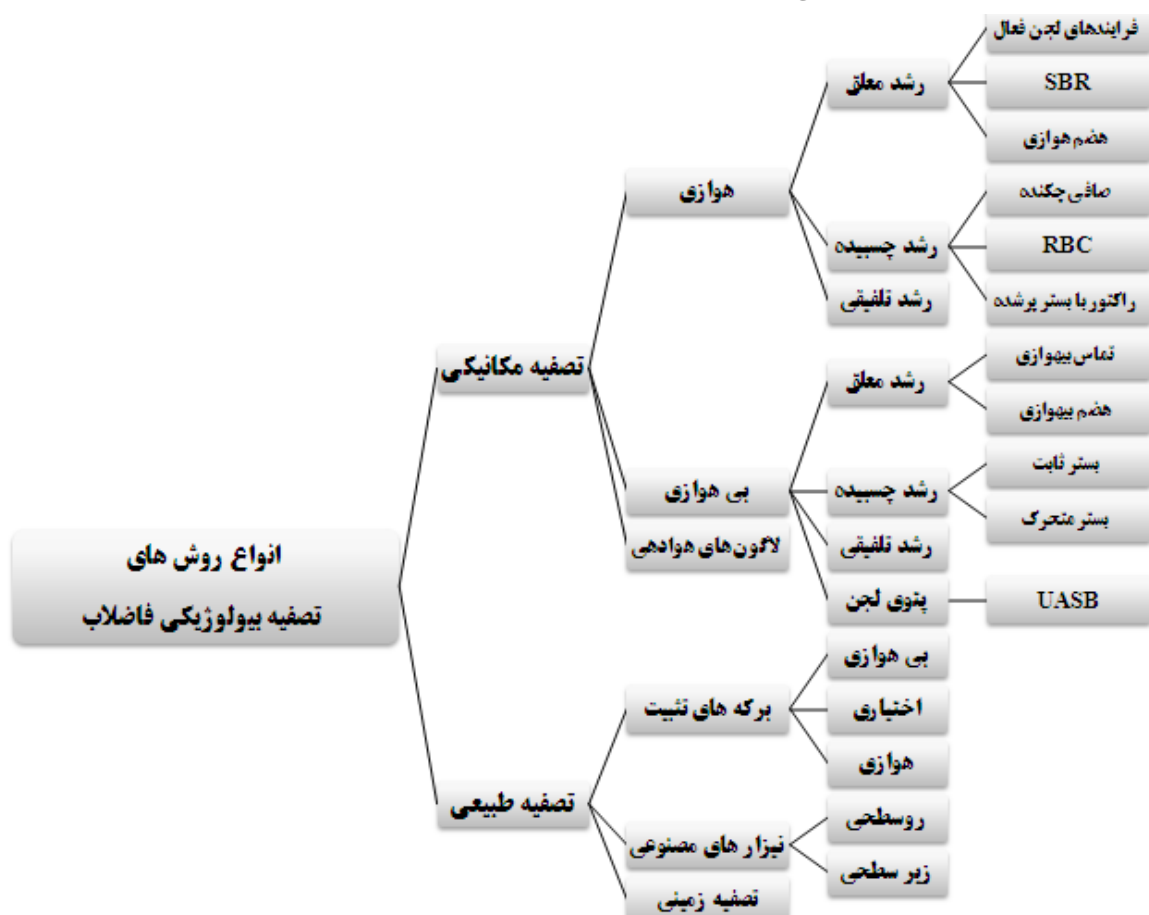
از آنجا که فاضلاب ها حاوی مواد آلی، معدنی و بیولوژیکی هستند می توانند از نقطه نظر بهداشتی سلامت افراد جامعه را به خطر اندازند، لذا باید فاضلاب های خانگی، سیلاب و ... به روش صحیحی جمع آوری و دفع گردند. فاضلاب های شهری همیشه دارای میکروب های گوناگونی می باشند که قسمتی از آنها را میکروب های بیماری زا تشکیل می دهند. وارد نمودن فاضلاب های تصفیه نشده به محیط زیست موجب آلودگی این محیط شده که علاوه بر خطرهای مستقیمی که برای بهداشت مردم دارد نتایجی دیگر از قبیل ایجاد مناظر زشت، بوهای ناخوشایند و سرانجام تولید حشرات بخصوص مگس و پشه به همراه دارد (۱۰).

روش های تصفیه فاضلاب که در آنها حذف آلاینده ها از طریق واکنش های شیمیایی و بیولوژیکی صورت می گیرد با عنوان فرایندهای واحد تصفیه معروف اند. در حال حاضر، عملیات و فرایندهای واحد تصفیه درهم ادغام شده و بطور کلی آنچه را که امروزه مراحل اولیه، ثانویه و نهایی تصفیه نامیده می شود تشکیل داده اند. فرایند تصفیه فاضلاب بر خلاف فرایند تصفیه آب، به علت بکارگیری موجودات زنده در عملیات تصفیه بسیار پیچیده و حساس می باشد که هر گونه اشتباه در طی فرایند طراحی، اجرا و بهره برداری، عملیات تصفیه را دچار مشکل نموده و هزینه های هنگفتی را از جنبه اصلاح مشکل، بهره برداری و همچنین خسارات زیست محیطی ناشی از آن وارد خواهد نمود (۱۰).

تصفیه مکانیکی و طبیعی تصفیه فاضلاب

امروزه تکنولوژی های متعددی عمده متشکل از دو خانواده بزرگ تصفیه مکانیکی و تصفیه طبیعی جهت پالایش انواع فاضلاب ها وجود دارد که بسته به مشخصات فاضلاب، وضعیت اقلیمی، وضعیت منابع مالی، بزرگی و کوچکی پروژه، استانداردهای زیست محیطی، وضعیت منابع انسانی متخصص، وضعیت توپوگرافی منطقه، قابلیت های اجرایی، نحوه بهره برداری، شرایط رفاهی، مسائل سیاسی و اجتماعی منطقه و سایر پارامترهای مرتبط می تواند بسیار متفاوت باشد. تقسیم بندی کلی روش های تصفیه به طور خلاصه در شکل ۱۱ ارائه شده است.

یکی از مهمترین معیارهای طراحی، اجرا و بهره برداری از سیستم های تصفیه فاضلاب توجه به استانداردهای زیست محیطی می باشد که خود سهم مهمی در انتخاب نوع فرایند و سایر ملاحظات خواهد داشت. چرا که در برخی از مناطق علی الرغم امکان طراحی و اجرای بسیاری از سیستم های تصفیه فاضلاب، ممکن است به دلیل وجود قوانین سخت گیرانه زیست محیطی نتوان هر سیستمی را طراحی و اجرا نمود. همچنین در مقابل ممکن است نوع کاربری پساب و نحوه دفع آن و مقایسه آن با استانداردهای زیست محیطی شرایط را برای اجرای بسیاری از سیستم های تصفیه فاضلاب فراهم آورد. به عنوان مثال در صورتی که محل دفع فاضلاب تنها آب های پذیرنده باشد یا تنها کاربری کشاورزی باشد و یا چاه جاذب و یا تلفیقی از آنها باشد، ممکن است در نحوه انتخاب فرایند، معیارهای طراحی، نحوه چیدمان واحدها و حتی تعداد واحدهای مورد استفاده اثر گذار باشد. لذا همواره بایستی توجه کافی به نحوه دفع پساب و استانداردهای زیست محیطی موجود در این رابطه صورت گیرد تا بتوان بهترین تصمیم را درخصوص مدیریت تصفیه پساب اخذ نمود. در جدول ۱ برخی از استانداردهای شاخص زیست محیطی ارائه شده است.



شکل ۱: نمودار کلی انواع روش های تصفیه فاضلاب

در طی سالیان اخیر هزینه های زیادی برای ساخت واحدهای تصفیه فاضلاب صرف شده است. متأسفانه عملکرد بسیاری از این تأسیسات نتوانسته است شرایط تخلیه مجاز فاضلاب را برآورده کند. در بسیاری از موارد، به منظور برآورده شدن معیارهای تخلیه فاضلاب و تأمین عملکرد مطمئن تر سیستم، ایجاد تغییرات و یا طراحی مجدد واحد تصفیه با صرف هزینه های گزاف اجتناب ناپذیر بوده است. در حال حاضر برای پاسخگویی به نیازهای فعلی تخلیه و بهتر از حد فعلی، واحدهای تصفیه بهسازی شده ای لازم است که بهره برداری و نگهداری آنها آسانتر باشد. ضرورت حفاظت از منابع و انرژی کاملاً به اثبات رسیده است. تحلیل های انرژی اکنون جای مهمی در تحلیل هر پروژه یافته است. فرایندهایی که منابع و انرژی را حفظ می کنند به علت کمک به حفظ ذخایر انرژی و صرفه جویی قابل توجه در هزینه های احداث و بهره برداری، بیشتر مورد توجه قرار می گیرند. روند حداقل کردن مصرف انرژی در واحدهای تصفیه فاضلاب، از طریق بذل توجه دقیقتر به تعیین محل واحدها و طراحی تأسیساتی که برای گرمایش واحد و تولید برق از انرژی بازیافتی استفاده می کنند روبه رشد است.

جدول ۱: استانداردهای زیست محیطی خروجی فاضلاب برای برخی از آلاینده های شاخص در ایران

ردیف	مواد آلاینده	تخلیه آبهای سطحی mg/l	تخلیه به چاه جاذب mg/l	مصارف کشاورزی mg/l و آبیاری
۱	اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی BOD _۵	۳۰ (لحظه ای ۵۰)	۳۰ (لحظه ای ۵۰)	۱۰۰
۲	اکسیژن مورد نیاز شیمیایی COD	۶۰ (لحظه ای ۱۰۰)	۶۰ (لحظه ای ۱۰۰)	۲۰۰
۳	مجموع مواد جامد معلق TSS	۴۰ (لحظه ای ۶۰)	-----	۱۰۰
۴	اکسیژن محلول (حداقل) DO	۲	-----	۲
۵	آمونیم بر حسب NH _۴	۲/۵	۱	-----
۶	نیتريت بر حسب NO _۲	۱۰	۱۰	-----
۷	نترات بر حسب NO _۳	۵۰	۱۰	-----
۸	فسفات بر حسب فسفر	۶	۶	-----
۹	پ هاش pH	۶/۵ - ۸/۵	۵ - ۹	۶ - ۸/۵
۱۰	کل کیفرم (در ۱۰۰ ml) MP N	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
۱۱	کیفرم مدفوعی (در ۱۰۰ ml)	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰
۱۲	تخم انگل	-----	-----	کمتر از ۱

هزینه های بهره برداری و نگهداری برای موسسات بهره بردار و به خصوص برای جوامع کوچک که بودجه محدودی در اختیار دارند و کلیه هزینه های آنها از اعتبارات محلی تأمین می شود، بسیار مهم است. لذا قابلیت بهره برداری واحدهای تصفیه دوباره مورد توجه واقع شده است. در سالیان اخیر مبحث مهندسی ارزش که بررسی و بازبینی طرح و ارائه پیشنهاد بهسازی را انجام می دهد در بسیاری از کشورهای توسعه یافته جهت ارتقاء سیستم های تصفیه فاضلاب در حال بهره برداری، اجرا و حتی در حال طراحی مورد استفاده قرار می گیرد که اخیراً در کشور ما ایران نیز توجه به مهندسی ارزش، مهندسی مجدد و ارتقاء فرایندهای تصفیه فاضلاب مورد توجه و در دستور کار وزارت نیرو قرار گرفته است. بررسی های مهندسی ارزش موجب صرفه جویی های چشمگیری در هزینه های سرمایه ای خواهد شد (۱۰).

در حال حاضر بر روی اغلب عملیات و فرایندهای مورد استفاده در تصفیه فاضلاب تحقیقات وسیع و پیوسته ای، از دیدگاه کاربرد و اجرا صورت می گیرد. امروزه اکثر محققین و دست اندکاران صنعت فاضلاب در دنیا در پی دستیابی به روش هایی ساده، ارزان قیمت، کوچک و فشرده، با بهره برداری و نگهداری راحت و در نهایت با راندمانی بالا می باشند که در نتیجه، این امر موجب شده تا ضمن ایجاد تحولی چشمگیر، تغییرات فراوان در فرایندها صورت گرفته و روز به روز فرایندهای جدیدی ابداع و بکار گرفته شوند (۶).

از آنجایی که تحقیق در خصوص مشخصات فاضلاب بسیار گسترده شده است و از آنجایی که تکنولوژی های آنالیز محتویات خاص و اثرات بالقوه بهداشتی و زیست محیطی آنها بسیار جامع است، لذا گروه های تحقیق علمی بطور عمده ای گسترش یافته اند. بسیاری از روش های جدید تصفیه که ابداع شده اند، جهت پیگیری بحث نگرانی های بهداشتی و زیست محیطی همراه با کشف تحقیقی تازه طراحی می شوند. بنابراین پیشرفت در امر اثربخش بودن تکنولوژی های تصفیه با افزایش امکان کشف مواد تشکیل دهنده فاضلاب، پایاپای نخواهد بود. آلاینده ها را می توان در غلظت های پائین تر شناسایی نموده و به تکنولوژی های تصفیه قابل دسترس نائل گردید. بنابراین ارزیابی دقیق اثرات بهداشتی و زیست محیطی و نگرانی های اجتماعی در خصوص این اثرات بطور فزاینده ای در مدیریت فاضلاب اهمیت پیدا کرده اند (۱۱).

در اوایل قرن بیستم، فاضلاب اغلب جوامع مستقیماً به جوی ها، رودخانه ها و شبکه های آب باران تخلیه می شد. حاصل این کار تجمع لجن، ایجاد بوهای نامطبوع و مزاحم، شرایط زشت ظاهری و از همه مهمتر بروز و شیوع بیماری های ناشی از آن بود. برای مقابله با این مسائل، احداث شبکه های جمع آوری و تصفیه فاضلاب جنبه قانونی پیدا نمود. با کاربرد روش های فشرده تر تصفیه فاضلاب، که با تولید مقادیر عظیم لجن همراه بود، مشکل دفع لجن به وجود آمد. افزایش تولید لجن، به علت احداث واحدهای اضافی تصفیه ثانویه و پیشرفته سبب اعمال فشار بر ظرفیت روش های موجود تصفیه و دفع لجن خواهد شد. روش های اصلاح شده تصفیه، به منظور دسترسی به سطوح تصفیه بالاتر، نه فقط برای تشکیل دهنده های معمول فاضلاب، بلکه برای دفع مواد خاص (مانند فلزات و VTOC ها و غیره) ضرورت پیدا خواهد کرد. در حال حاضر جستجوی پیوسته برای یافتن روش های بهتر و آسان تر تصفیه، دفع و استفاده مجدد از اولویت های پژوهشی محققین و دست اندرکاران صنعت فاضلاب در دنیا می باشد (۱۱).

اگرچه روز به روز سیستم های مکانیکی و پیشرفته به صنعت عظیم فاضلاب دنیا اضافه می گردد و تمرکز بسیاری از محققین و شرکت های طراح و سازنده بر روی سیستم های نوین مکانیکی و فشرده با راندمان بالا متمرکز شده است، اما هنوز برخی از محققین و مهندسين بر روی اصلاح معیارهای طراحی، اجرا، بهره برداری و مدیریت سیستم های تصفیه طبیعی فاضلاب مشغول فعالیت بوده و در این زمینه به موفقیت های مهمی نیز نائل شده اند. امروزه همچنان سیستم های تصفیه طبیعی فاضلاب از جمله سیستم های برکه تثبیت و نیزارهای مصنوعی خصوصاً در مناطق کوچک شهری و روستایی و حتی در مناطق بزرگ نیز در حال توسعه و اجرا می باشند (۱۱).

بطور کلی سیستم های تصفیه فاضلاب شامل سیستم های تصفیه مکانیکی و سیستم های تصفیه طبیعی می باشد که می توان از آنها برای تصفیه انواع فاضلاب ها استفاده نمود. آنچه در این زمینه حائز اهمیت است انتخاب فناوری مناسب با توجه به مشخصات فاضلاب، وضعیت آب و هوایی، وضعیت اقتصادی منطقه و منابع مالی موجود، بزرگی و کوچکی پروژه، استانداردهای زیست محیطی، وضعیت منابع انسانی متخصص، وضعیت توپوگرافی منطقه، قابلیت های اجرایی، نحوه بهره برداری و نگهداری، نوع منابع پذیرنده پساب تصفیه شده، سطح آبهای زیر زمینی، میزان زمین در دسترس، عمر طرح، جنس زمین، هزینه های سرمایه گذاری اولیه، نرخ تورم، نرخ بهره بانکی، وضعیت توسعه منطقه، شرایط گردشگری و فرهنگی، پتانسیل های بالقوه منطقه، شرایط رفاهی و بهداشتی، مسائل سیاسی، امنیتی و اجتماعی هر منطقه است که استفاده از روش مورد نظر را ممکن می سازد. در چنین شرایطی روش های

آسان، ارزان و کارآمد پالایش پساب آلوده که فاقد تبعات اجتماعی، سیاسی و زیست محیطی باشند از اهمیت دو چندان برخوردار می گردند و زمینه را برای تلاش پژوهشگران فراهم می سازند(۱۱).