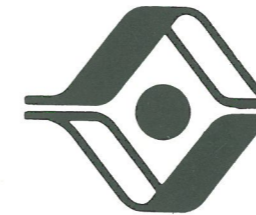


چگونه فاضلاب تصفیه می شود؟

برکه های تصفیه فاضلاب

از سلسله آموزشهای راهبرهای تصفیه خانه فاضلاب

قسمت هشتم



ایوب ترکیان*

مقدمه

برکه های کم عمق (۵-۱ متر) گزینه های دیگری برای تصفیه فاضلاب هستند که می توانند همراه یا به جای دیگر روشهای متداول بکار گرفته شوند. شمایی از جانمایی در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده و اهداف اجزاء مختلف در جدول ۱ آورده شده است. وقتی که فاضلاب به برکه وارد می شود. در برکه، تصفیه یا تثبیت توسط چند فرایند طبیعی که همزمان در حال وقوع هستند صورت می گیرد. جامدات سنگین ته نشین شده و توسط باکتریها تجزیه می شوند. مواد معلق سبکتر در حالت تعلیق توسط باکتریها جذب می شوند. مقداری از فاضلاب نیز از طریق تبخیر از سطح برکه دفع می شود.

مواد مغذی محلول نظیر نیتروژن و فسفر بوسیله آلگهای سبز که در آب وجود دارند مورد استفاده قرار می گیرند. جلبکها از دی اکسید کربن (CO₂) و بیکربنات برای سنتز پروتوپلاسم سلولی استفاده می کنند و برای رشد مثل دیگر گیاهان در متابولیسم خویش به نیتروژن و فسفر نیاز دارند. زائادات حاصله از این متابولیسم اکسیژن و مقداری دی اکسید کربن است.

برکه ها می توانند نقش مفیدی در تصفیه فاضلاب ایفا نمایند. با مطالعات انجام شده در مورد عملکرد آنها

شناخت بهتری نسبت به فرایندهای طبیعی دخیل در تصفیه حاصل شده است. در این قسمت اطلاعاتی مربوط به فرایندهای طبیعی و شیوه تنظیم این فرایندها توسط راهبرها برای بهینه سازی عملکرد فراهم شده است.

تاریخچه

در سیستمهای قدیمی جمع آوری فاضلاب از مجاری آبی مجاور شهرها برای تخلیه استفاده می شد. این سیستمها تا زمانی که جمعیت شهرها زیاد نشده بود هدف مورد نظر را بدون بارگذاری بیش از حد به خوبی تأمین می کردند.

در زمانهای قدیم برکه ها و دریاچه ها توسط زائادات آلی تغذیه می شدند تا با تسریع میزان رشد جلبکها بتوان تولید ماهی را افزایش داد. این رویه هنوز نیز متداول است و در آلمان به عنوان یک هنر شناخته شده است.

از ۱۹۵۸ میلادی مهندسی با استفاده از تحقیقات زیست شناسان، اطلاعات علمی مربوط به برکه ها، و تجارب ناشی از موفقیتها و ناکامیها تعداد زیادی برکه طراحی و ساخته اند. در صورت استفاده صحیح و کارشناسانه از برکه ها می توان برای به تحقق رسانیدن

*- عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف

جدول ۱: اهداف اجزاء مختلف برکه

هدف	جزء
اندازه گیری و ثبت دبی ورودی حذف مواد درشت از فاضلاب ورودی توزیع فاضلاب در برکه تنظیم خروجی از برکه و عمق آب. امکان تخلیه برای بازرسی و تمیز کردن را فراهم می کند.	دبی سنج آشغالگیر ساختار ورودی سازه کنترل عمق و خروجی
پیشگیری خروج کف سطحی و دیگر بقایا به برکه بعدی یا آب پذیرنده جداسازی برکه ها و نگهدارنده فاضلاب برای تصفیه در برکه هدایت فاضلاب از یک برکه به برکه دیگر برگشت خروجی غنی از جلبک و اکسیژن در برکه دومی به برکه اولی برای بارورسازی، ترقیق و کنترل فرایند کاربرد کلر به فاضلاب تصفیه شده برای ضد عفونی فراهم کردن زمان تماس برای ضد عفونی پساب هدایت فاضلاب تصفیه شده به آب پذیرنده، نقطه استفاده مجدد (آبیاری) یا محل دفع بر روی زمین	مانع خروجی دیواره خط لوله انتقال خط لوله واگردانی کلرزنی حوضچه تماس کلر خط لوله خروجی

اهداف مختلفی از آنها بهره برداری کرد.

به عنوان یک فرایند تصفیه، استفاده از روش برکه ای چندین امتیاز نسبت به مجموعه های کوچک دارد. این صحبت در زمانی صادق است که قیمت زمین زیاد نبوده و محل انتخابی به دور از مناطق مسکونی، تجاری و تفریحی باشد. امتیازات برکه ها شامل موارد زیر می شود:

- ۱- عدم نیاز به تجهیزات گران قیمت
- ۲- عدم نیاز به پرسنل راهبری با مهارت زیاد
- ۳- مقرون به صرفه از لحاظ هزینه های ساخت
- ۴- تأمین تصفیه با راندمان مشابه یا بهتر از فرایندهای

متداول

- ۵- توان تحمل نوسانات بارگذاری
- ۶- کم مصرف از جنبه انرژی
- ۷- قابل استفاده به عنوان پناهگاه پرندگان
- ۸- عمر مفید بیشتر
- ۹- عدم وجود مشکلات پردازش و دفع لجن
- ۱۰- احتمال ساده ترین سیستم تصفیه در صورت استفاده صحیح و به شرطی که پساب با کیفیت بالا

در همه مواقع سال مورد نیاز نباشد.

محدودیتهای برکه ها عبارتند از:

- ۱- ممکن است ایجاد بوهای نامطبوع نماید
- ۲- سطح زمین زیادی مورد نیاز است.
- ۳- راندمان تصفیه تابع شرایط آب و هوایی است.
- ۴- ممکن است آبهای زیرزمینی آلوده شوند.
- ۵- غلظت جامدات معلق در پساب ممکن است بالا باشد.

طبقه بندی و کاربردها

برکه ها در تصفیه فاضلاب برای دامنه وسیعی از جمعیت که می تواند یک تک واحدی مسکونی یا یک شهر بزرگ مثل ملبورن استرالیا باشد کاربرد دارند. در حال حاضر قسمتی از فاضلاب شهر ملبورن در مزرعه ای با مساحت ۲۸۰۰ هکتار تصفیه می شود. در فصل خشک سال، اکثر تصفیه توسط آبیاری و فیلتراسیون توسط چمن (جریان دادن فاضلاب بر روی چمنزار) انجام می شود و در فصل بارندگی اکثر $420000 m^3/d$ توسط برکه ها تصفیه

خانگی به هنگام بارگذاری زیاد بیهواری می شوند.
برکه‌های اختیاری متداولترین نوع برکه می باشد.
قسمت بالایی این برکه‌ها هواری و قسمت پایین بیهواری
است. عمده اکسیژن موجود در قسمت بالایی توسط
جلبکها تأمین می شود. علت رایج بودن این نوع برکه عدم
امکان تأمین شرایط کاملاً هواری یا کاملاً بیهواری در
شرایط و مواقع مختلف در کل عمق برکه می باشد.

طبقه بندی برکه‌ها را می توان بر حسب زمان ماند انجام
داد. برکه با زمان ماند کمتر از سه روز عملکردی مشابه
حوضچه ته نشینی دارد. مقداری رشد جلبک صورت
می گیرد ولی اثری اساسی بر تصفیه فاضلاب ندارد. رشد
قابل توجهی از جلبکها در برکه‌های با زمان ماند از ۳ تا ۲۰
روز رخ می دهد ولی میزان جلبک در خروجی زیاد است.
در واقع کاری که صورت گرفته مواد آلی از فرمی به فرم
دیگر تبدیل شده و به درون جلبکها رفته و در آنجا ذخیره
شده است، ولی تثبیتی صورت نگرفته است. با ورود و
ته نشین شدن این جلبکها در آبهای پذیرنده سلولهای آنها
تجزیه می شود. در صورت بارگذاری بیش از حد توسط
جلبکها شرایط بیهواری در آبهای پذیرنده ایجاد می شود و
باعث مرگ آبزیان و شروع یک سلسله واکنشهای شیمیایی
زنجیره‌ای نامطلوب می گردد. به عبارت دیگر تصفیه
فاضلابی صورت نگرفته و فقط زمان وقوع مشکلات
مربوطه به تأخیر افتاده و محل وقوع تغییر پیدا کرده است.
در زمان ماندهای طولانی امکان ته نشینی جلبکها
فراهم می شود. معمولاً این حالت در برکه‌های اختیاری که
دارای شرایط بیهواری در ته و شرایط هواری در لایه‌های
سطحی هستند بوجود می آید. ترکیبی از تصفیه هواری و
بیهواری فراهم شده بوسیله زمانهای ماند طولانی تثبیت
خوبی برای فاضلاب ورودی است.

برکه‌های با تخلیه کنترل شده در واقع برکه‌های
اختیاری با زمان ماند ۱۸۰ روز یا بیشتر می باشند. تخلیه از
این برکه‌ها ممکن است فقط یک بار (پاییز) یا دو بار (بهار و
پاییز) صورت گیرد.

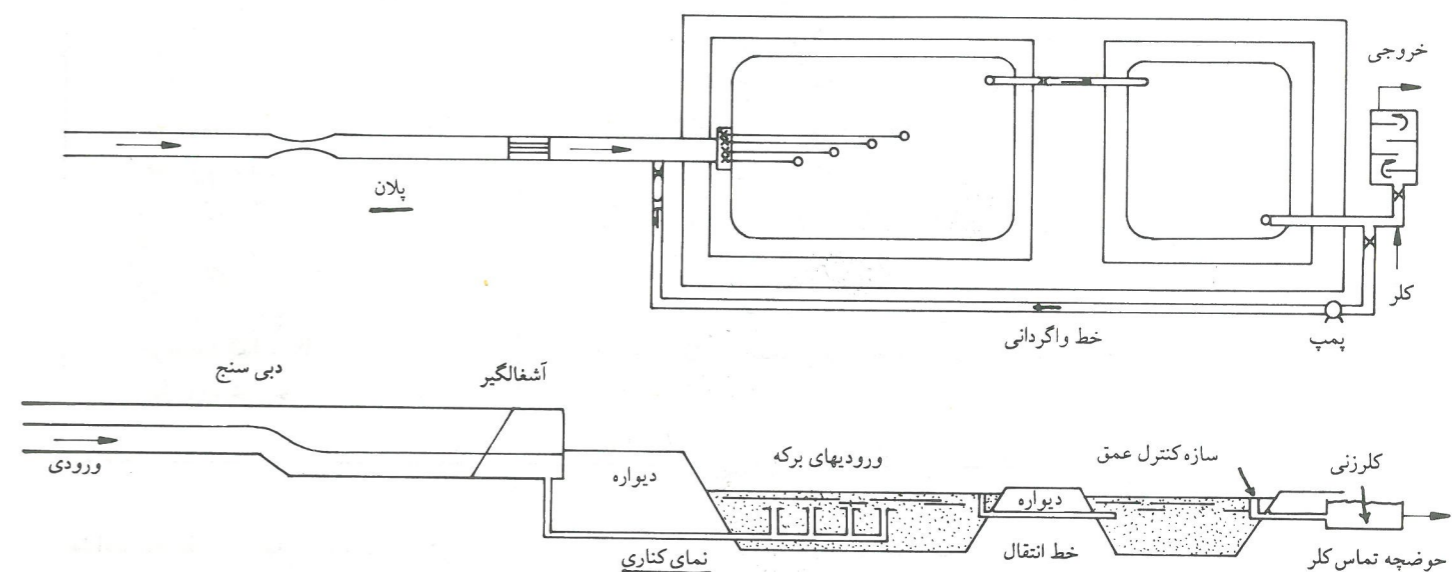
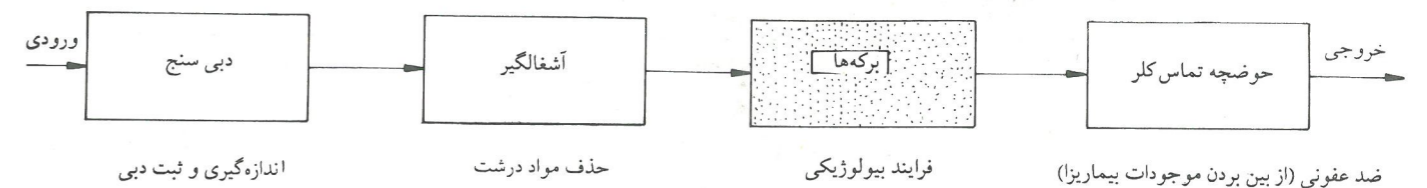
شده و به آبهای پذیرنده دفع می شود. برکه‌های طراحی
شده برای دریافت فاضلاب بدون هرگونه پیش تصفیه
"لاگنهای تصفیه فاضلاب خام" یا "برکه‌های تثبیت"
نامیده می شوند (شکل ۳). در این سیستمها به سطح
زیادی از زمین نیاز می باشد.

از برکه‌ها معمولاً به صورت سری (یک برکه پس از
برکه دیگر) برای زلال سازی، حذف BOD و حذف عوامل
بیماری‌زای پساب حاصله از تصفیه اولیه استفاده به عمل
می آید. در بعضی مواقع به این برکه‌ها "نهراکسیداسیون"
گفته می شود. برکه‌ها در بعضی مواقع به صورت سری
برای انجام تصفیه مرحله سوم یا پیشرفته^۳ بعد از صافی
چکنده قرار داده می شوند. این برکه‌ها در بعضی مواقع
"برکه‌های صیقل دهنده" نامیده می شوند. برکه‌های سری
کیفیت پساب قابل قبولی برای دفع به اکثر آبهای پذیرنده
تولید می کنند. در صورت طولانی بودن زمان ماند اکثر
برکه‌ها استانداردهای کلیفرم مدفوعی را تأمین می نمایند.

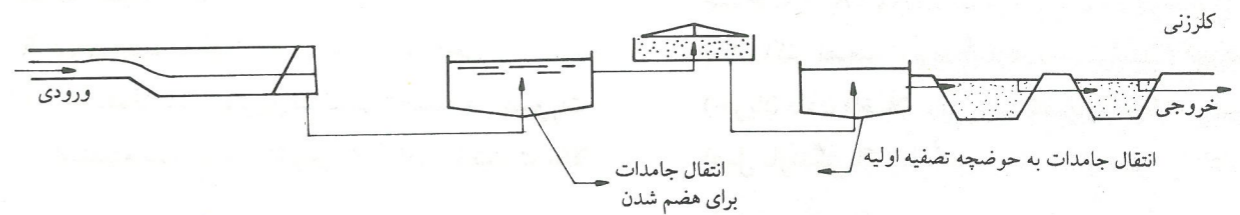
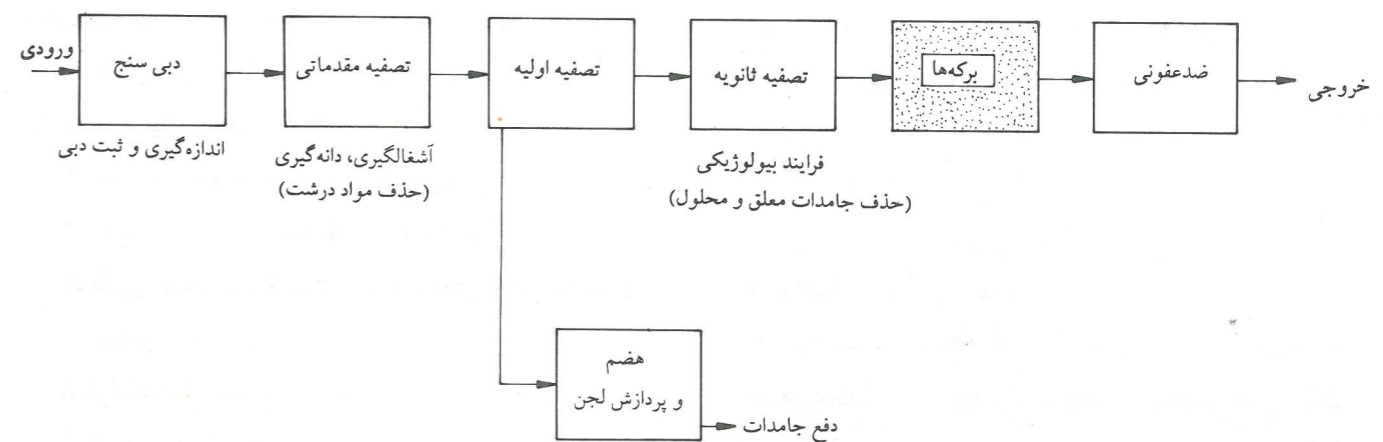
انواع مختلفی از برکه‌ها وجود دارد که می توان آنها را بر
حسب تفاوت در عمق، شرایط عملکرد و میزان بارگذاری
طبقه بندی نمود. تفکیک واقعی و مشخص بین انواع
مختلف در بعضی مواقع مشکل می باشد. در مقولات
علمی سه نوع عمده هواری، بیهواری، و اختیاری متداولتر
است.

مشخصه برکه‌های هواری وجود اکسیژن در سراسر آن
تقریباً در تمام مواقع است. در این برکه‌ها معمولاً به اکسیژن
اضافه بر میزان نفوذ از اتمسفر نیاز می باشد. این منبع
کمکی می تواند توسط جلبکها در طول روز توسط تلاطم
مکانیکی در سطح یا توسط حبابهای هوای تولیدی بوسیله
کمپرسورها تأمین شود.

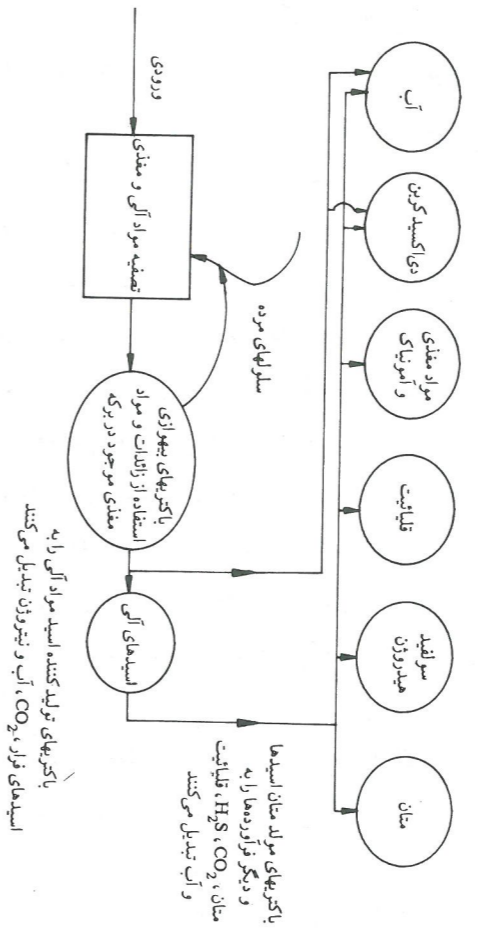
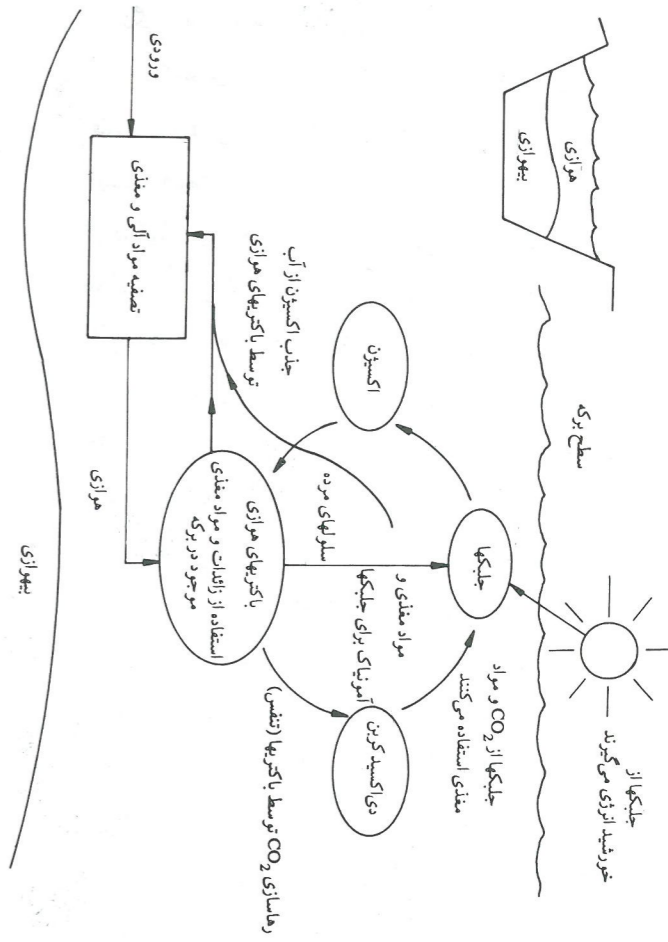
برکه‌های بیهواری فاقد اکسیژن می باشند. تصفیه تابع
تخمیر لجن در ته برکه می باشد. در بعضی از شرایط این
فرایند می تواند تولید بوی نامطبوع نماید ولی کارایی آن در
از بین بردن زائدهات آلی بسیار خوب است. از برکه‌های
بیهواری عمدتاً برای پردازش زائدهات صنعتی استفاده
می شود، اگر چه بعضی از برکه‌های تصفیه فاضلاب



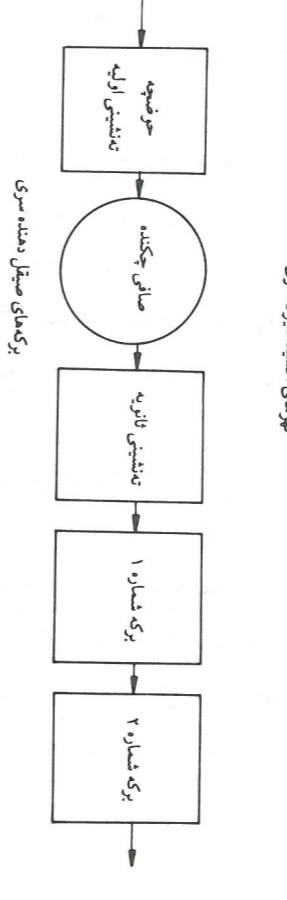
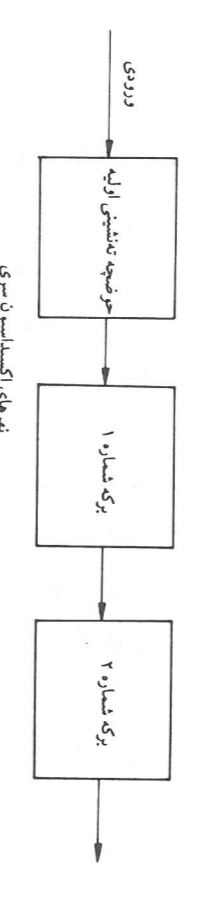
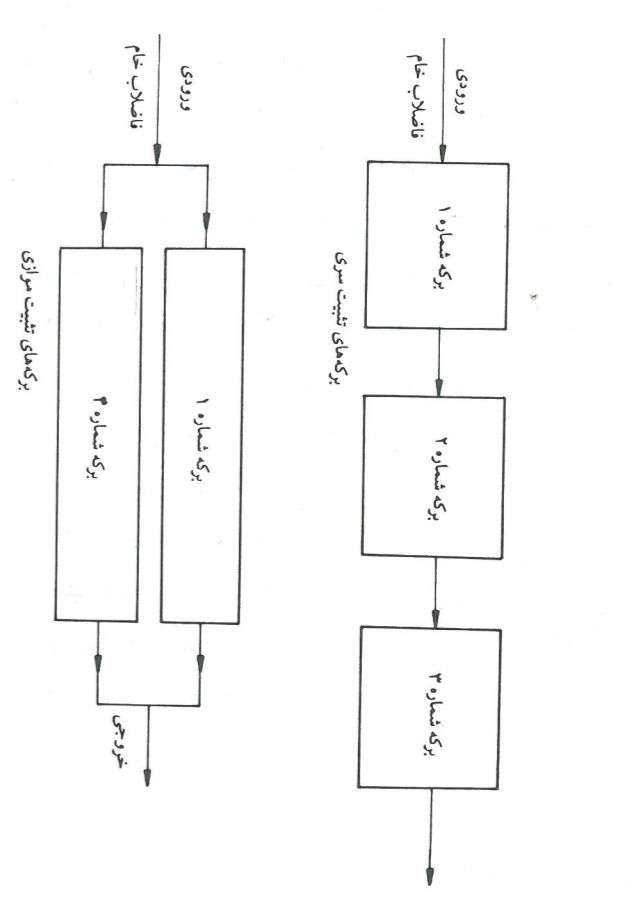
شکل ۱: تصفیه خانه تپیک: فقط برکه‌ها



شکل ۲: تصفیه خانه تپیک: برکه‌ها پس از تصفیه ثانویه



شکل ۴: فرایند تجزیه در لایه‌های هوازی و بی‌هوازی برکه



شکل ۳: دسته‌بندی برکه‌ها

شرح فرایند

همانطور که در بالا اشاره شد برکه‌ها را می‌توان بر حسب غلظت اکسیژن محلول طبقه‌بندی نمود. اکسیژن برکه‌های هوازی تقریباً در تمام مواقع در کل برکه توزیع شده است. برکه‌های بی‌هوازی عمدتاً در اکثر مواقع فاقد اکسیژن هستند چون تقاضای اکسیژن به مراتب بیشتر از مقدار موجود می‌باشد. در برکه‌های اختیاری لایه‌های بالایی در اکثر مواقع هوازی و لایه‌های پایینی عمدتاً بی‌هوازی هستند.

در برکه‌های هوازی یا لایه هوازی برکه‌های اختیاری مواد آلی موجود در فاضلاب در آغاز به دی‌اکسید کربن و آمونیاک و نهایتاً در حضور نور خورشید به جلبک تبدیل می‌شوند. جلبکها گیاهان میکروسکوپی تک سلولی یا چند سلولی هستند که وجودشان برای عملکرد موفقیت آمیز برکه‌های هوازی و اختیاری ضروری است.

با استفاده از انرژی خورشید از طریق فتوسنتز^۴، جلبکها از دی‌اکسید کربن موجود در آب برای تولید اکسیژن آزاد^۵ مورد نیاز باکتریهای هوازی برکه استفاده می‌کنند. هر کیلوگرم جلبک قادر به تولید حدود ۳/۵ کیلوگرم اکسیژن در یک روز عادی تابستان است. زندگی جلبکها به مواد مغذی و دی‌اکسید کربن موجود در فاضلاب وابسته است. در شب که نور کافی برای فتوسنتز وجود ندارد، جلبکها از اکسیژن برای تنفس استفاده کرده و دی‌اکسید کربن تولید می‌نمایند. استفاده و مصرف متناوب اکسیژن و دی‌اکسید کربن می‌تواند باعث نوسانات شبانه‌روزی pH^۶ و اکسیژن محلول شود. در طول روز جلبکها دی‌اکسید کربن استفاده کرده که باعث افزایش pH می‌شود و در شب دی‌اکسید کربن تولید می‌کنند و pH کاهش می‌یابد. جلبکها به طور طبیعی و بدون نیاز به بارورسازی در برکه بوجود می‌آیند و در شرایط مطلوب رشد و تکثیر آنها سریع است. در شکل ۴ نقش جلبکها در تصفیه فاضلاب در برکه شرح داده شده است.

در برکه‌های بی‌هوازی یا لایه بی‌هوازی برکه‌های اختیاری، مواد آلی در آغاز توسط گروهی از موجودات

موسوم به "اسیدسازها" به دی‌اکسید کربن، نیتروژن و اسیدهای آلی تبدیل می‌شوند. به طور همزمان اسیدها و دیگر فرآورده‌های گروه اول را به گاز متان و قلیائیت تبدیل می‌کنند. آب یک فرآورده تولیدی دیگر تجزیه مواد آلی است. این فرایند در شکل ۴ شرح داده شده است.

در برکه اختیاری فرایند مشابه برکه‌های هوازی در لایه‌های سطحی و فرایند مشابه برکه‌های بی‌هوازی در لایه‌های پایینی رخ می‌دهد. در بعضی از مواقع تجزیه لجن در ناحیه بی‌هوازی مختل شده و حجم لجن افزایش می‌یابد. تجمع لجن و عدم وقوع تجزیه می‌تواند به علت عدم وجود باکتریهای مناسب، pH پایین، وجود مواد کند یا متوقف کننده فرایند، یا دمای پایین باشد. در این شرایط تولید اسید با نرخ کندتری صورت می‌گیرد ولی نرخ تولید گاز (متان) به مقدار قابل ملاحظه‌ای کم می‌شود.

ذخیره لجن در برکه‌ها بطور پیوسته صورت می‌گیرد ولی در هوای گرم مقدار کمتر و در هوای سرد بیشتر است. در مواقعی که دما پایین است باکتریها قادر به رشد و تکثیر در حد کافی برای تصفیه نیستند. وقتی که هوا گرم می‌شود اسیدسازها شروع به تجزیه لجن جمع شده در زمستان می‌کنند. اگر تولید اسید آلی بیش از حد باشد، pH افت کرده و امکان مختل شدن روند تصفیه در برکه و تولید سولفید هیدروژن فراهم می‌شود.

سولفید هیدروژن در حالت عادی و در صورت طراحی و راهبری مناسب مشکلی ایجاد نمی‌کند چون در pH بالا به هیدروژن و یون هیدروسولفید تبدیل شده و سولفیدهای فلزی و سولفات تشکیل می‌شود. این نرخ بالای تبدیل و تشکیل سولفیدهای فلزی غیر محلول علت عدم وجود بوی نامطبوع در برکه‌های با pH بالای ۸/۵ است، حتی در مواقعی که مقدار سولفید هیدروژن موجود نسبتاً زیاد باشد. استثنای قابل ذکر در هوای سرد در حین بهار است که pH پایین است و برکه تازه در حال شروع کار است. در این موقع بوی سولفید هیدروژن می‌تواند مشکل آفرین باشد.

مواد آلی موجود در فاضلاب که به ته برکه تثبیت می‌رسد در شرایط مطلوب می‌تواند تخمیر متانی شود. برای وقوع تخمیر متان، مواد آلی کافی بایستی به ته رسیده و بطور مداوم به اسید آلی تبدیل شود. جمعیت زیادی از باکتریهای متان‌ساز باید وجود داشته باشد. عملکرد مناسب متان‌سازها در pH بین ۶/۵ تا ۷/۵، قلیائیت چندین صد mg/L برای بافر کردن (خنثی کردن) اسیدهای آلی (نسبت اسیدهای فرار به قلیائیت) و دمای مناسب می‌باشد. پس از ایجاد شرایط مطلوب برای متان‌سازی، مقدار زیادی از بارگذاری آلی حذف خواهد شد.

لغت نامه

- ۱- فاضلاب تثبیت شده: فاضلابی که تا حدی تصفیه و تجزیه شده که در صورت دفع یا رها شدن، نرخ و حالت تجزیه طوری است که باعث ایجاد بو نمی‌شود.
- ۲- جلبکها: گیاهان میکروسکوپی حاوی کلروفیل که در آب معلق و بر سطح آب شناوراند. این موجودات می‌توانند به سازه‌ها، سنگ یا دیگر مواد مشابه نیز بچسبند.
- ۳- تصفیه مرحله سوم یا پیشرفته: این ترم در مورد مرحله تصفیه بعد از تصفیه ثانویه نظیر صافی چکنده بکار

سؤالات

- ۱- اگر بوی نامطبوعی از برکه‌ها متصاعد می‌شود عملکرد سیستم بهینه است؟ چرا؟
- ۲- محاسن برکه‌ها را لیست نمایید
- ۳- تفاوت بین لاگون فاضلاب خام، برکه‌های اکسیداسیون و برکه‌های صیقل دهنده را نام ببرید.
- ۴- در رابطه با برکه‌ها تفاوت بین اصطلاحات هوازی، بیهوازی و اختیاری را شرح دهید.
- ۵- از جنبه زمان ماند نحوه بکارگیری برکه‌ها چگونه است؟

جواب سؤالات فوق در صفحه ۴۱ می‌باشد.

برده می‌شود. به تصفیه ثالث یا مرحله سوم یا نوع سوم در بعضی مواقع اصطلاح تصفیه پیشرفته اطلاق می‌شود. کاربرد این اصطلاح به این معنی است که در این فرایند زائداتی که در فرایندهای تصفیه متداول (ثانویه) معمولاً حذف نمی‌شود تصفیه می‌شوند.

۴- فتوسنتز: فرایندی که در آن موجودات به کمک کلروفیل (آنزیم گیاهان سبز) دی‌اکسید کربن و مواد معدنی را به اکسیژن و مواد گیاهی با استفاده از انرژی خورشید تبدیل می‌نمایند.

۵- اکسیژن آزاد: اکسیژن مولکولی موجود برای تنفس موجودات. اکسیژن مولکولی مولکول اکسیژن (O_2) است که با عنصر دیگری پیوند شده تا ترکیب شیمیایی ایجاد شود.

۶- pH: این واژه بیان شدت شرایط اسیدی یا قلیایی یک مایع است. از لحاظ ریاضی، pH لگاریتم پایه ۱۰ معکوس غلظت هیدروژن می‌باشد.

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]}$$

دامنه pH از صفر تا ۱۴ است. صفر اسیدی‌ترین، ۱۴ قلیایی‌ترین و ۷ حالت خنثی می‌باشد. در اکثر آبهای طبیعی pH بین ۶/۵ و ۸/۵ می‌باشد.