



سویکسولوژی محیط زیست

(جلد اول)

نویسندگان:

Hans-Joachim Jordening

Josef Winter

مترجمان:

دکتر روشنک رضایی کلانتری

مهندس محمدمهدی مهربانی اردکانی

دکتر سهند جرفی

علی همت



انتشارات آوای قلم

سرشناسه: یوردنینگ، هانس - یواخیم Jordening, Hans-Joachim
 عنوان و نام پدیدآور: بیوتکنولوژی محیط زیست / هانس - یواخیم یوردنینگ، یوزف
 وینتر؛ مترجمان: روشنگ رضایی کلانتری...[و دیگران].
 مشخصات نشر: تهران: آوای قلم، ۱۳۹۰ - وضعیت فهرست نویسی: فیبا
 مشخصات ظاهری: (ج: مصور، جدول، نمودار).
 شابک: ج: ۱: ۷-۲۴-۲۸۲۶-۹۶۴-۹۷۸؛ دوره: ۳-۳۵-۲۸۲۶-۹۶۴-۹۷۸؛ ۶۸۰۰۰ ریال
 یادداشت: عنوان اصلی: Biotechnology: Concepts and Applications
 یادداشت: مترجمان: روشنگ رضایی کلانتری، محمد مهدی
 Environmental
 مهربانی اردکانی، سهند جرفی، علی همت. موضوع: زیست پالایی
 شناسه افزوده: وینتر، یوزف شناسه افزوده: Winter, J. (Josef)
 شناسه افزوده: رضایی کلانتری، روشنگ، ۱۳۴۳ - مترجم
 رده بندی کنگره: ۱۳۹۰ ی ۹۹۱۵/۹ TD۱۹۲۱۵/۹ رده بندی دیویی: ۶۲۸/۵
 شماره کتابشناسی ملی: ۲۵۳۹۷۵۵

نام کتاب اصلی: Environmental Biotechnology

نام نویسندگان: Hans-Joachim Jordening, Josef Winter

نام کتاب: بیوتکنولوژی محیط زیست (جلد اول)

اول	دکتر روشنگ رضایی کلانتری	مترجمان:
زمستان ۹۰	تاریخ نشر:	مهندس محمد مهدی مهربانی اردکانی
جلد ۱۰۰۰	تیراژ:	دکتر سهند جرفی - علی همت
۶۸۰۰۰ ریال	قیمت:	ناشر:
۹۷۸-۹۶۴-۲۸۲۶-۲۴-۷	شابک:	حروفچینی و صفحه آرایی:
ISBN: 978-964-2826-24-7		انتشارات خانیران
۹۷۸-۹۶۴-۲۸۲۶-۳۵-۳	شابک دوره:	طراحی روی جلد:
		مهندس مهدی خانی

دفتر پخش: تهران - خ انقلاب - رویروی درب اصلی دانشگاه تهران - ابتدای خ فخر رازی - پلاک ۶۷ -
 واحد ۵ همراه: ۰۹۱۲۱۹۹۹۱۲۰ (مدیر فروش) تلفن: ۶۶۹۶۵۳۹۶ تفلکس: ۶۶۹۵۰۷۷۲
 دفتر تولید: تهران - م انقلاب - خ کارگر شمالی - ابتدای خ نصرت - کوچه باغ نو - کوچه داوود آبادی
 شرقی - پلاک ۴ - زنگ اول تلفن: ۶۶۵۹۱۵۰۴ تفلکس: ۶۶۵۹۱۵۰۵
 فروش Online: www.khaniranshop.com وب سایت: www.khaniran.com

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است.
 متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

تقدیم به

انسانهایی که

به فردایی بهتر

می‌اندیشند.

مقدمه ناشر

سیاس بیکران پروردگار را که به انسان قدرت اندیشیدن بخشید، قدرتی که در مقایسه با سایر موجودات باعث شده است که انسان هرگز به امکانات محدود خود اکتفا نکند. مکاتب الهی، انسان را موجودی کمال طلب و پویا می‌دانند که جهت‌گیری او به سوی خالقش می‌باشد. از جمله راههای تقرب به خداوند علم است، علمی که زیبایی عقل است. علمی که در دریای بیکران آن هر ذره نشانی از آفریدگار است و هر چه علم انسان افزون گردد، تقریبش بیشتر می‌شود. از این روست که به علم‌اندوزی و دانش‌آموزی توجهی بی‌نظیر مبذول گردیده است. اما علم‌آموزی به ابزاری نیاز دارد که مهمترین آن کتاب است و انتشار نتیجه مطالعات پژوهشگران و اندیشمندان پاسخگوی این نیاز خواهد بود.

جهت تحقق این امر و گام برداشتن در جهت ارتقای پایه‌های علم و دانش و رشد و شکوفایی استعدادها انتشار کتاب را یکی از اهداف خود قرار داده و انتظار داریم با حمایت‌های معنوی هموطنان گرامی بتوانیم گامهای مؤثر و ارزشمندی را برداریم. گرچه تلاش خواهد شد در حد دانش و تجربه اندکمان کارهایی بدون اشکال تقدیم حضورتان گردد، ولی اذعان داریم که راهنماییهای شما عزیزان می‌تواند ما را در ارتقای کیفی کتاب راهگشا باشد لذا همیشه منتظر پیشنهادات و راهنماییهای شما خواهیم بود.

در پایان از همه عزیزانی که در مراحل مختلف تهیه، تدوین و چاپ کتاب از همفکری و همکاری آنها برخوردار بوده‌ام به خصوص خانم دکتر روشک رضایی و آقایان مهندس محمدمهدی مهربانی اردکانی، دکتر سهند جرفی و علی همت (مترجمان) و مهندس علی محمدخانی (مدیر فروش) سپاسگزاری نموده و موفقیت روزافزونشان را آرزومندم.

مهدی خانی

مدیر مسئول انتشارات آوای قلم

جهت اطلاع از میزان تخفیف و نحوه همکاری، کتابفروشی‌ها و مراکز و مؤسسات محترم می‌توانند با شماره تلفن‌های انتشارات خابریان تماس یا با آدرس‌های این مرکز مکاتبه نمایند.

جهت خرید جزئی خواهشمند است قیمت عناوین درخواستی را به اضافه ۱۵٪ هزینه پستی محاسبه نموده و کل مبلغ به شماره حساب یاد شده در زیر واریز و اصل فیش بانکی را به همراه عناوین درخواستی به نشانی: تهران - خ انقلاب - روبروی درب اصلی دانشگاه تهران - ابتدای خ فخر رازی - پلاک ۶۷ - طبقه اول - واحد ۵ ارسال فرمائید.

☒ حساب جاری ۵۴۱۵۱۵۳۵ بانک تجارت - شعبه فخر رازی - کد ۱۶۷ به نام مهدی خانی

☒ حساب سیبا ۰۱۵۱۸۳۳۳۰۰۱ و شماره کارت ۶۰۳۷۹۹۱۰۷۶۲۴۵۲۷۵ - بانک ملی - شعبه جمهوری - کد ۶۵۲

به نام مهدی خانی

مقدمه مترجمان

رویکرد جدید به محیط زیست در قرن حاضر و در نظر گرفتن آن به عنوان یک جزء از سرمایه ملی کشورها و لزوم حفظ آن با به کارگیری زیست فناوری یکی از مهم ترین دغدغه های بشر است. توسعه روزافزون صنایع و الگوهای شهرنشینی جوامع بشری منجر به تولید انواع آلاینده ها و زائدات جامد، مایع و گازی شده است. ضرورت کنترل و مدیریت مخاطرات ناشی از ورود این زائدات به محیط زیست، به یکی از مهم ترین چالش ها تبدیل شده است. با توجه به پیچیدگی ها و تنوع گسترده انواع آلاینده های صنعتی و غیرصنعتی نوپدید، راهکارها و روش های مدیریت آلاینده های زیست محیطی نیز متناسب با نیازهای فزاینده این حوزه باید ارتقاء یابند. یکی از راهکارهایی که از دهه های قبل بسیار مورد توجه بوده و به کارگیری آن موفقیت های چشمگیری به همراه داشته است، استفاده از قابلیت های میکروارگانیسم ها در کنترل زائدات محیطی یا بیوتکنولوژی بوده است. در واقع بیوتکنولوژی محیطی کنش هوشمندانه بشر در خلق و بهبود فرآیندهای حذف، تصفیه و بازیابی انواع گوناگون آلاینده های جامد، مایع و گازی با استفاده از جانداران، به ویژه از طریق دستکاری آن ها در سطح مولکولی است که به عنوان مهم ترین، پاک ترین و اقتصادی ترین فناوری سده حاضر شناخته شده است. کاربرد این گونه دانش ها در مواردی است که ترکیب ایده های حاصل در طی همکاری چند رشته به تبلور قلمرویی با نظام جدید می انجامد. حذف مؤثر آلاینده های محیطی خطرناک از محیط زیست با استفاده از میکروارگانیسم های پالایشگر آلودگی و استفاده از فنون نگهداری ذخایر ژنتیکی از جمله کاربردهای زیست فناوری در زمینه محیط زیست است. کاربردهای زیست فناوری در محیط زیست که به کنترل آلاینده ها با صرف هزینه و انرژی کمتر و ضایعات اندک باعث شد که از این فناوری به عنوان یکی از پاک ترین بخش های صنعت یاد شود.

مروری بر ادبیات تألیف و ترجمه اخیر نشان می دهد که آثار اندکی در زمینه کاربردهای زیست محیطی بیوتکنولوژی ارائه شده است. اثر پیش روی خواننده به شکلی جامع مباحث اصلی مرتبط با شناخت اصول و مبانی فرآیندهای میکروبی تجزیه آلاینده های جامد، مایع و گازی را در فاضلاب های شهری و صنعتی، خاک و رسوبات و مواد زائد جامد تشریح می کند. امید است که انتشار آن گامی کوچک در زمینه افزایش بینش و آگاهی دانشجویان و متخصصان محیط زیست و بهداشت محیط به همراه داشته و خوانندگان گرمای با ارائه نقطه نظرات سازنده خود، ما را در بهبود این اثر در چاپ های آتی یاری نمایند. در پایان از همفکری و مشاورت های همه همکاران گرمای و نیز انتشارات آوای قلم و خانیران به عنوان یکی از مراکز مهم توسعه و نشر دیدگاه های زیست محیطی در جوامع علمی سپاسگزاری می نماید.

پیشگفتار

آگاهی روز افزون از مشکلات زیست محیطی ناشی از استفاده گسترده منابع فسیلی، منجر به توجه به گزینه‌های دوستدار محیط زیست شده است. بیوتکنولوژی با نگرش به موارد زیر بر کیفیت محیط زیست و استانداردهای تولید اثر گذاشته و آنها را بهبود می‌بخشد:

- معرفی مواد خام قابل بازیابی به جای فسیلی
- تولید کنترل شده کاتالیست‌های زیستی بسیار اختصاصی
- توسعه تکنولوژی‌های جدید تولید و دوستدار محیط زیست با مواد کمتر پالایش شده و تولید محصولات جانبی کمتر

- محصولات زیستی به صورت مواد غیر سمی و اغلب قابل بازیافت

برخی مطالعات مؤثر در مورد کاربردهای صنعتی بیوتکنولوژی در دو گزارش OECD منتشر شده است، که بر طبق آن بیوتکنولوژی دارای پتانسیل کاهش هزینه بهره‌برداری و یا سرمایه‌گذاری برای تشخیص فرایندهای پایدارتر است. هرچند تا به امروز، پایداری فرایندهای فنی محقق نشده و در نتیجه تکنولوژی‌های متمرکز انتهایی برای تصفیه بقایای تولید ضروری هستند.

در سال ۱۹۷۲، مطالعه‌ای تحت عنوان «محدودیت‌های رشد» منتشر و پیش‌بینی شد که کمبود انرژی و منابع اولیه در نتیجه رشد لگاریتمی جمعیت و صنعت رخ خواهد داد. هرچند که گزارش کمی Dennis Meadows و تیم همکاری وی تکمیل نشد، اما جنبه کیفی گزارش آنها به خوبی مورد قبول است. صرف نظر از کمبود منابع برای تولید کالاهای محدودیت‌های اکولوژیکی و اقتصادی دفع بقایای تولید و زائدات تثبیت شده باید هرچه بیشتر مورد توجه قرار گیرد. محدودیت‌های دفع آلاینده‌های جامد و مایع در آب و خاک، یا زائدات گازی به اتمسفر یک نگرانی مهم است، زیرا خاک، آب و هوا بیش از این قابلیت جذب این انتشارات را بدون ایجاد اثرات منفی بر اکولوژی و به طور کلی حیات ندارند. محصولات نهایی اکسیداسیون بقایای آلی به دلیل سوزاندن یا تنفس زیستی در محیط آبی یا خاکی منجر به افزایش قابل توجه میزان دی‌اکسیدکربن اتمسفر در کشورهای پیشرفته شده و به این ترتیب بر کل آب و هوا اثر می‌گذارند. این افزایش به میزان زیادی به احتراق سوخت‌های فسیلی در حمل و نقل و سوخت‌های فسیلی و ذغال سنگ در فرایندهای صنعتی تولید و گرمایش خانگی مربوط است. غلظت‌های فزاینده دی‌اکسیدکربن در اتمسفر ناشی از سوزاندن منابع انرژی فسیلی و تجزیه مواد آلی دلیل اصلی اثرات گلخانه‌ای است.

به طور کلی آلودگی خاک به ترکیبات زائد و متعاقباً به محصولات تبدیل زیستی آنها به صورت موضعی باقی مانده و تا مادامی که تبخیر ترکیبات فرار به هوا یا محلول‌سازی جامدات در باران یا آب زیرزمینی قابل پیشگیری باشد، یک مشکل ملی است. انتشارات به هوا یا آب به سرعت پخش شده و سریعاً ابعاد بین‌المللی به خود می‌گیرند. اختلال در چرخه‌های طبیعی کربن، نیتروژن، فسفات، گوگرد یا ترکیبات هالوژنه منجر به عدم توازن اکولوژیکی و آسیب به طبیعت می‌شود.

یک ارزیابی چرخه حیات برای کاهش یا حداقل جلب توجه همه افراد به جریان مواد زائد مورد نیاز است. با توجه به نیاز مبرم به بازیافت مواد زائد که در دستورالعمل شورای اتحادیه اروپا

EEC/۹۱۱۵۶/۱ تصویب شد، تولید و کاربرد کالاهای باید با حداقل تولید مواد زائد همراه باشد. عملی بودن این هدف باید در کشورهای صنعتی به اثبات رسیده و سپس به کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه یافته تعمیم یابد.

بیوتکنولوژی در محیط زیست ابتدا با تصفیه فاضلاب شهری در انتهای قرن نوزدهم و ابتدای قرن بیستم آغاز شد و در نیمه دوم قرن بیستم به سایر حوزه‌ها شامل اصلاح خاک، پالایش گاز خروجی، پاک‌سازی آب سطحی و زیرزمینی، پالایش فاضلاب صنعتی، تکنیک‌های انباشت زائدات در مکان‌های دفن بهداشتی و کمپوست زیستی بقایای آلی توسعه یافت.

فرآیند موجود برای حفاظت محیط خاکی و آبی در اولین چاپ «بیوتکنولوژی» در یک کتاب خلاصه شد. چند دهه بعد، در چاپ دوم کتاب «بیوتکنولوژی»، توسعه‌های اجزاء محیط زیست به روزرسانی شده و به وسیله کارشناسان اروپایی و آمریکایی تشریح شد. هرچند که شرح بسیار مفصلی ارائه شد، فرآیندهای زیست محیطی فوق در نهایت در سه جلد کتاب منتشر شدند. جلد ۱۱ الف «بیوتکنولوژی» به نام «فرآیندهای زیست محیطی I - تصفیه فاضلاب» (منتشر شده در سال ۱۹۹۹)، جنبه‌های کلی و توسعه فرآیند برای حذف کربن، نیتروژن و فسفات در طول تصفیه فاضلاب و تثبیت بی‌هوازی لجن را مدنظر قرار می‌داد. جلد ۱۱ ب «بیوتکنولوژی» تحت عنوان «فرآیند زیست محیطی II - آلودگی‌زدایی خاک» (منتشر شده در سال ۲۰۰۰)، جنبه‌های میکروبی و فرآیندهای اصلاح زیستی خاک را مطرح کرد. جلد ۱۱ ج تحت عنوان، «فرآیندهای زیست محیطی III - تصفیه مواد زائد جامد و گازهای زائد و تهیه آب آشامیدنی» (منتشر شده در سال ۲۰۰۰)، مفاهیم کلی، میکروبیولوژی و فرآیندهای تصفیه مواد زائد، پالایش گاز و تهیه آب آشامیدنی را پوشش داد.

کتاب جدید «بیوتکنولوژی محیط زیست» به گونه‌ای جامع به مهمترین موضوعات جلدهای پیشین بیوتکنولوژی الف، ب و ج می‌پردازد. به نویسندگان مدعو این فرصت داده شد تا همکاری خود را در صورت دستیابی به پیشرفت قابل توجه در حوزه‌های مطالعاتی مربوطه در سال‌های اخیر تکمیل کنند. به طور مثال هرچند که گزینه‌های زیادی برای تصفیه فاضلاب خانگی به منظور حذف ترکیبات نیتروژنه در گذشته موجود بود، توسعه فرآیند زیستی جدید حذف نیتروژن در ابعاد مقیاس آزمایشگاهی و پایلوت، همین اخیراً گزارش شد. این فرآیندها با حداقل نیاز به منبع کربن مازاد راهبری می‌شوند. هرچند که این فرآیندها هنوز کاربرد گسترده‌ای در عمل نیافته‌اند، تحقیقات جامعی در مقیاس پایلوت بر روی آنها در حال انجام است. به نظر می‌رسد نتایج قابل اطمینان بوده و در آینده اهمیت پیدا کنند.

نویسندگان و ناشران کتاب جدید امیدوارند مرور جامع فرآیندهای بیوتکنولوژی در محیط زیست برای تصفیه زائدات مایع، جامد و گازی به دانشجویان و متخصصان کمک کند تا اطلاعات فراگیری در مورد مفاهیم، پیشینه زیستی و گزینه‌های کلی فرآیند به دست آورند. سپس این موارد ممکن است یک مبنای مفید با نقطه آغاز طراحی و ابداع یک فرآیند خاص با جزئیات بیشتر باشد.

Josef Winter, Claudia Gallert, Hans-Joachim Jordening Karlsruhe and
Braunschweig, September, 2004

فهرست مطالب

فصل اول: متابولیسم باکتریایی در سیستم های تصفیه فاضلاب

۱-۱	مقدمه	۱
۲-۱	تجزیه ترکیبات آلی کربن در اکوسیستم های طبیعی و مصنوعی	۲
۱-۲-۱	مبانی زیست شناسی، موازنه جرم و انرژی تجزیه هوازی زیست پلیمر	۳
۱-۲-۱-۱	موازنه جرم و انرژی در تنفس هوازی گلوکز و تثبیت لجن فاضلاب	۵
۱-۲-۱-۲	موازنه جرم و انرژی برای تجزیه بی هوازی گلوکز و تثبیت لجن فاضلاب	۷
۲-۲-۱	ملاحظات عمومی سیستم های هوازی یا بی هوازی تصفیه فاضلاب	۹
۳-۲-۱	هیدرولیز هوازی یا بی هوازی زیست پلیمرها: جنبه های سینتیکی	۱۰
۴-۲-۱	هیدرولیز سلولز به وسیله میکروارگانیسم های هوازی و بی هوازی، جنبه های زیستی	۱۱
۵-۲-۱	تجزیه جرم سلولی در حضور الکترون گیرنده های غیر آلی	۱۵
۶-۲-۱	نقش های هیدروژن مولکولی و اسات در طول تجزیه بی هوازی زیست پلیمرها	۱۷
۷-۲-۱	تبدیل بی هوازی زیست پلیمرها به متان و دی اکسید کربن	۱۹
۱-۷-۲-۱	تجزیه بی هوازی کربوهیدرات ها در فاضلاب	۲۰
۲-۷-۲-۱	تجزیه بی هوازی پروتئین	۲۲
۳-۷-۲-۱	تجزیه بی هوازی چربی ها و لیپیدهای خنثی	۲۵
۸-۲-۱	رقابت باکتری های احیا کننده سولفات و متانوژ ها در راکتورهای متان	۲۷
۹-۲-۱	میزان و ترکیب بیوگاز در خلال تخمیر کربوهیدرات ها، پروتئین ها و چربی ها	۲۸
۳-۱	حذف نیتروژن در تصفیه فاضلاب	۲۹
۱-۳-۱	آمونیفیکاسیون	۳۰
۲-۳-۱	نیتریفیکاسیون آمونیاک	۳۱
۱-۲-۳-۱	نیتریفیکاسیون اتوتروفیک	۳۱
۲-۲-۳-۱	نیتریفیکاسیون هتروتروفیک	۳۲
۳-۳-۱	دنیتریفیکاسیون: حذف نیترات از فاضلاب	۳۲
۴-۳-۱	نیتریفیکاسیون- دنیتریفیکاسیون تلفیقی	۳۴

۳۵	۵-۳-۱ اکسیداسیون بی‌هوازی آمونیاک (آناماکس) ^(۱۰)
۳۶	۶-۳-۱ فرآیندهای جدید حذف نیتروژن
۳۷	۴-۱ حذف زیستی پیشرفته فسفر
۴۰	۵-۱ حذف زیستی، تغییر و تبدیل زیستی و جذب زیستی یون‌های فلزی از فاضلاب‌های آلوده
۴۳	۱-۵-۱ احیا سولفات و ترسیب یون فلزی
۴۴	۶-۱ تجزیه هوازی و بی‌هوازی گزنوبیوتیک‌ها
۴۷	۷-۱ افزایش زیستی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب برای تجزیه گزنوبیوتیک‌ها
۴۹	منابع

فصل دوم: منابع فاضلاب صنعتی و استراتژی‌های تصفیه

۵۷	۱-۲ مقدمه و اهداف
۵۸	۲-۲ اجزاء جریان فاضلاب حاصل از واحدهای صنعتی
۵۸	۱-۲-۲ مرور اجمالی
۵۸	۲-۲-۲ آب باران
۵۹	۳-۲-۲ فاضلاب حاصل از تأسیسات بهداشتی و کارکنان
۶۰	۴-۲-۲ آب خنک‌کننده
۶۰	۵-۲-۲ فاضلاب حاصل از تصفیه آب در کارخانه
۶۰	۶-۲-۲ فاضلاب فرآیند تولید
۶۱	۳-۲ انواع و اثرات اجزاء فاضلاب
۶۱	۱-۳-۲ دما
۶۱	۲-۳-۲ pH
۶۲	۳-۳-۲ اجزاء مسدودکننده
۶۲	۴-۳-۲ جامدات کل، جامدات معلق، جامدات صاف شدنی، جامدات قابل ته‌نشینی
۶۲	۵-۳-۲ مواد آلی
۶۳	۶-۳-۲ نمک‌های مغذی (نیتروژن، فسفر، گوگرد)
۶۳	۷-۳-۲ مواد خطرناک
۶۴	۸-۳-۲ مواد خوردنده
۶۴	۹-۳-۲ مواد پاک‌کننده، ضد عفونی‌کننده‌ها و روان‌کننده‌ها
۶۵	۴-۲ فرآیندهای عمومی در مفاهیم تصفیه فاضلاب صنعتی

۶۵	۱-۴-۲ اطلاعات عمومی
۶۵	۲-۴-۲ حفاظت جامع محیط زیست با نگرش به تولید
۶۶	۳-۴-۲ توالی معمول تصفیه در تصفیه‌خانه فاضلاب
۶۷	۵-۲ ترکیب فاضلاب و استراتژی‌های تصفیه در صنایع فراورش مواد غذایی
۶۷	۱-۵-۲ اطلاعات کلی
۶۷	۲-۵-۲ کارخانه‌های شکر
۷۰	۳-۵-۲ کارخانجات نشاسته
۷۳	۴-۵-۲ تولید روغن نباتی و چربی‌های نیمه جامد
۷۵	۵-۵-۲ صنایع فراورش سیب‌زمینی
۷۸	۶-۵-۲ کشتارگاه‌ها
۸۰	۷-۵-۲ صنعت لبنیات
۸۲	۸-۵-۲ صنعت آب میوه و نوشابه
۸۴	۹-۵-۲ آبجوها
۸۵	۱۰-۵-۲ تقطیرکننده‌ها
۸۸	منابع

فصل سوم: فرآیند لجن فعال

۹۱	۱-۳ توسعه تاریخی و تشریح فرآیند
۹۱	۱-۱-۳ فرآیند یک مرحله‌ای
۹۴	۲-۱-۳ فرآیند دو مرحله‌ای
۹۵	۳-۱-۳ حذف یک مرحله‌ای کربن، نیتروژن و فسفر
۹۷	۴-۱-۳ فرآیند راکتور متوالی ناپیوسته (SBR)
۹۷	۵-۱-۳ توسعه انواع خاص
۹۷	۱-۵-۱-۳ فرآیند لجن فعال با اکسیژن خالص
۹۸	۲-۵-۱-۳ بسترهای رشد چسبیده در حوضچه‌های هوادهی لجن فعال
۹۸	۳-۵-۱-۳ راکتورهای پربار
۹۹	۴-۵-۱-۳ جداسازی غشایی مایع مخلوط
۹۹	۲-۳ جنبه‌های تکنولوژیکی و میکروبیولوژیکی

۹۹	۱-۲-۳ خصوصیات فاضلاب
۱۰۵	۳-۲-۳ نیتریفیکاسیون
۱۰۸	۴-۲-۳ دنیتریفیکاسیون
۱۱۱	۵-۲-۳ حذف فسفر
۱۱۱	۶-۲-۳ عوامل محیطی
۱۱۱	۱-۶-۲-۳ اکسیژن محلول
۱۱۲	۲-۶-۲-۳ قللیت و pH
۱۱۳	۳-۶-۲-۳ مواد سمی
۱۱۳	۷-۲-۳ ویژگی‌های مایع مخلوط
۱۱۴	۳-۳ اشکال و جانمایی تصفیه‌خانه
۱۱۴	۱-۳-۳ حوضچه‌های معمول برای اختلاط و هوادهمی
۱۱۷	۲-۲-۳ فرایندهای حذف کربن
۱۱۸	۳-۳-۳ فرایندهای حذف نیتروژن
۱۱۸	۱-۳-۳-۳ مقدمه
۱۱۹	۲-۳-۳-۳ دنیتریفیکاسیون در ناحیه پیش‌انوکسیک
۱۲۱	۳-۳-۳-۳ فرایند دنیتریفیکاسیون تغذیه مرحله‌ای
۱۲۴	۴-۳-۳-۳ نیتریفیکاسیون - دنیتریفیکاسیون همزمان
۱۲۷	۵-۳-۳-۳ فرایند نیتریفیکاسیون - دنیتریفیکاسیون متناوب
۱۲۹	۶-۳-۳-۳ فرایند نیتریفیکاسیون - دنیتریفیکاسیون متناوب با تغذیه متناوب فاضلاب
۱۳۱	۷-۳-۳-۳ فرایندهای خاص برای نسبت $\frac{COD}{TKN}$ کم
۱۳۱	۸-۳-۳-۳ دنیتریفیکاسیون نهایی به وسیله کربن خارجی
۱۳۲	۴-۳-۳ اعمال متقابل راکتورهای زیستی و زلال‌سازهای نهایی
۱۳۴	۴-۳ روند طراحی
۱۳۶	منابع

فصل چهارم: مدل‌سازی فرایندهای هوازی تصفیه فاضلاب

۱۴۱	۱-۴ مقدمه
۱۴۱	۲-۴ اهداف مدل‌سازی

۱۴۲	۳-۱ عناصر مدل های لجن فعال
۱۴۲	۱-۳-۱ فرآیندهای انتقالی و جانمایی تصفیه خانه
۱۴۳	۱-۱-۳-۱ هوادهی
۱۴۳	۳-۱-۳-۲ اجزاء
۱۴۳	۳-۱-۳-۳ فرآیندها
۱۴۴	۴-۱-۳-۲ الگوهای هیدرولیکی
۱۴۴	۴-۲ ارائه مدل ها
۱۴۴	۱-۴-۲ موازنه جرمی
۱۴۵	۲-۴-۲ سرعت ها
۱۴۵	۳-۴-۲ سهم اجزاء
۱۴۵	۵-۴ مدل های لجن فعال شماره ۱، ۲ و ۳ (ASM1, ASM2, ASM3)
۱۴۵	۱-۵-۴ مدل لجن فعال شماره ۱ (ASM1)
۱۴۸	۲-۵-۴ مدل لجن فعال شماره ۲ (ASM2)
۱۴۸	۳-۵-۴ مدل لجن فعال شماره ۳ (ASM3)
۱۴۹	۶-۴ خصوصیات فاضلاب
۱۵۲	۷-۴ کالیراسیون مدل
۱۵۲	۸-۴ برنامه های کامپیوتری
۱۵۳	۹-۴ کاربرد مدل ها
۱۵۶	منابع

فصل پنجم: تصفیه بی هوازی فاضلاب های پر بار

۱۵۷	۱-۵ مقدمه
۱۶۱	۲-۵ اصول اساسی
۱۶۱	۱-۲-۵ تشکیل بیوفیلم
۱۶۲	۲-۲-۵ خصوصیات بیوفیلم
۱۶۲	۳-۲-۵ سینتیک ها و انتقال جرم
۱۶۳	۱-۳-۲-۵ انتقال جرم خارجی
۱۶۴	۲-۳-۲-۵ انتقال جرم داخلی

۱۶۶	۴-۲-۵ خصوصیات بستر حامل
۱۶۶	۱-۴-۲-۵ راکتورهای بستر ثابت
۱۶۶	۲-۴-۲-۵ راکتورهای بستر سیال
۱۶۸	۳-۵ پارامترهای طراحی راکتور
۱۶۸	۱-۳-۵ راه‌اندازی سیستم در مقیاس کامل
۱۷۱	۲-۳-۵ بستر حامل
۱۷۱	۱-۲-۳-۵ راکتورهای بستر ثابت
۱۷۳	۲-۲-۳-۵ راکتورهای بستر سیال
۱۷۴	۳-۳-۵ فاضلاب
۱۷۵	۱-۳-۳-۵ جامدات در راکتورهای بستر ثابت
۱۷۵	۲-۳-۳-۵ جامدات در راکتورهای بستر سیال
۱۷۵	۴-۳-۵ شکل هندسی راکتور و جنبه‌های تکنولوژیکی
۱۷۵	۱-۴-۳-۵ راکتورهای بستر ثابت
۱۷۶	۲-۴-۳-۵ راکتورهای بستر سیال
۱۷۸	۴-۵ بهره‌برداری راکتور
۱۷۸	۱-۴-۵ روند راه‌اندازی
۱۷۹	۲-۴-۵ نتایج راهبری: بسترهای ثابت
۱۸۲	۳-۴-۵ نتایج بهره‌برداری: راکتورهای بستر سیال
۱۸۲	۵-۵ نتیجه‌گیری
۱۸۶	منابع

فصل ششم: مدل‌سازی راکتورهای بی‌کاز

۱۹۱	۱-۶ مقدمه
۱۹۲	۱-۱-۶ عناصر مدل ریاضی
۱۹۳	۲-۱-۶ استراتژی تعمیم نتایج به مقیاس کامل
۱۹۶	۲-۶ تکنیک‌های اندازه‌گیری
۱۹۶	۱-۲-۶ اندازه‌گیری در خط با استفاده از اسپکترومتر جرمی
۱۹۸	۲-۲-۶ پایش در خط مواد آلی به وسیله کروماتوگرافی مایع در فشار بالا (HPLC)
۲۰۰	۳-۶ سینتیک‌ها

۲۰۵	۱-۳-۶ اسیداستیک، اسید پروپیونیک
۲۰۹	۲-۳-۶ سولفید هیدروژن
۲۰۹	۳-۳-۶ نتیجه گیری
۲۱۰	۴-۶ رفتار هیدرودینامیکی و اختلاط برج راکتور بیوگاز
۲۱۲	۱-۴-۶ اختلاط فاز مایع
۲۱۶	۱-۴-۶ مدل A
۲۱۷	۱-۴-۶ مدل B
۲۲۰	۲-۴-۶ توزیع جرم سلولی درون راکتور
۲۲۰	۱-۴-۲ آزمایشات
۲۲۲	۲-۲-۴-۶ مدل سازی ریاضی
۲۲۵	۵-۶ انتقال جرم از فاز مایع به فاز گاز
۲۲۷	۱-۵-۶ فاز مایع
۲۲۷	۲-۵-۶ حباب های گاز
۲۲۸	۳-۵-۶ فضای فوقانی راکتور
۲۳۰	۶-۶ اثر فشار هیدرواستاتیکی بر تولید بیوگاز
۲۳۲	۷-۶ چشم انداز
۲۳۷	منابع

فصل هفتم: تجزیه هوازی ترکیبات آلی مقاوم به وسیله میکروارگانیزمها

۲۳۹	۱-۷ مقدمه
۲۴۱	۲-۷ اصول تجزیه باکتریایی
۲۴۱	۱-۲-۷ باکتری های متداول تجزیه کننده هوازی
۲۴۳	۲-۲-۷ رشد مربوط به تجزیه هیدروکربن های خطی
۲۴۷	۳-۲-۷ نوع ترکیبات آروماتیک: یگانگی فرایندهای کاتابولیکی
۲۵۱	۴-۲-۷ گسترش قابلیت های تجزیه ای
۲۵۱	۱-۴-۲-۷ تجزیه کومتابولیکی آلاینده های آلی
۲۵۲	۲-۴-۲-۷ غلبه بر آلاینده های مقاوم از طریق همکاری باکتری های هوازی و بی هوازی
۲۵۵	۳-۷ قابلیت های تجزیه ای قارچ ها
۲۵۵	۱-۳-۷ متابولیسم آلاینده های آلی به وسیله میکرو قارچ ها

۲۵۵	 ۱-۱-۲-۷ هیدروکربن‌های آلیفاتیک
۲۵۷	 ۲-۱-۳-۷ ترکیبات آروماتیک
۲۶۰	 ۲-۳-۷ قابلیت‌های تجزیه‌کنندگی قارچ‌های بازیدیومیست
۲۶۱	 ۱-۲-۲-۷ سیستم آنزیمی لیگنولیتیک
۲۶۵	 ۲-۲-۳-۷ تجزیه آلاینده‌های آلی
۲۶۶	 ۴-۷ نتیجه‌گیری
۲۶۸	 منابع

www.ketab.ir