

فراآیندهای تصفیه‌ی بیولوژیکی فاضلاب

تألیف:

دکتر راهبر حسام حسینی

دانشیار دانشکده محیط زیست و انرژی

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

سرشناسه: حسینی، امیرحسام
عنوان و نام پدیدآور: فرایندهای تصفیه‌ی بیولوژیکی فاضلاب/ تألیف امیرحسام حسینی.
وضعیت نشر: تهران، نشر تالاب، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری: ۲۶۸ ص؛ مصور، جدول، نمودار.
فروست: نشر تالاب ۵۴؛ دانش، پژوهش، محیط‌زیست ۲۳.
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۷۸-۳۳-۴
وضعیت فهرست‌نویسی: فیا
یادداشت: کتابنامه.

موضوع: فاضلاب - تصفیه‌ی زیستی.
موضوع: Sewage -- Purification -- Biological treatment

بندی کنگره: ۱۳۹۵ ۴۵/ح/۵۵۵ TD۷۵۵

ردیف دیوبی: ۶۲۸/۳۵

شماره کتاب‌شناسی ملی: ۴۳۱۷۵۰۶

تسرتالاب آینه‌ای پایدار برای تو

فرایندهای تصفیه‌ی بیولوژیکی فاضلاب

تألیف: دکتر امیرحسام حسینی
(دانشیار دانشکده‌ی محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران)
با همکاری: لیتوگرافی مهرشاد؛ چاپ و صحافی تهران، خیابان
نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۵
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۷۸-۳۳-۴
شماره گام: ۰۰۰ نسخه؛ وزیری: ۲۶۸ صفحه
قیمت: ۱۱۰۰۰ تومان

⊙ تمام حقوق چاپ و نشر این اثر محفوظ و در اختیار نشر تالاب است.
هر گونه چاپ و تکثیر از محتویات آن بدون اجازه‌ی کتبی ممنوع است.
متخلفان به موجب قانون حمایت از حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان ایران تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.
مسئولیت صحت مطالب کتاب بر عهده‌ی مؤلف است.

نشر تالاب، ناشر تخصصی علوم و مهندسی محیط‌زیست، علوم زمین، HSE، انرژی و توسعه‌ی پایدار
پست الکترونیک: info@wetlandpress.com

همراه: ۹۱۲۳۸۴۶۹۱۰

مراکز پخش:

دانشیران، تهران، میدان انقلاب، خیابان اردیبهشت، نیش خیابان وحید نظری، پلاک ۱۴۲، تلفن: ۶۶۴۰۰۲۲۰
کتابیران، تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر شمالی، خیابان نصرت، خیابان دکتر قریب، نرسیده به فرصت شیرازی، پلاک ۷
تلفن: ۱۵-۶۶۵۶۶۵۱۰ وب‌سایت: www.ketabiran.ir

فهرست مطالب

۱۵	مقدمه
۱۷	فصل اول: فرایندهای بیولوژیکی هوازی تصفیه فاضلاب
۱۷	۱-۱. انواع فرایندهای بیولوژیکی هوازی تصفیه فاضلاب
۱۷	۱-۱-۱. فرایندهای رشد چسبیده (بیوفیلمی)
۱۸	۱-۱-۲. فرایندهای رشد معلق
۲۱	۲-۱. انواع فرایندهای هوازی با رشد چسبیده (بیوفیلمی)
۲۱	۱-۲-۱. فیلتر چکنده
۲۵	۲-۲-۱. دیسک بیولوژیکی - ار (RP)
۲۶	۱-۲-۲-۱. مزایا و معایب دیسک بیولوژیکی دوار
۲۸	۳-۲-۱. نیزارهای مصنوعی
۳۰	۱-۳-۲-۱. نیزارهای FWS
۳۱	۲-۳-۲-۱. نیزارهای SF
۳۷	فصل دوم: انواع فرایندهای بیولوژیکی هوازی با رشد معلق: ای ته خیه فاضلاب
۳۷	۱-۲. برکهای تثبیت
۳۸	۱-۱-۲. برکهای تثبیت بی هوازی
۳۹	۲-۱-۲. برکهای تثبیت اختیاری
۴۱	۳-۱-۲. برکهای تثبیت هوازی
۴۳	۲-۲. لاگون هوادهی
۴۴	۱-۲-۲. لاگون های هوادهی - اختلاط کامل (با برگشت لجن)
۴۵	۲-۲-۲. لاگون های هوادهی Flow-Through با اختلاط جزئی
۴۶	۳-۲-۲. لاگون های هوادهی اختیاری با اختلاط جزئی
۴۸	۳-۲. لجن فعال
۵۲	۱-۳-۲. ترکیبات اصلی فاضلاب برای طراحی فرایند لجن فعال
۵۵	۱-۱-۳-۲. ترکیبات کربنه
۵۶	۲-۱-۳-۲. ترکیبات نیتروژنه
۵۷	۲-۳-۲. تعیین مشخصات کیفی فاضلاب
۵۹	۳-۳-۲. حذف بیولوژیکی نیتروژن
۶۰	۱-۳-۳-۲. نیتریفیکاسیون
۶۲	۲-۳-۳-۲. دنیتریفیکاسیون

- ۴-۳-۲. حذف بیولوژیکی فسفر..... ۶۳
- ۴-۳-۲. انواع فرایندهای لجن فعال به‌منظور حذف BOD₅ و نیتریفیکاسیون..... ۶۵
- ۴-۳-۲-۱. فرآیند لجن فعال با اختلاط کامل (CMAS)..... ۶۵
- ۴-۳-۲-۲. فرآیند لجن فعال متعارف (CAS)..... ۶۶
- ۴-۳-۲-۳. فرآیند لجن فعال با تغذیه‌ی مرحله‌ای..... ۶۷
- ۴-۳-۲-۴. فرآیند لجن فعال تثبیت تماسی..... ۶۹
- ۴-۳-۲-۵. فرآیند لجن فعال دومرحله‌ای (دو لجنی)..... ۶۹
- ۴-۳-۲-۶. فرآیند لجن فعال اکسیژن با خلوص بالا..... ۷۰
- ۴-۳-۲-۷. فرآیند لجن فعال هوادهی مرحله‌ای..... ۷۱
- ۴-۳-۲-۸. فرآیند لجن فعال کراس..... ۷۲
- ۴-۳-۲-۹. فرآیند لجن فعال هوادهی گسترده..... ۷۳
- ۴-۳-۲-۱۰. هوادهی گسترده‌ی متعارف..... ۷۳
- ۴-۳-۲-۱۱. نهر اکسیداسیون..... ۷۴
- ۴-۳-۲-۱۲. فرآیند اربال..... ۷۵
- ۴-۳-۲-۱۳. سیستم هوادهی با جریان مخالف (CCAS)..... ۷۶
- ۴-۳-۲-۱۴. فرآیند بیولاک..... ۷۸
- ۴-۳-۲-۱۵. سیستم هوادهی فرایند بیولاک..... ۸۰
- ۴-۳-۲-۱۶. مزایا و معایب فرایند بیولاک..... ۸۲
- ۴-۳-۲-۱۷. راکتور ناپیوسته‌ی متوالی (SBR)..... ۸۲
- ۴-۳-۲-۱۸. مرحله‌ی تغذیه..... ۸۴
- ۴-۳-۲-۱۹. مرحله‌ی واکنش (هوادهی)..... ۸۴
- ۴-۳-۲-۲۰. مرحله‌ی ته‌نشینی (زال‌سازی)..... ۸۴
- ۴-۳-۲-۲۱. مرحله‌ی تخلیه..... ۸۵
- ۴-۳-۲-۲۲. مرحله‌ی سکون..... ۸۵
- ۴-۳-۲-۲۳. سیستم هوادهی گسترده با سیکل متناوب، راکتور تخلیه‌ی متغی (IC, AS)..... ۸۶
- ۴-۳-۲-۲۴. سیستم لجن فعال گردشی (CAAS)..... ۸۸
- ۴-۳-۲-۲۵. انواع فرایندهای لجن فعال هیبریدی (ترکیبی)..... ۹۶
- ۴-۳-۲-۲۶. فرایندهای رشد چسبیده با بستر معلق داخلی..... ۹۶
- ۴-۳-۲-۲۷. فرآیند Captor and Linpor..... ۹۶
- ۴-۳-۲-۲۸. فرآیند MBBR یا Kaldnes..... ۹۸
- ۴-۳-۲-۲۹. فرآیند AGAR..... ۱۰۳
- ۴-۳-۲-۳۰. فرایندهای رشد چسبیده با بستر ثابت داخلی..... ۱۰۸
- ۴-۳-۲-۳۱. فرآیند Ringlace..... ۱۰۸
- ۴-۳-۲-۳۲. فرآیند Bio-2-Sludge..... ۱۰۹
- ۴-۳-۲-۳۳. فرآیند SRBC..... ۱۱۰
- ۴-۳-۲-۳۴. فرایندهای لجن فعال با بستر لجن..... ۱۱۰
- ۴-۳-۲-۳۵. فرآیند USBF..... ۱۱۰

۱۱۳	فصل سوم: انواع فرایندهای حذف بیولوژیکی نوترینت‌ها (BNR).....
۱۱۳	۱-۳. انواع فرایندهای حذف بیولوژیکی نیتروژن.....
۱۱۴	۱-۱-۳. فرایند Ludzack-Ettinger.....
۱۱۴	۲-۱-۳. فرایند MLE.....
۱۱۵	۳-۱-۳. فرایند تغذیه‌ی مرحله‌ای.....
۱۱۶	۴-۱-۳. فرایند راکتور ناپیوسته‌ی متوالی (SBR).....
۱۱۷	۵-۱-۳. فرایند Bio-denitro.....
۱۱۸	۶-۱-۳. فرایند Nitrox.....
۱۱۹	۷-۱-۳. فرایند لجن منفرد.....
۱۱۹	۸-۱-۳. فرایند Bardenpho (چهار مرحله‌ای).....
۱۲۰	۹-۱-۳. فرایند نیترو اکسیداسیون.....
۱۲۱	۱۰-۱-۳. فرایند دومرحله‌ای (دو لجنی) با منبع کربن خارجی.....
۱۲۲	۱۱-۱-۳. فرایند SBR.....
۱۲۳	۱۲-۱-۳. فرایند Shorlon.....
۱۲۷	۲-۳. انواع فرایندهای حذف بیولوژیکی فسفر.....
۱۲۷	۱-۲-۳. فرایند Phoredox یا $A^{1/2}$
۱۲۸	۲-۲-۳. فرایند A^2/O
۱۲۸	۳-۲-۳. فرایند Bardenpho اصلاح‌شده (نتیجه‌بخش).....
۱۲۹	۴-۲-۳. فرایند UCT (استاندارد و اصلاح‌شده).....
۱۳۱	۵-۲-۳. فرایند VIP.....
۱۳۱	۶-۲-۳. فرایند Johannesburg.....
۱۳۲	۷-۲-۳. فرایند SBR با حذف بیولوژیکی فسفر.....
۱۳۳	۸-۲-۳. فرایند PhoStrip.....
۱۳۹	فصل چهارم: فرایندهای تصفیه‌ی بی‌هوازی.....
۱۳۹	۱-۴. مراحل اصلی فرایند تصفیه‌ی بی‌هوازی.....
۱۳۹	۱-۱-۴. هیدرولیز.....
۱۴۰	۲-۱-۴. اسیدسازی.....
۱۴۰	۳-۱-۴. متان‌سازی.....
۱۴۱	۲-۴. مزایای فرایند تصفیه‌ی بی‌هوازی.....
۱۴۲	۳-۴. معایب فرایند تصفیه‌ی بی‌هوازی.....
۱۴۴	۴-۴. مروری بر انواع راکتورهای بی‌هوازی.....
۱۴۵	۱-۴-۴. راکتور فیلتر بی‌هوازی (AF).....
۱۴۷	۲-۴-۴. راکتور تماس بی‌هوازی (AC).....
۱۴۸	۳-۴-۴. راکتور بی‌هوازی دارای بستر لجن و جریان رو به بالا (UASB).....
۱۵۲	۴-۴-۴. راکتور بی‌هوازی با بستر شناور (AFBR).....
۱۵۳	۵-۴-۴. راکتور بافل‌دار بی‌هوازی (ABR).....

- ۴-۴-۶ راکتور بی‌هوازی با بستر لجن متحرک (AMBR) ۱۵۵
- ۴-۴-۷ راکتور ناپیوسته متوالی بی‌هوازی (ASBR) ۱۵۷

فصل پنجم: ارزیابی و مقایسه‌ی روش‌های مختلف تصفیه‌ی بیولوژیکی فاضلاب ۱۶۱

- ۱-۵. دسته‌بندی فرآیندهای معمول تصفیه‌ی بیولوژیکی فاضلاب ۱۶۱
- ۲-۵. تصفیه‌ی مقدماتی ۱۶۵
- ۳-۵. تصفیه‌ی اولیه ۱۶۶
- ۴-۵. تصفیه‌ی ثانویه ۱۶۷
- ۴-۵-۱. برکه‌های تثبیت ۱۶۸
- ۴-۵-۱-۱. برکه‌های تثبیت اختیاری ۱۶۸
- ۴-۵-۱-۲. برکه‌های تثبیت بی‌هوازی اختیاری ۱۶۹
- ۴-۵-۱-۳. لاگون‌های هوادهی اختیاری ۱۶۹
- ۴-۵-۱-۴. تن‌های هوادهی اختلاط کامل - برکه‌ی ته‌نشینی ۱۶۹
- ۴-۵-۱-۵. برکه‌ی تثبیت با سرعت بالا ۱۷۰
- ۴-۵-۱-۶. برکه‌های تک‌میلی ۱۷۰
- ۴-۵-۲. تصفیه در رین ۱۷۱
- ۴-۵-۳. تصفیه‌ی بی‌هوازی ۱۷۳
- ۴-۵-۱-۳-۱. سپتیک تانک - فیلتر بی‌هوازی ۱۷۳
- ۴-۵-۲-۳-۲. راکتورهای SBR ۱۷۴
- ۴-۵-۳-۳-۲. راکتور بی‌هوازی با جریان بالا و رو به پایین ۱۷۴
- ۴-۵-۴. فرآیندهای لجن فعال ۱۷۴
- ۴-۵-۱-۴-۱. فرآیند لجن فعال متداول (جریان مداوم) ۱۷۵
- ۴-۵-۲-۴-۱. فرآیند لجن فعال با هوادهی گسترده (جریان دامه‌دار) ۱۷۶
- ۴-۵-۳-۴-۱. فرآیند لجن فعال SBR (جریان منقطع) ۱۷۷
- ۴-۵-۴-۴-۱. فرآیند لجن فعال با قابلیت حذف هم‌زمان مواد لیز و تروژن ۱۷۸
- ۴-۵-۵-۴-۱. فرآیند لجن فعال با قابلیت حذف هم‌زمان مواد آلی، نیتروژن و فسفر ۱۷۹
- ۴-۵-۵. فرآیندهای بیولوژیکی هوازی با رشد چسبیده ۱۸۰
- ۴-۵-۱-۵-۱. فیلترهای چکنده با سرعت پایین ۱۸۰
- ۴-۵-۲-۵-۱. فیلترهای چکنده با سرعت بالا ۱۸۰
- ۴-۵-۳-۵-۱. بایوفیلترهای هوازی مستغرق ۱۸۱
- ۴-۵-۴-۵-۱. راکتورهای هوازی با دیسک‌های گردان ۱۸۱
- ۴-۵-۶. مقایسه‌ی میان فرآیندهای مختلف تصفیه فاضلاب ۱۸۲
- ۴-۵-۷. بررسی معایب و مزایای روش‌های مطرح‌شده ۱۹۲

فصل ششم: بررسی روش‌های مختلف تصفیه‌ی تکمیلی فاضلاب تصفیه‌شده جهت استفاده‌ی مجدد از آن ۲۰۱

- ۱-۶. فرآیندهای تصفیه جهت حذف بار آلودگی آلی ۲۰۱
- ۱-۶-۱. فرآیند بیوراکتور غشایی (MBR) جهت حذف مواد آلی و مواد جامد معلق موجود در فاضلاب تصفیه‌شده ۲۰۱

۲۰۲	۱-۱-۱-۶ معرفی فرآیند MBR و انواع آن
۲۰۳	۲-۱-۱-۶ غشاهای و مدول‌های فرآیند MBR
۲۰۵	۳-۱-۱-۶ مزایای به‌کارگیری فرآیند MBR
۲۰۶	۲-۱-۶ فرآیند A^2/O
۲۰۷	۳-۱-۶ فرآیندهای اکسیداسیون شیمیایی
۲۰۸	۱-۳-۱-۶ اکسیداسیون شیمیایی با ازن
۲۰۹	۲-۳-۱-۶ تولید ازن
۲۱۲	۳-۳-۱-۶ پارامترهای مؤثر بر تولید ازن
۲۱۲	۴-۳-۱-۶ کاربردهای عملی ازن
۲۱۵	۴-۱-۶ فرآیند جذب سطحی (کربن فعال)
۲۱۷	۱-۴-۱-۶ سینتیک جذب
۲۱۸	۴-۱-۶ مشخصات گرانول کربن فعال
۲۱۹	۳-۴-۱-۶ کاربرد گرانول کربن فعال به‌منظور بهبود کیفیت آب
	۴-۴-۱-۶ چیدمان‌های مختلف واحد کربن فعال جهت حذف ترکیبات آلی باقی‌مانده در فاضلاب تصفیه‌شده
۲۲۰	
۲۲۲	۵-۱-۶ مقایسه‌ی فرآیندهای تصفیه‌ی زیستی و فیزیکی جهت حذف COD
۲۲۴	۲-۶ فرآیندهای تصفیه جهت حذف NO_3^- و NO_2^-
۲۲۴	۱-۲-۶ فرآیند فیزیکی - شیمیایی (اتحاد و تفکیک)
۲۲۴	۱-۱-۲-۶ انعقاد مواد کلونیدی
۲۲۵	۲-۱-۲-۶ منعقدکننده‌ها
۲۲۶	۳-۱-۲-۶ تولید لجن
۲۲۷	۲-۲-۶ فیلتراسیون
۲۲۸	۱-۲-۲-۶ تئوری فیلتراسیون
۲۳۰	۲-۲-۲-۶ انواع صافی‌ها
۲۳۲	۳-۲-۲-۶ بستر فیلترها
۲۳۵	۴-۲-۲-۶ فیلتراسیون بستر عمیق
۲۳۶	۵-۲-۲-۶ بهره‌برداری از فیلتر
۲۳۷	۶-۲-۲-۶ کارکرد صافی
۲۳۸	۷-۲-۲-۶ عملکرد صافی
۲۳۸	۸-۲-۲-۶ هیدرولیک فیلترها
۲۳۹	۹-۲-۲-۶ شستشوی معکوس
۲۳۹	۱۰-۲-۲-۶ احیای بستر فیلتر
	۱۱-۲-۲-۶ معیارهای مهم در انتخاب فیلتر جهت استفاده‌ی مجدد از فاضلاب تصفیه‌شده
۲۴۰	
۲۴۲	۳-۲-۶ فرآیند فیلتراسیون غشایی (میکرو فیلتر و اولترافیلتر)
۲۴۳	۱-۳-۲-۶ چیدمان فرآیند
۲۴۷	۴-۲-۶ مقایسه‌ی فرآیندهای تصفیه‌ی موجود جهت حذف مواد معلق و کدورت

- ۳-۶. فرآیندهای تصفیه جهت حذف فلزات سنگین ۲۴۹
- ۱-۳-۶. ترسیب شیمیایی ۲۴۹
- ۱-۱-۳-۶. ترسیب به کمک هیدروکسیدها (آهک و سودا) ۲۵۰
- ۲-۱-۳-۶. ترسیب به کمک کربنات‌ها ۲۵۰
- ۳-۱-۳-۶. ترسیب به کمک سولفیدها ۲۵۱
- ۴-۱-۳-۶. استفاده از مواد منعقدکننده جهت حذف فلزات سنگین ۲۵۱
- ۲-۳-۶. نانوفیلتراسیون ۲۵۲
- ۱-۲-۳-۶. تجهیزات سیستم تصفیه‌ی غشایی نانوفیلتراسیون ۲۵۳
- ۲-۲-۳-۶. مکانیسم جداسازی نانوفیلتراسیون ۲۵۵
- ۳-۶. تبادل یونی ۲۵۶
- ۴-۳-۶. یسه‌ی فرآیندهای رایج جهت حذف فلزات سنگین ۲۵۷
- ۴-۶. فرآیندهای تصفیه برای حذف سایر الاینده‌ها (چربی و روغن - جلبک) ۲۵۸
- ۱-۴-۶. میکروستریک ۲۵۸
- ۲-۴-۶. فرآیند PL ۲۶۰
- منابع ۲۶۵

مقدمه

مدت‌های مدیدی است که فرآیندهای بیولوژیکی جهت تبدیل مواد و ترکیبات آلی محلول و معلق فاضلاب به ترکیبات معدنی پایدار و یا توده‌های بیولوژیکی قابل ته‌نشینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب‌ها، ترکیبات آلی پیچیده به کمک میکروارگانیسم‌های زنده (به‌خصوص باکتری‌ها) به ترکیبات ساده‌تر، حرم بیولوژیکی (بیومس)^۱ و گاز تجزیه می‌شوند. میکروارگانیسم‌هایی که برای تشکیل بافت سلولی از آکسین مواد آلی استفاده می‌کنند، هتروتروف^۲ و آن‌هایی که از کربن دی‌اکسید کربن استفاده می‌کنند، اتوتروف^۳ نامیده می‌شوند. باکتری‌های اتوتروف و هتروتروف، براساس نیاز به اکسیژن به چهار گروه شامل هوازی^۴، بی‌هوازی^۵، بی‌اکسیژن^۶ و اختیاری^۷ تقسیم می‌گردند.

بسته به نوع جریان، نوع رآکتور و محیط بیولوژیکی، سیستم‌های مختلف تصفیه فاضلاب با خصوصیات و کارایی‌های گوناگون، طراحی و جهت تصفیه انواع فاضلاب‌های صنعتی و شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند. با روند رو به رشد تکنولوژی، شناخت رفتارهای هیدرولیکی و همچنین شناخت هر چه بیشتر عملکرد محیط‌های بیولوژیکی، فرآیندهای تصفیه و با راندمان بیشتر تصفیه فاضلاب حاصل شده است. بطور کلی این پیشرفت و ارتقاء سیستم‌ها در جهت کاهش زمین مورد نیاز تصفیه‌خانه، کاهش مصرف انرژی و افزایش بازدهی فرآیند تصفیه می‌باشد. تقریباً همه انواع فاضلاب را می‌توان با تحلیل مناسب و کنترل زیست محیطی به روش بیولوژیکی تصفیه کرد. با توجه به اهداف تصفیه بیولوژیکی فاضلاب شامل لخته‌سازی و حذف مواد جامد کلوییدی غیر قابل ته‌نشینی و تثبیت مواد آلی می‌باشد. در مورد فاضلاب صنعتی، هدف حذف یا کاهش غلظت ترکیبات آلی و غیر آلی است.

1. Biomass
2. Heterotrophic Bacteria
3. Autotrophic Bacteria
4. Aerobic
5. Anaerobic
6. Anoxic
7. Facultative