

# روش‌های تصفیه آب و پس آب صنعتی

## پدیده‌های جدید

(فن آوری زیستی - فن آوری نانو...)

مؤلف:

حسین معیری

(عضو هیئت علمی دانشگاه)

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

معیری، حسین، ۱۳۲۹ -

تصفیه آب و پس آب صنعتی / مولف: حسین معیری. -- تهران : جهاد دانشگاهی (دانشگاه صنعتی امیرکبیر)، ۱۳۸۵.

۱۷۶ص: مصور، جدول، نمودار.

ISBN 964-8737-36-3 : ۲۴۰۰۰ ریال

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیبا.

کتابنامه: ص. ۱۷۶.

۱. آب - تصفیه. ۲. فاضلاب -- تصفیه. الف. جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر. ب. عنوان.

کتابخانه ملی ایران

کتابخانه ملی ایران

۶۲۸/۱۶۲

۸۵-۳۱۹۱



انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

عنوان : روش های تصفیه آب و پس آب صنعتی

مؤلف : حسین معیری

مدیر مسئول : احمد رضا مختاری

قطع و صفحه : وزیری ۱۸۸ ص

چاپ و لیتوگرافی : قلم

تیراژ : ۱۰۰۰ نسخه

نوبت چاپ : اول ۱۳۸۵

قیمت : ۲۴۰۰۰ ریال

964-8737-36-3

شابک : ۹۶۴-۸۷۳۷-۳۶-۳

آدرس و مرکز پخش : تهران - خیابان حافظ - روبروی سمیه - دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۶۶۹۵۰۹۸۲ فاکس

۸۸۸۹۵۹۶۹-۶۶۴۶۵۳۹۲ تلفن

Email: [acecr@aut.ac.ir](mailto:acecr@aut.ac.ir)

## بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### پیشگفتار جهاد دانشگاهی

اکنون در دوران بازسازی مملکت اسلامیان ایران، توجه به تقویت بنیه علمی دانشگاهها و دیگر نهادهای مقدس علمی یکی از وظایف همه آگاهان و دست‌اندرکاران امور می‌باشد. از این رو جهاد دانشگاهی با علم و آگاهی نسبت به این مهم تمامی نیرو و توان خود را صرف تجهیز علمی و اقتصادی هر چه بیشتر دانشجویان و آینده‌سازان جامعه، نموده است و در این راه از هیچ کوشش و تلاشی دریغ نخواهد ورزید.

در این راستا انتشارات جهاد دانشگاهی با این باور که داشتن استقلال اقتصادی و عقیدتی، مستلزم دارا بودن قدرت بالای علمی و آشنایی با تکنولوژی مدرن، البته در کنار ایمان و اعتقاد به آرمانها است؛ سعی می‌نماید با آماده‌سازی و انتشار متون متنوع و مختلف علمی به هر دو زبان فارسی و لاتین که از سطح مطلوبی برخوردار باشند، به وظیفه انسانی و اعتقادی خویش جامعه عمل بپوشاند. و امیدوار است که توانسته باشد کمکی هر چند ناچیز به علاقه‌مندان و دلسوزان مین اسلام و پیوندگان راه علم انجام دهد.

با این باور و اعتقاد از همه عزیزان دانش‌پزوه جهت ارائه نظرات و پیشنهادات برای هر چه بهتر شدن سطح امور انتشارات این جهاد، یاری می‌طلبیم.

در انتها این کتاب را به روان پاک شهدای دانشگاهی بویژه شهدای دانشگاه صنعتی امیرکبیر تقدیم می‌نماییم. امید است کلیه دانشگاهیان استوار و نابت قدم پیونده راه شهیدان در محیط مقدس دانشگاه باشند.

والسلام علی من اتبع الهدی

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

## فصل اول: روش‌های نوین در تصفیه آبها

- ۱-۱- خصوصیات آب و پس‌آب صنعتی ..... ۱
- ۱-۲- مشخصات فیزیکی آب ..... ۳
- ۱-۳- مشخصات شیمیایی آب ..... ۶
- ۱-۴- مشخصات یک نمونه آب و پس‌آب صنعتی ..... ۱۱
- ۱-۵- روشهای تجزیه در تصفیه آب ..... ۱۳
- ۱-۵-۱- روشهای تجزیه وزنی ..... ۱۴
- ۱-۵-۲- روشهای تجزیه حجمی ..... ۱۵
- ۱-۶- تقسیم بندی آب بر حسب میزان سختی ..... ۱۹
- ۱-۷- روشهای تعیین غلظت جزئی عناصر ..... ۱۹
- ۱-۷-۱- رنگ سنجی ..... ۱۹
- ۱-۷-۲- روشهای چشمی ..... ۲۰
- ۱-۷-۳- روشهای دستگاهی ..... ۲۱
- ۱-۷-۴- روشهای الکترودی ..... ۲۱
- ۱-۸- روشهای حذف سختی در آبهای صنعتی ..... ۲۲
- ۱-۸-۱- نرم کردن بوسیله آب آهک ..... ۲۳
- ۱-۸-۲- روش تعویض یون ..... ۲۴
- ۱-۸-۳- زئولیت ..... ۲۴
- ۱-۹- فن آوری عشانی در تصفیه آب ..... ۲۵
- ۱-۹-۱- اسمز معکوس ..... ۲۶
- ۱-۹-۲- اولترافیلتراسیون ..... ۲۸
- ۱-۹-۳- الکترو دیالیز ..... ۳۰
- ۱-۱۰- انواع مدلها در فرایندهای عشانی ..... ۳۲

## فصل دوم: روش‌های متداول و جدید فیزیکوشیمیایی در تصفیه پس‌آبهای صنعتی

- ۲-۱- مقدمه‌ای بر فرایند تصفیه ..... ۳۵
- ۲-۲- انواع روشهای تصفیه پس آبها ..... ۳۶
- ۲-۲-۱- روشهای فیزیکی ..... ۳۷
- ۲-۲-۱-۱- فرایندهای تصفیه مقدماتی ..... ۳۷
- ۲-۲-۱-۲- غربال با سوراخهای ریز ..... ۳۹
- ۲-۲-۱-۳- جدا کردن سنگ ریزه و شن ..... ۳۹

|          |                                          |
|----------|------------------------------------------|
| ..... ۴۰ | ۲-۲-۱-۲- زلال سازی                       |
| ..... ۴۰ | ۲-۲-۱-۵- ثوری ته نشینی                   |
| ..... ۴۳ | ۲-۲- انواع ته نشینی                      |
| ..... ۴۴ | ۲-۳-۱- حوضچه های ته نشینی ایده آل        |
| ..... ۴۶ | ۲-۳-۲- اندازه گیری مشخصه های ته نشینی    |
| ..... ۴۹ | ۲-۳-۳- راندمان تانکهای ته نشینی          |
| ..... ۵۰ | ۲-۳-۴- انواع تانکهای ته نشینی            |
| ..... ۵۲ | ۲-۴- تغلیظ لجن بوسیله جاذبه              |
| ..... ۵۶ | ۲-۵- شناور سازی                          |
| ..... ۵۷ | ۲-۶- روشهای شیمیائی                      |
| ..... ۵۹ | ۲-۶-۱- یکپارچگی ذرات                     |
| ..... ۶۱ | ۲-۶-۲- انعقاد                            |
| ..... ۶۵ | ۲-۶-۲-۱- پتانسیل زتا                     |
| ..... ۶۷ | ۲-۷- فرایند ضد عفونی کردن                |
| ..... ۶۸ | ۲-۷-۱- کلرین و فرایند کلریناسیون         |
| ..... ۷۱ | ۲-۸- کنترل طعم و مزه                     |
| ..... ۷۲ | ۲-۹- فلوریداسیون                         |
| ..... ۷۲ | ۲-۱۰- فیلتراسیون                         |
| ..... ۷۶ | ۲-۱۰-۱- چگونگی عملکرد بعضی از مکانیزمهای |
| ..... ۷۸ | ۲-۱۰-۲- هیدرولیک فیلتراسیون              |
| ..... ۷۸ | ۲-۱۰-۳- معادله کارمن - کوزیتی            |
| ..... ۸۳ | ۲-۱۰-۴- معادله رز                        |
| ..... ۸۵ | ۲-۱۱- گرفتگی فیلتر                       |
| ..... ۸۶ | ۲-۱۲- شستشوی فیلتر                       |
| ..... ۹۰ | ۲-۱۳- انواع فیلتر                        |

### فصل سوم: تصفیه بیوشیمیایی پس آبیهای صنعتی

|          |                                    |
|----------|------------------------------------|
| ..... ۹۵ | ۳-۱- تصفیه پس آب صنعتی             |
| ..... ۹۶ | ۳-۲- اکسیداسیون بیولوژیکی مواد آلی |
| ..... ۹۶ | ۳-۳- طبیعت مواد آلی                |
| ..... ۹۷ | ۳-۴- واکنشهای آنزیمی               |
| ..... ۹۷ | ۳-۵- چگونگی رشد بیولوژیکی          |

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| ۳-۶- اکسیژن مورد نیاز در اکسیداسیون شیمیائی                    | ۹۸  |
| ۳-۷- تعریف تصفیه بیولوژیکی                                     | ۹۹  |
| ۳-۷-۱- نقش میکروارگانیسمها و تعریف اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیائی | ۱۰۰ |
| ۳-۷-۲- مقدمه ای بر فعالیت‌های متابولیکی میکروبی                | ۱۰۰ |
| ۳-۷-۳- لزوم مواد مغذی برای رشد میکروبی                         | ۱۰۰ |
| ۳-۷-۴- مواد مغذی و فاکتورهای رشد                               | ۱۰۱ |
| ۳-۸- BOD چیست ؟                                                | ۱۰۲ |
| ۳-۹- انواع سوخت و ساز میکروبی                                  | ۱۰۷ |
| ۳-۱۰- مراحل یک تصفیه خانه نمونه                                | ۱۰۹ |
| ۳-۱۱- واکنشهای بی هوازی                                        | ۱۱۰ |
| ۳-۱۲- طبقه بندی فرایندهای تصفیه بیولوژیکی هوازی                | ۱۱۱ |
| ۳-۱۲-۱- فرایند لجن فعال                                        | ۱۱۱ |
| ۳-۱۲-۲- فرایند لایه ثابت                                       | ۱۱۲ |
| ۳-۱۳- نقش بسترهای متخلخل در تصفیه پس آب صنعتی                  | ۱۱۳ |
| ۳-۱۴- تعریف بیوفیلم                                            | ۱۱۵ |
| ۳-۱۴-۱- مراحل تشکیل بیوفیلم                                    | ۱۱۶ |
| ۳-۱۴-۱-۱- فراهم کردن تشکیل لایه زیستی                          | ۱۱۷ |
| ۳-۱۴-۱-۲- چگونگی انتقال و اتصال میکروارگانیسمها                | ۱۱۸ |
| ۳-۱۴-۲- اتصال برگشتی و غیر برگشتی                              | ۱۲۰ |
| ۳-۱۴-۳- تعریف DLVO                                             | ۱۲۱ |
| ۳-۱۴-۴- تاثیر مواد پلیمری پرباخته در تشکیل لایه زیستی          | ۱۲۲ |
| ۳-۱۵- میکروبیولوژی تشکیل لایه زیستی                            | ۱۲۳ |
| ۳-۱۶- جدا شدن لایه زیستی                                       | ۱۲۷ |
| ۳-۱۷- تشکیل لایه زیستی در آب آشامیدنی                          | ۱۲۷ |
| ۳-۱۷-۱- چسبندگی و اتصال لایه زیستی در آب                       | ۱۲۸ |
| ۳-۱۸- فیلتر چکنده                                              | ۱۲۹ |
| ۳-۱۸-۱- میکروبیولوژی فیلتر چکنده                               | ۱۳۳ |
| ۳-۱۸-۲- آنالیز فرایند                                          | ۱۳۳ |
| ۳-۱۹- فرمولاسیون واسطه های پلاستیکی                            | ۱۳۶ |
| ۳-۲۰- پدیده های انتقال جرم در جریان متخلخل                     | ۱۳۹ |
| ۳-۲۰-۱- راندمان یخزنه مواد آلی در سیستمهای متخلخل              | ۱۴۱ |

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| ۳-۲۱- تماس دهنده های RBC.....                                  | ۱۴۲ |
| ۳-۲۲- استفاده از فن آوری زیستی به روش غیر هوازی.....           | ۱۴۲ |
| ۳-۲۲-۱- مکانیزم تصفیه بی هوازی.....                            | ۱۴۴ |
| ۳-۲۲-۱- سنتتیک هضم غیر هوازی.....                              | ۱۴۵ |
| ۳-۲۳- مقایسه واکنشهای بی هوازی و غیر هوازی.....                | ۱۴۷ |
| ۳-۲۴- انواع روشهای بی هوازی.....                               | ۱۴۸ |
| ۳-۲۵- واکنشگاههای UASB.....                                    | ۱۵۰ |
| ۳-۲۵-۱- تاریخچه سابقه استفاده از سیستم های بی هوازی.....       | ۱۵۴ |
| ۳-۲۵-۲- عملکرد واکنشگاه UASB.....                              | ۱۵۶ |
| ۳-۲۵-۳- چگونگی انتخاب یک دستگاه هاضم بی هوازی.....             | ۱۵۷ |
| ۳-۲۵-۴- عواملی که در راندمان تصفیه UASB موثر هستند.....        | ۱۵۸ |
| ۳-۲۵-۵- تشکیل لجن دانهایی در واکنشگاه UASB.....                | ۱۶۰ |
| ۳-۲۵-۶- عوامل تاثیر گذار در تشکیل و استحکام لجن دانهایی.....   | ۱۶۲ |
| ۳-۲۵-۷- نقش وسائل جدا کننده در واکنشگاههای UASB.....           | ۱۶۴ |
| ۳-۲۵-۸- روشهای پیشنهادی دیگر در بهینه سازی تصفیه بی هوازی..... | ۱۶۸ |
| ۳-۲۶- واکنشگاههای بی هوازی دوگانه (هیبرید).....                | ۱۶۹ |
| ۳-۲۷- انواع واکنشگاههای دیگر در تصفیه بی هوازی.....            | ۱۷۱ |
| ۳-۲۸- واکنشگاههای توده زیستی ثابت یا فیلترهای بالارو.....      | ۱۷۲ |
| ۳-۲۹- واکنشگاههای بستر سیالی AFBR و بستر منبسط شونده.....      | ۱۷۴ |
| منابع.....                                                     | ۱۷۶ |

## مقدمه :

### خواننده محترم

کتابی را که در دست مطالعه دارید حاصل چند دوره تدریس تصفیه آب و پس آب صنعتی در دانشگاه‌های مختلف تهران است.

از مدتها قبل احساس میکردم کتابی که بتواند بعنوان یک مرجع برای متخصصین فن و یک منبع مفید برای دانشجویان استفاده شود نیاز می باشد، گرچه کتب و متعددی با ارزش علمی بسیار بالا در این خصوص به کوشش اساتید و متخصصین این حرفه نگاشته شده است اما این کتاب هم شاید بتواند تا حدی پاسخ گوی ابهامات خوانندگان محترم باشد.

در سالهای اخیر رشته های مرتبط با بهداشت محیط زیست و تصفیه آب و پس آب صنعتی گسترش زیادی یافته، دانشجویان در مقاطع کارشناسی ارشد و دکترا در حد بسیار بالای علمی در رشته های مربوط به تصفیه آبها فارغ التحصیل می شوند این موضوع مرا در هدف خود برای تالیف این کتاب مصمم تر کرد و با معلومات و توانایی اندکی که در خود سراغ داشتم با مراجعه به مقالات و مراجعی که در سالهای اخیر منتشر شده بود از مهر ۸۱ شروع به نگارش این کتاب کردم در دو سال اول بعلت مشغله تدریس نتوانستم که بطور مستمر و فعال نگارش این کتاب را به پیش ببرم اما آخرین سال با تلاش جدی در اواخر تابستان نگارش - تدوین ... به جز چاپ آن به پایان رسید.

یکی از اهداف تالیف کتاب شناسایی راهکارهای جدید در این صنعت است که شاید بتوان از آنها در کشورمان که در منطقه گرمسیر و خشک آسیا قرار گرفته استفاده بهینه کرد و شاید بتوان با بکار گیری این روشهای جدید در جهت حل بعضی از معضلات متاثر از کمبود آب در کشورمان قدم برداشت انگیزه دیگری که مرا به چاپ کتاب واداشت افزایش اطلاعات قشر دانشجوی کشورمان از

روشهای پیشنهادی در تصفیه آب و پس آب صنعتی است همان طوری که از اسم این کتاب پیداست، تاکید عمده آشنایی با آخرین روشها نظیر بهره گیری از غشاها در تصفیه آب و یا کاربری فن آوری زیستی (بیوتکنولوژی) در تصفیه پس آبهای صنعتی است که بطور گسترده در فرآیندهای مختلف تصفیه اعم از هوازی و بی هوازی کاربرد دارند.

در این کتاب سعی شده است از نظر نوشتاری بسیار ساده نگاشته شود از جملات طولانی با کلمات نامانوس و ناآشنا پرهیز شود به علاوه ملاحظه خواهند نمود که در بخشهایی اول کتاب موضوعات و تعاریف متداول و روزمره مانند pH و قلیائیت ..... که در بسیاری از کتابهای تصفیه آب و پس آب صنعتی آمده است به ناچار گنجانده شده که اطلاعات مربوط به این تعاریف در فصول دیگر بکار رفته است.

فصلهای ۱ و ۲ شامل شناسائی آب، منابع آلوده کننده، روشهای سنتی و متداول تصفیه آب، پدیده های جدید در تصفیه آب و تصفیه فیزیکوشیمیائی پس آب صنعتی آمده است. تصفیه پس آب از طریق فرایندهای جدید و بهره گیری از فن آوری زیستی در فصل ۳ گنجانده شده است.

بدیهی است که هر کار جدید به خصوص تألیف و انتشار کتاب خالی از اشکال نیست و طبیعتاً دارای اشتباهات نگارشی - فنی - علمی و چاپی در آن وجود خواهد داشت اما امیدوارم که خوانندگان محترم با توجه به دقت و نکته بینی خاصی که دارند حتی جزئی ترین نکات را از نظر دور نداشته و با آدرس، دانشگاه امیرکبیر گروه مستقل شیمی تلفن ۶۴۵۴۲۵۸۱ و e-mail (hossein@ Aut.AC.IR) و حتی حضوراً که بتوانم به ملاقاتی نائل شوم و به خدمت برسم حقیر را در جریان امر قرار دهند.

در خاتمه از جناب آقای احمدرضا مختاری مدیر مسئول انتشارات و همکارانشان در جهاد دانشگاهی کمال تشکر را دارم.