

# اصول مهندسی تصفیه آب

و

## طراحی تصفیه خانه های

## آب شرب و صنعت

نویسنده: پروفسور سید احمد میرباقری

استاد دانشکده مهندسی عمران- آب و محیط زیست

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی



سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران

شماره ۴۶۸

سرشناسه: میرباقری، سیداحمد، ۱۳۲۷

عنوان و نام پدیدآور: اصول مهندسی تصفیه آب و طراحی تصفیه‌خانه‌های آب شرب و صنعت/ نویسنده سیداحمد میرباقری.

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۳۹۸.

مشخصات ظاهری: ۸۶۴ ص.: مصور، جدول، نمودار.

فروست: دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی؛ شماره ۴۶۸.

شابک: 978-622-6655-23-1

وضعیت فهرست نویسی: فیا

موضوع: آب — عقیقه

موضوع: آب — آلودگی — پیشگیری

موضوع: آب — ابرار — کیفیت

موضوع: آب — تصفیه — مخازن

موضوع: آب — تجزیه و آزمایش

موضوع: آب — مهندسی

رده بندی کنگره: ۱۳۹۸ ۶الف ۹/م ۱۴۳۰ T

رده بندی دیویی: ۶۲۸/۱۶۲

شماره کتابشناسی ملی: ۵۶۴۶۵۱۴

press.kntu.ac.ir



ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

عنوان: اصول مهندسی تصفیه آب و طراحی تصفیه‌خانه‌های آب شرب و صنعت

مؤلف: دکتر سید احمد میرباقری

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: اردیبهشت ۱۳۹۸، تهران

شمارگان: ۲۰۰ جلد

ویرایش: گروه ویراستاری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چاپ: پدیدرنگ

صخافی: گرنامی

قیمت: ۱۳۰۰۰۰ تومان

تمام حقوق برای ناشر محفوظ است

خیابان میرداماد غربی - شماره ۴۷۰ - انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تلفن: ۸۸۸۸۱۰۵۲

میدان ونک - خیابان ولی‌عصر (ع) - بالاتر از چهارراه میرداماد - شماره ۲۶۲۶ - مرکز پخش و فروش انتشارات

تلفن: ۸۸۷۷۲۲۷۷ رایانامه: press@kntu.ac.ir - تارنما (فروش برخط): press.kntu.ac.ir

## فهرست

|         |                                                                 |
|---------|-----------------------------------------------------------------|
| ۱۹..... | پیشگفتار.....                                                   |
| ۲۵..... | فصل اول: گردش طبیعی آب در محیط زیست و روند آلوده شدن آن.....    |
| ۲۷..... | ۱-۱ مولکول آب و خواص آن.....                                    |
| ۳۰..... | ۲-۱ آب شناسی و گردش طبیعی آب و آلاینده‌ها در محیط زیست.....     |
| ۳۱..... | ۱-۲-۱ توزیع جهانی منابع آب.....                                 |
| ۳۲..... | ۲-۲-۱ وضعیت کمیت و کیفیت آب در ایران.....                       |
| ۳۳..... | ۳-۱ انواع آلودگی‌های منابع آب.....                              |
| ۳۳..... | ۱-۳-۱ آلودگی آب‌های سطحی.....                                   |
| ۳۳..... | ۲-۳-۱ آلودگی آب‌های زیرزمینی.....                               |
| ۳۴..... | ۴-۱ آلودگی میکروبیولوژیکی.....                                  |
| ۳۶..... | ۱-۴-۱ تک‌یاخته‌های انگلی در آب.....                             |
| ۳۷..... | ۲-۴-۱ پیشگیری از خطر ابتلا به کریپتوسپوریدیوزیس ناشی از آب..... |
| ۳۷..... | ۵-۱ کاهش اکسیژن محلول.....                                      |
| ۳۷..... | ۶-۱ مواد مغذی (کربن، ازت و فسفر).....                           |
| ۳۸..... | ۷-۱ منابع آلوده‌کننده آب.....                                   |
| ۳۸..... | ۱-۷-۱ مواد و ترکیب‌های شیمیایی.....                             |
| ۳۸..... | ۲-۷-۱ انواع فاضلاب‌ها، به عنوان آلوده‌کننده منابع آب.....       |
| ۴۰..... | ۳-۷-۱ فعالیت مراکز صنعتی.....                                   |
| ۴۱..... | ۴-۷-۱ آلودگی نفتی.....                                          |
| ۴۲..... | ۵-۷-۱ ریزش‌های جوی.....                                         |
| ۴۲..... | ۶-۷-۱ تخلیه انواع پسماندها در اقیانوس‌ها.....                   |
| ۴۳..... | ۷-۷-۱ ضایعات پرتوایی.....                                       |
| ۴۳..... | ۸-۷-۱ نشست از مخازن ذخیره‌سازی زیرزمینی.....                    |
| ۴۳..... | ۹-۷-۱ پدیده گرمایش جهانی.....                                   |
| ۴۴..... | ۸-۱ مخاطرات پیش رو در اثر آلوده شدن منابع آب.....               |
| ۴۴..... | ۱-۸-۱ مخاطرات بهداشتی.....                                      |
| ۴۴..... | ۲-۸-۱ مخاطرات زیست محیطی.....                                   |
| ۴۵..... | ۳-۸-۱ مخاطرات اقتصادی.....                                      |

|         |                                              |    |
|---------|----------------------------------------------|----|
| ۹-۱     | راه کارهای جلوگیری از آلودگی منابع آب        | ۴۵ |
| ۱-۹-۱   | پیشگیری                                      | ۴۵ |
| ۲-۹-۱   | قوانین و آیین نامه‌ها                        | ۴۶ |
| ۳-۹-۱   | جمع‌بندی مطالب بیان شده                      | ۴۶ |
|         | نکات مهم:                                    | ۵۵ |
| ۱۰-۱    | ترکیب‌های موجود در آب آشامیدنی               | ۵۷ |
| ۱-۱۰-۱  | ناخالصی‌های محلول                            | ۵۷ |
| ۲-۱۰-۱  | ناخالصی‌های معلق                             | ۵۸ |
| ۱۱-۱    | مواد معدنی                                   | ۵۹ |
| ۱-۱۱-۱  | کاتیون‌ها                                    | ۵۹ |
| ۲-۱۱-۱  | انیون‌ها                                     | ۶۰ |
| ۳-۱۱-۱  | انسان صمغی آ، نیک                            | ۶۳ |
| ۴-۱۱-۱  | عناصر کم ب با فلزات سنگین                    | ۶۴ |
|         | منابع                                        | ۷۲ |
|         | <b>فصل دوم: مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب</b>   | ۷۳ |
| ۱-۲     | مشخصات فیزیکی                                | ۷۵ |
| ۱-۱-۲   | کل جامدات محلول (TDS) و کل جامدات معلق (TSS) | ۷۵ |
| ۲-۱-۲   | کدورت                                        | ۷۷ |
| ۳-۱-۲   | رنگ                                          | ۷۷ |
| ۴-۱-۲   | قابلیت عبور نور یا جذب نور                   | ۷۸ |
| ۵-۱-۲   | بو                                           | ۷۸ |
| ۶-۱-۲   | دانشسته، ثقل مخصوص و وزن مخصوص               | ۷۹ |
| ۲-۲     | مشخصات شیمیایی                               | ۷۹ |
| ۱-۲-۲   | تعادل شیمیایی                                | ۷۹ |
| ۲-۲-۲   | استوکیومتری یا موازنه واکنش                  | ۸۰ |
| ۳-۲-۲   | ترمودینامیک واکنش‌های شیمیایی                | ۸۱ |
|         | PH                                           | ۸۳ |
| ۵-۲-۲   | هدایت الکتریکی                               | ۸۴ |
| ۶-۲-۲   | اسیدیته                                      | ۸۴ |
| ۱-۶-۲-۲ | ماهیت اسیدیته                                | ۸۵ |

|          |                                                                          |
|----------|--------------------------------------------------------------------------|
| ۸۶.....  | ۲-۶-۲ اهمیت دی اکسید کربن و اسیدیته معدنی                                |
| ۸۶.....  | ۳-۶-۲ روش اندازه گیری                                                    |
| ۸۷.....  | ۴-۶-۲ دی اکسید کربن                                                      |
| ۸۸.....  | ۵-۶-۲ اسیدیته متیل اورانژ                                                |
| ۸۸.....  | ۶-۶-۲ اسیدیته فنل فتالین                                                 |
| ۸۹.....  | ۷-۶-۲ کاربرد داده های اسیدیته                                            |
| ۸۹.....  | ۷-۲-۲ قلیائیت                                                            |
| ۸۶.....  | ۱-۷-۲ اهمیت سلامت عمومی                                                  |
| ۹۰.....  | ۲-۷-۲ روش های اندازه گیری قلیائیت                                        |
| ۹۲.....  | ۳-۷-۲ روش های بیان کردن قلیائیت                                          |
| ۹۲.....  | ۴-۷-۲ فنل فتالین و قلیائیت کل                                            |
| ۹۳.....  | ۵-۷-۲ قلیائیت هیدروکسیدی، کربناتی و بی کربناتی                           |
| ۹۴.....  | ۶-۷-۲ محاسبه به وسیله انداز گیری قلیائیت                                 |
| ۹۶.....  | ۷-۷-۲ محاسبه به وسیله معادله های تعادل                                   |
| ۹۸.....  | ۸-۷-۲ رابطه دی اکسید کربن، قلیائیت و PH در آب های طبیعی                  |
| ۹۹.....  | ۹-۷-۲ کاربردهای داده های قلیائیت                                         |
| ۱۰۱..... | ۱۰-۷-۲ قلیائیت آب های جوش                                                |
| ۱۰۱..... | ۱۱-۷-۲ دی اکسید کربن در آتمسفر                                           |
| ۱۰۲..... | ۱۲-۷-۲ سامانه کربناتی در محلول آبی                                       |
| ۱۰۳..... | ۱۳-۷-۲ محلول دی اکسید کربن در آب خالص                                    |
| ۱۰۴..... | ۳-۲ شیمی کربن معدنی در آب های آزاد                                       |
| ۱۰۵..... | ۱-۳-۲ سیستم تعادلی $\text{CO}_2$ - $\text{HCO}_3^-$ - $\text{CO}_3^{2-}$ |
| ۱۱۰..... | ۲-۳-۲ قلیائیت و ظرفیت تصفیه                                              |
| ۱۱۱..... | ۳-۳-۲ تأثیرات بیولوژیکی بر PH                                            |
| ۱۱۳..... | ۴-۳-۲ تعادل $\text{CaCO}_3$                                              |
| ۱۱۵..... | ۵-۳-۲ سرعت واکنش                                                         |
| ۱۱۶..... | ۴-۲ سختی (Hardness)                                                      |
| ۱۱۷..... | ۱-۴-۲ علت و منبع سختی                                                    |
| ۱۱۷..... | ۲-۴-۲ روش های تعیین سختی                                                 |
| ۱۱۷..... | ۱-۲-۴-۲ روش محاسبه                                                       |
| ۱۱۸..... | ۲-۲-۴-۲ روش عیارسنجی EDTA                                                |

|          |                                                                         |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|
| ۱۱۸..... | ۲-۴-۳ انواع سختی                                                        |
| ۱۱۸..... | ۲-۴-۳-۱ سختی کلسیم و منیزیم                                             |
| ۱۱۹..... | ۲-۴-۳-۲ سختی کربناتی و بی‌کربناتی                                       |
| ۱۱۹..... | ۲-۴-۴ کاربردهای داده‌های سختی در کارهای مهندسی محیط زیست                |
| ۱۱۹..... | ۲-۵ ارزیابی آب                                                          |
| ۱۲۴..... | مسائل                                                                   |
| ۱۲۵..... | منابع                                                                   |
| ۱۲۷..... | <b>فصل سوم: مطالعات اولیه در طراحی تصفیه‌خانه آب</b>                    |
| ۱۲۹..... | ۳-۱-۳ شناسایی، وضع عمومی منطقه                                          |
| ۱۳۰..... | ۳-۲-۲ مطالعات مکانیک خاک، ژئوتکنیک و زمین شناسی محل احداث تصفیه‌خانه آب |
| ۱۳۰..... | ۳-۲-۳-۱ مطالعات زمین شناسی عمومی منطقه                                  |
| ۱۳۰..... | ۳-۳-۳ مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی                                      |
| ۱۳۰..... | ۳-۳-۱ مطالعات هیدرولیک                                                  |
| ۱۳۱..... | ۳-۳-۲ مطالعات هیدرولژی                                                  |
| ۱۳۱..... | ۳-۲-۳-۱ بارندگی                                                         |
| ۱۳۱..... | ۳-۲-۳-۲ رواناب و جریان رودخانه                                          |
| ۱۳۲..... | ۴-۳ مطالعات مربوط به عوامل اولیه طراح                                   |
| ۱۳۲..... | ۴-۳-۱ سال شروع طرح و دوره طرح یک تصفیه‌خانه آب                          |
| ۱۳۳..... | ۴-۳-۲ منطقه خدمات                                                       |
| ۱۳۳..... | ۴-۳-۳ انتخاب محل                                                        |
| ۱۳۵..... | ۴-۳-۴ مطالعات مربوط به تخمین جمعیت طرح                                  |
| ۱۴۰..... | ۴-۳-۵ تقاضای آب                                                         |
| ۱۴۱..... | ۴-۳-۵-۱ نیاز آتش‌نشانی                                                  |
| ۱۴۷..... | ۴-۳-۵-۲ مصارف خانگی                                                     |
| ۱۴۸..... | ۴-۳-۵-۳ تلفات آب                                                        |
| ۱۴۸..... | ۴-۳-۵ بررسی کیفیت آب و انتخاب فرایند                                    |
| ۱۴۹..... | ۴-۳-۵-۱ کیفیت فیزیکی - شیمیایی                                          |
| ۱۵۰..... | ۴-۳-۵-۲ کیفیت بیولوژیکی (زیستی) و میکروبیولوژیکی آب                     |
| ۱۵۰..... | ۴-۳-۵-۳ فلزات سنگین                                                     |
| ۱۵۰..... | ۴-۳-۵-۴ کیفیت آب تصفیه شده                                              |

|          |                                                                                  |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۵۲..... | ۶-۳ انتخاب فرایند تصفیه و تعیین واحدهای تصفیه خانه.....                          |
| ۱۵۳..... | ۷-۳ شیب هیدرولیکی و جانمایی واحدهای تصفیه خانه آب.....                           |
| ۱۵۷..... | فصل چهارم: طراحی آبگیر و ایستگاه پمپاژ در تصفیه خانه آب.....                     |
| ۱۵۹..... | ۱-۴ طراحی آبگیر.....                                                             |
| ۱۶۳..... | ۱-۴-۱ انتخاب آبگیر.....                                                          |
| ۱۷۳..... | ۲-۴ ایستگاه پمپاژ.....                                                           |
| ۱۷۴..... | ۱-۲-۴ تعریف و تقسیم بندی انواع پمپ.....                                          |
| ۱۸۷..... | ۲-۲-۴ تعاریف و اصطلاحات متداول در تأسیسات پمپاژ.....                             |
| ۱۹۴..... | ۳-۲-۴ NPSH پمپ سانتریفوژ.....                                                    |
| ۱۹۷..... | ۴-۲-۴ بستن دو چنگ پمپ به طور سری یا موازی.....                                   |
| ۲۰۰..... | ۵-۲-۴ پمپ و منحنی های سیستم.....                                                 |
| ۲۰۳..... | ۶-۲-۴ منحنی های مسخه.....                                                        |
| ۲۱۲..... | ۷-۲-۴ عیوب پمپ ها.....                                                           |
| ۲۱۵..... | منابع.....                                                                       |
| ۲۱۷..... | فصل پنجم: طراحی واحد ته نشینی اولیه، تصفیه خانه آب.....                          |
| ۲۱۹..... | ۱-۵ تئوری ته نشینی اولیه.....                                                    |
| ۲۲۰..... | ۱-۱-۵ ته نشینی مجزا، نوع I.....                                                  |
| ۲۳۰..... | ۲-۵ فرآیند شناورسازی با هوای محلول با هدف حذف ذرات معلق.....                     |
| ۲۳۱..... | ۳-۵ هوادهی و هوادهی لایه ای با هدف افزایش اکسیژن در آب و حذف گازهای نامطبوع..... |
| ۲۳۶..... | مسائل.....                                                                       |
| ۲۳۷..... | فصل ششم: آزمایش جار و بهره برداری از داده های آن.....                            |
| ۲۴۱..... | ۱-۶ دستگاه هم زن.....                                                            |
| ۲۴۶..... | ۲-۶ دما.....                                                                     |
| ۲۴۶..... | ۳-۶ توانایی منعقدکننده ها.....                                                   |
| ۲۴۷..... | ۴-۶ مقدار منعقدکننده و PH.....                                                   |
| ۲۴۷..... | ۵-۶ اضافه کردن منعقدکننده.....                                                   |
| ۲۴۸..... | ۶-۶ اضافه کردن کمک لخته سازها.....                                               |
| ۲۴۸..... | ۷-۶ شدت و مدت اختلاط.....                                                        |

- ۶-۸ نمونه برداری ..... ۲۴۹
- ۶-۹ شبیه سازی عملکرد شرایط تصفیه‌خانه در آزمایش جار ..... ۲۵۰
- ۶-۱۰ کاربرد نتایج آزمایش جار ..... ۲۵۴
- ۶-۱۱ خلاصه ..... ۲۶۲
- ۶-۱۲ گرادیان‌های سرعت ..... ۲۶۳
- ۶-۱۲-۱ گرادیان‌های سرعت برای اختلاط و لخته سازی ..... ۲۶۳
- ۶-۱۲-۲ گرادیان‌های سرعت برای دریچه ها ..... ۲۶۴
- ۶-۱۲-۳ گرادیان‌های سرعت در فیلترها ..... ۲۷۲
- ۶-۱۳، برفی اختلاط سریع ..... ۲۷۲
- ۶-۱۳. اختلاط سریع هیدرولیکی ..... ۲۷۳
- ۶-۱۳-۱ طراحی ..... ۲۷۵
- ۶-۱۳-۲ اختلاط هیدرولیکی دیگر ..... ۲۷۶
- ۶-۱۴ اختلاط در مکان ..... ۲۷۸
- ۶-۱۴-۱ رآکتورهای کانالیکه برگشتی ..... ۲۷۸
- ۶-۱۴-۲ همزن‌های مخلوط کننده - راستا یا درجا (In-Line Blender) ..... ۲۸۰
- ۶-۱۴-۳ اختلاط بسیار سریع / ریفی ..... ۲۸۱
- ۶-۱۵ الزامات اختلاط ..... ۲۹۱
- ۶-۱۶ زمان ماند در حوضچه اختلاط سریع ..... ۲۹۴
- ۶-۱۷ هندسه آبگیر اختلاط سریع و کند ..... ۲۹۴
- ۶-۱۸ مثال طراحی (ترجمه از کتاب قسیم) ..... ۲۹۵
- ۶-۱۸-۱ معیارهای طراحی استفاده شده ..... ۲۹۵
- ۶-۱۸-۱-۱ میزان دبی ..... ۲۹۵
- ۶-۱۸-۱-۲ کیفیت آب ..... ۲۹۶
- ۶-۱۸-۱-۳ مواد شیمیایی ..... ۲۹۶
- ۶-۱۸-۱-۴ پارامترهای طراحی حوضچه اختلاط سریع و کند ..... ۲۹۶
- ۶-۱۸-۱-۵ پارامترهای طراحی حوضچه لخته‌سازی ..... ۲۹۶
- ۶-۱۸-۱-۶ ترتیب قرارگیری واحدها در چگونگی طراحی کل ..... ۲۹۷
- ۶-۱۸-۲ محاسبات طراحی حوضچه اختلاط سریع ..... ۲۹۷
- ۶-۱۸-۲-۱ واحدهای اندازه‌گیری ..... ۲۹۷
- ۶-۱۸-۲-۲ ساختار ورودی جریان ..... ۲۹۸
- ۶-۱۸-۲-۳ ساختار خروجی جریان ..... ۲۹۸

|          |                                                                                       |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| ۲۹۸..... | ۴-۲-۱۸-۶ طراحی تجهیزات.....                                                           |
| ۳۰۰..... | ۵-۲-۱۸-۶ محاسبه افت هد و پروفیل هیدرولیکی حوضچه اختلاط.....                           |
| ۳۰۳..... | مسائل.....                                                                            |
| ۳۰۳..... | منابع.....                                                                            |
| ۳۰۵..... | فصل هفتم: طراحی واحدهای انعقاد، لخته سازی و زلال سازی در تصفیه خانه آب.....           |
| ۳۰۷..... | ۱-۷ مواد جامد معلق.....                                                               |
| ۳۰۸..... | ۱-۱-۷ ویژگی های ذرات کلونیدی.....                                                     |
| ۳۱۰..... | ۲-۱-۷ انعقاد کلونیدهای معلق.....                                                      |
| ۳۱۳..... | ۳-۱-۷ افزایش میزای انعقاد.....                                                        |
| ۳۱۵..... | ۴-۱-۷ ملاحظات طراحی فرآیند انعقاد و لخته سازی.....                                    |
| ۳۱۵..... | ۲-۷ مواد جامد محلول و رسوبدهی شیمیایی در خصوص آب هایی با سختی بیشتر از استاندارد..... |
| ۳۱۶..... | ۱-۲-۷ خصوصیات مواد رسوبدهی.....                                                       |
| ۳۱۶..... | ۲-۲-۷ ثابت انحلال پذیری.....                                                          |
| ۳۱۷..... | ۳-۲-۷ رسوبدهی مواد جامد محلول.....                                                    |
| ۳۲۶..... | ۳-۷ بررسی انواع لخته سازی و ته نشینی.....                                             |
| ۳۲۶..... | ۱-۳-۷ ته نشینی Flocculant، نوع II.....                                                |
| ۳۳۲..... | ۴-۷ طراحی حوضچه ته نشینی.....                                                         |
| ۳۳۴..... | ۱-۴-۷ هندسه حوضچه ته نشینی.....                                                       |
| ۳۳۴..... | ۲-۴-۷ بهبود عملکرد حوضچه ته نشینی.....                                                |
| ۳۳۶..... | ۳-۴-۷ سامانه های ته نشینی انحصاری.....                                                |
| ۳۳۷..... | ۴-۴-۷ ملاحظات طراحی.....                                                              |
| ۳۴۳..... | ۵-۴-۷ جمع آوری لجن.....                                                               |
| ۳۴۴..... | ۵-۷ چک لیست اطلاعات لازم برای طراحی تأسیسات ته نشینی.....                             |
| ۳۴۴..... | ۶-۷ اجرا، نگهداری و رفع اشکال تأسیسات ته نشینی.....                                   |
| ۳۴۵..... | ۱-۶-۷ مشکلات اجرایی متداول و رفع اشکال.....                                           |
| ۳۴۵..... | ۲-۶-۷ اجرا و نگهداری.....                                                             |
| ۳۴۶..... | ۷-۷ انواع حوض زلال ساز یا ته نشینی در تصفیه خانه های متعارف ایران.....                |
| ۳۴۶..... | ۱-۷-۷ حوض های زلال ساز مستقل.....                                                     |
| ۳۴۶..... | ۲-۷-۷ حوض های زلال ساز ترکیبی (با مقطع دایره).....                                    |
| ۳۴۸..... | ۳-۷-۷ زلال ساز فوق چرخشی.....                                                         |

|          |                                                             |
|----------|-------------------------------------------------------------|
| ۳۴۹..... | ۴-۷-۷ حوض زلال‌ساز پولساتور.....                            |
| ۳۵۲..... | ۵-۷-۷ مختصری در مورد سیستم لاملا.....                       |
| ۳۵۶..... | ۶-۷-۷ زلال‌ساز پولساتور نوع صفحه‌ای با جریان افقی.....      |
| ۳۵۷..... | ۷-۷-۷ زلال‌ساز سوپر پولساتور نوع صفحه‌ای با جریان افقی..... |
| ۳۶۰..... | ۸-۷ نتیجه‌گیری.....                                         |
| ۳۶۰..... | ۱-۸-۷ پیشنهادات.....                                        |
| ۳۶۱..... | ۹-۷ مثال‌های کاربردی.....                                   |
| ۳۷۰..... | مسائل.....                                                  |
| ۳۷۱..... | منابع.....                                                  |
| ۳۷۳..... | فصل ۵: صافی‌های شنی در تصفیه آب.....                        |
| ۳۷۵..... | ۱-۸-۱ انواع صافی‌ها.....                                    |
| ۳۷۶..... | ۲-۸-۱ صافی‌های مکانیکی.....                                 |
| ۳۷۸..... | ۳-۸-۱ صافی‌های مورد استفاده برای پیش تصفیه.....             |
| ۳۷۸..... | ۱-۳-۸-۱ صافی‌های زیر اتمی.....                              |
| ۳۷۹..... | ۱-۱-۳-۸-۱ قابلیت‌های فیلتر زبر افقی (HR).....               |
| ۳۷۹..... | ۲-۱-۳-۸-۱ مزایا و معایب.....                                |
| ۳۸۰..... | ۲-۳-۸-۱ صافی دو مرحله‌ای.....                               |
| ۳۸۲..... | ۳-۳-۸-۱ سیستم صافی با منبع آب دریا (CWS).....               |
| ۳۸۲..... | ۱-۳-۳-۸-۱ توضیحات در مورد این واحد.....                     |
| ۳۸۴..... | ۴-۳-۸-۱ صافی ساحلی اصلاح شده.....                           |
| ۳۸۵..... | ۴-۸-۱ طرح صافی‌های کند.....                                 |
| ۳۸۶..... | ۱-۴-۸-۱ ملاحظات هیدرولیکی در صافی‌های کند.....              |
| ۳۸۸..... | ۲-۴-۸-۱ افت فشار در صافی کند.....                           |
| ۳۸۹..... | ۳-۴-۸-۱ بهره‌برداری.....                                    |
| ۳۸۹..... | ۴-۴-۸-۱ شستشوی صافی کند.....                                |
| ۳۸۹..... | ۵-۴-۸-۱ توجهات ساختمانی.....                                |
| ۳۹۰..... | ۶-۴-۸-۱ توجهات کلی در صافی‌های کند.....                     |
| ۳۹۱..... | ۷-۴-۸-۱ دیگر نکات در بهره‌برداری از صافی کند.....           |
| ۳۹۲..... | ۵-۸-۱ صافی‌ها یا فیلترهای شنی تند.....                      |
| ۳۹۴..... | ۱-۵-۸-۱ اجزاء صافی شنی تند نوع ثقلی.....                    |

|       |                                                                                                    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۳۹۶   | ..... کاربرد های مختلف صافی شنی تند                                                                |
| ۸-۵-۳ | ..... انتخاب مصالح مناسب جهت صافی های شنی تند                                                      |
| ۴۰۰   | ..... ۴-۵-۸ زهکش صافی ها                                                                           |
| ۴۰۰   | ..... ۵-۵-۸ اصول طراحی صافی تند                                                                    |
| ۴۰۵   | ..... ۶-۵-۸ افت فشار آب در صافی تند                                                                |
| ۴۰۸   | ..... ۷-۵-۸ روش های دیگر در تعیین افت فشار                                                         |
| ۴۱۲   | ..... ۸-۵-۸ افت هد در صافی های چند لایه                                                            |
| ۴۱۶   | ..... ۹-۵-۸ افت هد ناشی از مواد رسوب کرده                                                          |
| ۴۲۰   | ..... ۸-۸ مثال مسائل کاربردی صافی های شنی چند لایه                                                 |
| ۴۲۴   | ..... ۱۰-۵-۸ شستشوی مجدد                                                                           |
| ۴۲۴   | ..... ۱۱-۵-۸ هیدروابری های تند در شستشوی مجدد                                                      |
| ۴۲۷   | ..... ۱۲-۵-۸ آهنگ انبساط بستر صافی و افت ارتفاع آب (هد) به دلیل شستشوی مجدد                        |
| ۴۳۲   | ..... ۱۳-۵-۸ معیار طراحی                                                                           |
| ۴۳۹   | ..... ۱۴-۵-۸ اجزای فیلتر                                                                           |
| ۴۳۹   | ..... ۱۵-۵-۸ جعبه فیلتر                                                                            |
| ۴۴۰   | ..... ۱۶-۵-۸ کنترل کار صافی تند                                                                    |
| ۴۴۱   | ..... ۱۷-۵-۸ تنظیم میزان تصفیه                                                                     |
| ۴۴۲   | ..... ۱۸-۵-۸ کاربرد و بهره برداری از صافی تند                                                      |
| ۴۴۲   | ..... ۱۹-۵-۸ تعیین ابعاد و تعداد صافی ها                                                           |
| ۴۴۳   | ..... ۶-۸ انواع صافی های تند به پیشنهاد شرکت Degremont فرانسه                                      |
|       | ..... ۶-۸-۱ فیلترهای Aquazur T and N با یک لایه پیوسته (۵ تا ۱۰ m <sup>۲</sup> تا ۴ gpm per sq ft) |
| ۴۴۳   | .....                                                                                              |
| ۴۴۷   | ..... ۶-۸-۱-۱ شستشوی فیلترهای AQUAZUR T با عمق کم آب                                               |
| ۴۴۷   | ..... ۶-۸-۱-۲ تبدیل صافی فلزی افقی به صافی آکوازر (Aquazur)                                        |
| ۴۴۹   | ..... ۶-۸-۱-۳ فیلترهای N و T مدیازور با یک یا دو لایه و با شستشو با آب و هوای مرطوب                |
| 449   | ..... ۶-۸-۱-۴ صافی های Mediazur G با کانال های باریک و بستر تک فیلتری                              |
| ۴۵۰   | ..... ۶-۸-۲ صافی تند: ۷ تا ۲۰ m <sup>۲</sup> /hour (۲/۸ تا ۸ gpm/sqft)                             |
| ۴۵۱   | ..... ۶-۸-۲-۱ صافی نوع Aquazur V با یک لایه                                                        |
| ۴۵۷   | ..... ۶-۸-۲-۲ فیلترهای نوع MEDLAZUR V تنها و چند لایه                                              |
| ۴۵۸   | ..... ۸-۷ صافی مستقیم (Direct Filtration)                                                          |
| ۴۵۹   | ..... ۸-۷-۱ اصول طراحی                                                                             |

- ۸-۷-۲ مزایا و محدودیت‌ها..... ۴۵۹
- مسائل ..... ۴۶۲
- منابع ..... ۴۶۵
- فصل نهم: بهداشتی کردن یا گندزدایی آب..... ۴۶۷**
- ۹-۱-۱ گندزداها..... ۴۷۰
- ۹-۲-۲ ضد عفونی کردن آب به روش کلرزنی..... ۴۷۱
- ۹-۲-۱ مشکلات ناشی از کلرزنی اولیه..... ۴۷۲
- ۹-۲-۲ اثر ترکیب‌های کلر بر باکتری‌ها و ویروس‌ها..... ۴۷۲
- ۹-۲-۳ کلر در پروتوزواها..... ۴۷۳
- ۹-۲-۴ رایبای استفاده از سامانه کلرزنی..... ۴۷۴
- ۹-۲-۵ مزایب استفاده از سامانه کلرزنی..... ۴۷۴
- ۹-۳-۳ شیمی کلرزنی..... ۴۷۴
- ۹-۴-۴ کلر آزاد مرکب..... ۴۷۹
- ۹-۵-۵ کلر مازاد..... ۴۸۰
- ۹-۶-۶ دی اکسید کلر..... ۴۸۲
- ۹-۷-۷ سینتیک گندزدایی..... ۴۸۴
- ۹-۸-۸ مقادیر CT..... ۴۸۵
- ۹-۹-۹ تشکیل محصولات فرعی و کنترل آن..... ۴۹۹
- ۹-۱۰-۱۰ کلرزدایی..... ۵۰۰
- ۹-۱۱-۱۱ استفاده از فیلترهای کند ماسه‌ای برای تصفیه آب (Slow Sand Filter)..... ۵۰۵
- ۹-۱۱-۱-۱ معایب استفاده از فیلترهای کند ثقلی در باکتری‌زدایی..... ۵۰۶
- ۹-۱۲-۱۲ ضد عفونی کردن آب به روش استفاده از پرتو فرا بنفش UV..... ۵۰۷
- ۹-۱۳-۱۳ ضد عفونی کردن آب به روش اُزن زنی..... ۵۴۰
- ۹-۱۳-۱-۱ کاربرد اُزن در پیش اکسایش..... ۵۴۱
- ۹-۱۳-۲-۲ عدم تأثیرپذیری از PH..... ۵۴۱
- ۹-۱۳-۳-۳ کمک به فرآیند لخته سازی..... ۵۴۱
- ۹-۱۳-۴-۴ تشکیل ترکیب‌های جانبی ناشی از وجود برم در آب..... ۵۴۲
- ۹-۱۳-۵-۵ تشکیل فرم‌های کوچک‌تر ترکیب‌های مشتق آلی..... ۵۴۳
- ۹-۱۳-۶-۶ نداشتن باقی مانده جهت حفاظت شبکه..... ۵۴۳
- ۹-۱۳-۷-۷ ایجاد اکسیژن نامحلول در آب..... ۵۴۴

|          |                                                               |
|----------|---------------------------------------------------------------|
| ۵۴۴..... | ۱۴-۹ شیمی اُزن.....                                           |
| ۵۵۱..... | ۱۵-۹ ضد عفونی کردن آب به روش میکروفیلتراسیون.....             |
| ۵۵۳..... | ۱-۱۵-۹ سازوکار عملکرد ازن زنی.....                            |
| ۵۴۳..... | ۱۵-۹-۲ معایب استفاده از میکروفیلتراسیون.....                  |
| ۵۵۴..... | ۱۶-۹ اثر بهره برداری صحیح از واحدهای فرآیندی در کیفیت آب..... |
| ۵۵۵..... | ۱-۱۶-۹ عامل های مؤثر در راندمان زلال سازی.....                |
| ۵۵۶..... | مسائل.....                                                    |
| ۵۶۳..... | منابع.....                                                    |

|          |                                                                  |
|----------|------------------------------------------------------------------|
| ۵۶۷..... | فصل دهم: تصفیه شیمیایی آب.....                                   |
| ۵۶۹..... | ۱-۱۰- خواص فیزیکی شیمیایی آب.....                                |
| ۵۷۰..... | ۱۰-۲ انواع آب های طبیعی.....                                     |
| ۵۷۱..... | ۱۰-۳ ناخالصی های آب.....                                         |
| ۵۷۱..... | ۱۰-۳-۱ مواد معلق.....                                            |
| ۵۷۱..... | ۱۰-۳-۲ نمک های محلول.....                                        |
| ۵۷۲..... | ۱۰-۳-۳ گازها.....                                                |
| ۵۷۲..... | ۱۰-۴ آب سخت.....                                                 |
| ۵۷۲..... | ۱۰-۴-۱ ایجاد آب سخت.....                                         |
| ۵۷۴..... | ۱۰-۴-۲ مشکلات مرتبط با سختی آب.....                              |
| ۵۷۴..... | ۱۰-۴-۲-۱ تشکیل لایه های نامحلول صابون.....                       |
| ۵۷۵..... | ۱۰-۴-۲-۲ ایجاد رسوب های نامحلول.....                             |
| ۵۷۸..... | ۱۰-۴-۲-۳ مقادیر مجاز سختی.....                                   |
| ۵۷۸..... | ۱۰-۴-۲-۴ مزایای حذف سختی.....                                    |
| ۵۷۹..... | ۱۰-۴-۲-۵ بررسی تمایل آب به رسوب گذاری.....                       |
| ۵۷۹..... | ۱۰-۴-۲-۶ محدودیت ها.....                                         |
| ۵۸۰..... | ۱۰-۴-۲-۷ شاخص های تعیین کننده تمایل به انحلال یا رسوب گذاری..... |
| ۵۸۱..... | ۱۰-۴-۳ روش های مرسوم حذف سختی.....                               |
| ۵۸۲..... | ۱۰-۴-۳-۱ سختی زدایی با آهک و سودا.....                           |
| ۵۸۴..... | ۱۰-۴-۳-۲ شیمی سختی زدایی با آهک و سودا.....                      |
| ۵۸۵..... | ۱۰-۴-۳-۳ میزان مواد شیمیایی مورد نیاز.....                       |
| ۵۸۵..... | ۱۰-۴-۳-۴ استفاده از سود سوزآور به جای سودا.....                  |

- ۵۸۶..... ۱۰-۴-۴ پیش تصفیه فرآیند آهک و سودا
- ۵۸۶..... ۱۰-۴-۴-۱ هوادهی
- ۵۸۷..... ۱۰-۴-۴-۲ پیش ته‌نشینی
- ۵۸۷..... ۱۰-۴-۴-۳ انواع فرآیندهای نرم‌سازی با آهک و سودا
- ۵۸۷..... ۱۰-۴-۴-۴ آهک زنی مستقیم با آهک و سودا
- ۵۹۰..... ۱۰-۵-۱ فرآیند سختی‌زدایی با آهک اضافی یا آهک و سودای اضافی
- ۵۹۱..... ۱۰-۵-۱-۱ فرآیند آهک و سودا زنی اضافی تک مرحله‌ای
- ۵۹۱..... ۱۰-۵-۱-۲ فرآیند آهک و سودا زنی اضافی دو مرحله‌ای
- ۵۹۲..... ۱۰-۵-۳ کربناسیون مجدد
- ۵۹۴..... ۱۰-۵-۵ حوضچه‌های فرآیند سختی‌زدایی
- ۵۹۴..... ۱۰-۵-۵-۱ حوضچه‌های سختی‌زدایی متعارف
- ۵۹۵..... ۱۰-۴-۵-۲ حوضچه‌های سختی‌زدایی تماس با جامد
- ۵۹۷..... ۱۰-۴-۵-۳ حوضچه‌های کربناسیون مجدد
- ۵۹۷..... ۱۰-۵-۵ الزامات خسر طراحی سختی‌زدایی با آهک
- ۵۹۷..... ۱۰-۵-۵-۱ مشکل تشکیل یوسه
- ۵۹۸..... ۱۰-۵-۵-۲ خارج کردن و مدیریت رسوبات
- ۵۹۸..... ۱۰-۵-۵-۳ میزان تولید رسوب
- ۵۹۹..... ۱۰-۵-۶ فیلتراسیون
- ۶۰۰..... ۱۰-۵-۷ سیستم تغذیه مواد شیمیایی و ملاحظات جانبی
- ۶۰۱..... ۱۰-۵-۸ سختی‌زدایی با روش دیالگرام میله‌ای با حل چند مثال
- ۶۰۸..... ۱۰-۶-۱ سختی‌زدایی با فرآیند تبادل یونی
- ۶۰۹..... ۱۰-۶-۱-۱ معرفی فرآیند و تئوری تبادل یونی
- ۶۰۹..... ۱۰-۶-۱-۲ کاربردهای فرآیند تبادل یونی در تصفیه آب
- ۶۱۰..... ۱۰-۶-۳ انواع رزین‌های تبادل یونی
- ۶۱۳..... ۱۰-۶-۴ یون متحرک و ضریب گزینش رزین
- ۶۱۶..... ۱۰-۶-۵ احیاء رزین
- ۶۱۸..... ۱۰-۶-۶ عامل‌های طراحی
- ۶۱۸..... ۱۰-۶-۷ اندازه بستر و دبی
- ۶۲۰..... ۱۰-۶-۸ برج‌های بستر ثابت
- ۶۲۰..... ۱۰-۶-۹ احیاء با جریان همسو یا جریان معکوس
- ۶۲۱..... ۱۰-۶-۱۰ استفاده مجدد از نمک مصرف شده

|     |       |         |                                 |
|-----|-------|---------|---------------------------------|
| ۶۲۱ | ..... | ۱۰-۶-۱۱ | سختی زدایی با تعویض یون سدیم    |
| ۶۲۳ | ..... | ۱۰-۶-۱۲ | نمونه محاسبات طراحی             |
| ۶۲۸ | ..... | ۱۰-۶-۱۳ | دفع نمک حاصل از واحد سختی زدایی |
| ۶۲۸ | ..... | ۱۰-۶-۱۴ | سختی زدایی با تعویض یون هیدروژن |
| ۶۲۹ | ..... |         | مسائل                           |
| ۶۳۰ | ..... |         | منابع                           |

## فصل یازدهم: سیستمهای غشایی در تصفیه آب و آب شیرینکنها..... ۶۳۱

|     |       |            |                                            |
|-----|-------|------------|--------------------------------------------|
| ۶۳۳ | ..... | ۱۱-۱-۱     | تاریخچه استفاده از غشا                     |
| ۶۳۵ | ..... | ۱۱-۲-۱     | فرآیندهای غشایی                            |
| ۶۳۵ | ..... | ۱۱-۳-۱     | انواع فرآیندهای غشایی                      |
| ۶۳۶ | ..... | ۱۱-۳-۱-۱   | غشاهایی با نیروی محرکه فشاری               |
| ۶۳۸ | ..... | ۱۱-۳-۱-۱-۱ | میکرو فیلتراسیون                           |
| ۶۳۸ | ..... | ۱۱-۳-۱-۲   | اولترا فیلتراسیون                          |
| ۶۳۸ | ..... | ۱۱-۳-۱-۳   | نانو فیلتراسیون                            |
| ۶۴۱ | ..... | ۱۱-۳-۱-۴   | اسمز معکوس                                 |
| ۶۴۲ | ..... | ۱۱-۳-۱-۵   | تفاوت بین روش نانو فیلتراسیون و اسمز معکوس |
| ۶۴۳ | ..... | ۱۱-۳-۲     | غشاهای با نیروی محرکه الکتریکی             |
| ۶۴۳ | ..... | ۱۱-۳-۲-۱   | الکترو دیالیز                              |
| ۶۴۶ | ..... | ۱۱-۳-۲-۲   | الکترو دیالیز معکوس                        |
| ۶۴۷ | ..... | ۱۱-۳-۲-۳   | تقطیر غشایی                                |
| ۶۵۰ | ..... | ۱۱-۴       | انتخاب فرآیند غشایی                        |
| ۶۵۰ | ..... | ۱۱-۵       | جنس غشاء                                   |
| ۶۵۲ | ..... | ۱۱-۶       | مدولهای غشایی                              |
| ۶۵۳ | ..... | ۱۱-۶-۱     | مدول قاب و صفحه                            |
| ۶۵۴ | ..... | ۱۱-۶-۲     | مدول لوله ای                               |
| ۶۵۴ | ..... | ۱۱-۶-۳     | مدول فیبر توخالی                           |
| ۶۵۶ | ..... | ۱۱-۶-۴     | مدول غشاء مارپیچ                           |
| ۶۵۸ | ..... | ۱۱-۶-۵     | مدول فیبرهای توخالی نازک                   |
| ۶۵۸ | ..... | ۱۱-۶-۶     | مدول غشایی کارتریج                         |
| ۶۵۹ | ..... | ۱۱-۶-۷     | مدول غشاء سرامیکی                          |

- ۱۱-۶-۸ مدول‌های لوله ای ..... ۶۵۹
- ۱۱-۷ شرایط محیطی لازم برای عملکرد مناسب غشاها ..... ۶۶۰
- ۱۱-۸ کاربرد غشا در صنعت آب و فاضلاب ..... ۶۶۱
- ۱۱-۹ کاربرد نانو فیلتراسیون در تصفیه آب ..... ۶۶۱
- ۱۱-۱۰ اجزای یک سیستم غشایی ..... ۶۶۲
- ۱۱-۱۱ انرژی مورد استفاده در تصفیه غشایی ..... ۶۶۳
- ۱۱-۱۲ از رده خارج شدن غشاها ..... ۶۶۴
- ۱۱-۱۲-۱ رسوب گرفتگی غشا ..... ۶۶۵
- ۱۱-۱۲-۲ آلودگی ناشی از اکسیداسیون روی غشا ..... ۶۶۵
- ۱۱-۱۲-۳ آلودگی ناشی از رشد بیولوژیکی ..... ۶۶۶
- ۱۱-۱۳ سمیز کردن غشاها ..... ۶۶۷
- ۱۱-۱۳-۱ روش‌های پاکسازی هیدرولیکی ..... ۶۶۷
- ۱۱-۱۳-۲ فرآیند شستشوی ..... ۶۶۸
- ۱۱-۱۳-۳ روش‌های پاکسازی مکانیکی ..... ۶۶۸
- ۱۱-۱۳-۴ روش‌های پاکسازی الکتریکی ..... ۶۶۸
- ۱۱-۱۳-۵ روش‌های پاکسازی شیمیایی ..... ۶۶۸
- ۱۱-۱۴ فعالیت‌های لازم برای تعمیر غشا ..... ۶۶۹
- ۱۱-۱۵ فعالیت‌های لازم برای احیا کردن غشا ..... ۶۷۰
- ۱۱-۱۶ زمان تعویض غشاها ..... ۶۷۰
- ۱۱-۱۷ مزایا و معایب استفاده از غشاها در تصفیه ..... ۶۷۰
- ۱۱-۱۷-۱ مزایا ..... ۶۷۰
- ۱۱-۱۷-۲ معایب ..... ۶۷۱
- ۱۱-۱۸ موارد مورد توجه در طراحی یک سامانه فیلتراسیون ..... ۶۷۱
- ۱۱-۱۹ غشاءها و طراحی فرآیند ..... ۶۷۲
- ۱۱-۲۰ عملکرد غشاءهای نانو فیلتراسیون ..... ۶۷۲
- ۱۱-۲۱ گرفتگی غشاء در فرآیند نانوفیلتراسیون ..... ۶۷۴
- ۱۱-۲۲ مایع تغلیظ شده ..... ۶۷۴
- ۱۱-۲۳ شاخص چگالی سیلت ..... ۶۷۶
- ۱۱-۲۴ طراحی فرآیند اسمز معکوس (RO) ..... ۶۷۶
- منابع ..... ۶۷۴

|     |                                              |
|-----|----------------------------------------------|
| ۶۸۳ | فصل دوازدهم: تصفیه آبهای حاوی نیترات         |
| ۶۸۶ | ۱-۱۲ چرخه نیتروژن                            |
| ۶۸۹ | ۱-۱-۱۲ چرخه نیتروژن در آبهای سطحی و نهشته‌ها |
| ۶۹۱ | ۱-۲-۱۲ چرخه نیتروژن در خاک و آبهای زیرزمینی  |
| ۶۹۲ | ۲-۱۲ منابع نیتروژن                           |
| ۶۹۳ | ۱-۲-۱۲ منابع طبیعی                           |
| ۶۹۳ | ۲-۲-۱۲ منابع انسانی                          |
| ۶۹۳ | ۳-۲-۱۲ فاضلاب شهری                           |
| ۶۹۴ | ۴-۲-۱۲ فاضلاب صنعتی                          |
| ۶۹۴ | ۵-۲-۱۲ شیرابه مراکز دفن زباله                |
| ۶۹۴ | ۶-۲-۱۲ رسوب - ری                             |
| ۶۹۵ | ۷-۲-۱۲ رواناب‌های سطحی                       |
| ۶۹۵ | ۳-۱۲ اثرهای سوء ترکیب‌های نیتروژنی           |
| ۶۹۵ | ۱-۳-۱۲ زیست‌بوم آبی و پدیده اوتوفیکاسیون     |
| ۶۹۶ | ۲-۳-۱۲ اثرهای سوء بر سلامت حیوانات           |
| ۶۹۷ | ۳-۳-۱۲ اثرهای سوء بر سلامت انسان             |
| ۶۹۸ | ۴-۱۲ روش‌های حذف نیترات                      |
| ۶۹۸ | ۱-۴-۱۲ روش‌های شیمیایی                       |
| ۶۹۸ | ۱-۱-۴-۱۲ تبادل یونی                          |
| ۶۹۹ | ۲-۱-۴-۱۲ دی‌نیتریفیکاسیون کاتالیزوری         |
| ۷۰۰ | ۳-۱-۴-۱۲ جاذب‌ها                             |
| ۷۰۵ | ۲-۴-۱۲ روش‌های فیزیکی                        |
| ۷۰۵ | ۱-۲-۴-۱۲ سامانه‌های غشایی                    |
| ۷۱۳ | ۳-۴-۱۲ روش‌های بیولوژیک                      |
| ۷۱۴ | ۱-۳-۴-۱۲ دی‌نیتریفیکاسیون بیولوژیک (زیستی)   |
| ۷۱۹ | ۴-۴-۱۲ بیورآکتورهای غشایی                    |
| ۷۲۰ | منابع                                        |

|     |                                                   |
|-----|---------------------------------------------------|
| ۷۲۹ | فصل سیزدهم: روش‌های مختلف تصفیه آهن و منگنز از آب |
|-----|---------------------------------------------------|

|     |                                           |
|-----|-------------------------------------------|
| ۷۳۲ | ۱-۱۳ برخی مشکلات ناشی از حضور آهن و منگنز |
|-----|-------------------------------------------|

|     |                                      |
|-----|--------------------------------------|
| ۷۳۲ | ۲-۱۳ کنترل تعادلی حلالیت آهن و منگنز |
|-----|--------------------------------------|

- ۱۳-۳ انواع روش‌های متداول تصفیه برای حذف آهن و منگنز ..... ۷۴۰
- ۱۳-۳-۱ روش‌های اکسایش\_فیلتراسیون ..... ۷۴۱
- ۱۳-۳-۲ تصفیه آهن بدون زلال‌سازی (هوادهی\_فیلتراسیون) ..... ۷۵۰
- ۱۳-۳-۱-۲ مدول‌های انتقال گاز ..... ۷۵۲
- ۱۳-۳-۲-۲ هوادهی با هواپخش کن ..... ۷۵۶
- ۱۳-۳-۲-۳ طراحی برج فشرده ستونی ..... ۷۶۲
- ۱۳-۳-۳ حذف آهن به همراه زلال‌ساز ..... ۷۶۶
- ۱۳-۳-۴ تصفیه خانه کوچک روستایی برای حذف آهن ..... ۷۶۶
- ۱۳-۳-۵ حذف منگنز ..... ۷۶۸
- ۱۳-۳ روش فیلتراسیون-کلرزنی ..... ۷۷۱
- ۱۳-۳-۴ تبادل یونی ..... ۷۷۴
- ۱۳-۳-۸ حذف بیولوژیکی (زیستی) ..... ۷۷۵
- ۱۳-۳-۹ نازل ..... ۷۷۷
- ۱۳-۳-۱۰ خلاصه رنج گیری ..... ۷۸۱
- ۱۳-۳-۱۰-۱ اکسایش و رسوب گذاری ..... ۷۸۱
- ۱۳-۳-۱۰-۲ فرایند ژئولیت منگنز ..... ۷۸۴
- ۱۳-۴ فلوئورید دار کردن آب ..... ۷۸۷
- ۱۳-۴-۱ ترکیبات شیمیایی فلوراید ..... ۷۸۸
- ۱۳-۴-۲ غلظت بهینه فلوراید ..... ۷۸۹
- ۱۳-۴-۳ میزان تغذیه فلوراید (خشک) ..... ۷۹۰
- ۱۳-۴-۴ میزان تغذیه فلوراید در حالت اشباع ..... ۷۹۲
- ۱۳-۴-۵ فلوئورزدایی ..... ۷۹۵
- ۱۳-۴-۶ روش‌های تصفیه ..... ۷۹۶
- ۱۳-۴-۶-۱ روش‌های رسوب‌دهی برای حذف فلوئوراید ..... ۷۹۷
- ۱۳-۴-۶-۲ تبادل یونی و روش‌های جذب سطحی برای حذف فلوئوراید ..... ۷۹۸
- منابع ..... ۸۰۱
- پیوستها ..... ۸۰۵

## «وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ» قرآن کریم، سوره انبیاء: آیه ۳۰

به درستی که آب مایه حیات هر موجود زنده‌ای است و یا به عبارتی، آب ضروری‌ترین و مهمترین جزء مجموع منابع طبیعی مورد نیاز برای بقای زندگی انسان، پیشرفت و بهبود آن به شمار می‌رود و زندگی و سلامت همه موجودات زنده اعم از انسان‌ها، گیاهان و جانوران به وجود آن بستگی دارد. علاوه بر ارزش حیاتی آن، آب به عنوان یکی از عوامل ضروری در صنعت، تجارت و کشاورزی، برای تفریحات سالم و ریسازش محیط زیست نیز ضروری است. آب آشامیدنی یکی از مهمترین احتیاجات جوامع بشری است. بنابراین تامین آب آشامیدنی و رعایت استانداردهای آب شرب و نکات بهداشتی، عامل اصلی به وجود آمدن سلامتی مردم در مقابل بیماری‌ها، به ویژه بیماری‌های روده‌ای و عفونی است. از طرف دیگر به علت بالا بودن هزینه درمان نیاز است که با تامین آب آشامیدنی سالم به سلامتی مردم توجه ویژه شود. آب خام نیازمند طی کردن مراحل مختلفی است تا به کیفیت مورد نظر جهت کاربری به عنوان آب آشامیدنی برسد و اینجاست که بحث تصفیه آب مطرح می‌شود. تصفیه آب در واقع فرایند زلال‌سازی آب از مایعات و ذرات قابل آشامیدنی ساختن آن برای انسان است. در این فرایند، مراحل مختلفی وجود دارد که آب آلوده باید از آن عبور داده شود تا به آب سالم تبدیل شود. این مراحل به میزان آلودگی آب منبع و کیفیت آن بستگی دارد. به طور معمول آب‌های زیرزمینی آلودگی کمتری نسبت به آب‌های سطحی دارند که با مقادیر کمی کلر تصفیه می‌شوند. اما آب‌های سطحی که آلوده‌تر و کدرتر هستند، به مراحل و فرایندهای پیچیده‌تری نیاز دارند. از طرفی اگر صنایع، کارخانه‌ها و... بدون رعایت موازین بهداشتی و زیست محیطی تخلیه فضولات را داشته باشند، باعث می‌شوند که آلودگی وارد محیط زیست شده و منابع طبیعی که از آن جمله منابع آب نیز می‌باشد را آلوده کرده و به منابع آب زیرزمینی و همچنین سطحی خسارت جبران ناپذیری وارد شود و سرمایه‌های ملی از دست برود. با حجم سنگین شونده‌ها، نیترات، فسفات، آلودگی‌های میکروبی، فلزات سنگین و مواد پرتوزا که از

فاضلاب آشپزخانه‌ها، سرویس‌های بهداشتی، مراکز صنعتی و بیمارستان‌ها و مراکز پزشکی و هسته‌ای که وارد طبیعت می‌شود، روز به روز وضعیت کیفی منابع آب شیرین در طبیعت حادث‌تر می‌گردد و نیاز است منابع آبی مطمئن تهیه و تصفیه‌خانه‌هایی با راندمان بالا طراحی و اجرا گردد تا از خسارت استفاده از آب‌های آلوده در جامعه کاسته شود. که در این کتاب در زمینه روند تصفیه آب و طراحی تصفیه‌خانه‌های آب بحث شده است.

نگارش این کتاب با تکیه بر مراجع اصلی و شناخته شده این رشته، یعنی کارهای پژوهشگران و اساتید برجسته تدوین یافته است و از یادداشت‌های موجود برای درس اصول مهندسی تصفیه آب و طراحی تصفیه‌خانه‌های آب شرب و صنعت که بیش از ۳۰ سال برای دانشجویان کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در دانشگاه‌های شیراز، صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی و دانشگاه آزاد اسلامی، حد سوم تحقیقات تهران و برخی دیگر از دانشگاه‌های کشور توسط مؤلف تدریس شده، استفاده شده است. در ضمن بسیاری از مطالب طراحی موجود در کتاب حاضر از تجربیات مؤلف در زمینه مشاوره و طراحی، برخی نظارت عالیه بر شماری از تصفیه‌خانه‌های آب که در برخی از استان‌های کشور انجام شده، می‌باشد. افزون بر تجربیات شخصی، از دیگر منابع نیز در نگارش این کتاب استفاده شده است که این منابع در پایان هر فصل از کتاب آورده شده است.

این کتاب شامل ۱۲ فصل و چهار پیوست است که در پیوست، مراحل کامل طراحی یک تصفیه‌خانه آب در یکی از شهرهای ایران آورده شده است و ۱۳ فصل عبارت است از گردش طبیعی آب در محیط زیست و روند آلودگی، مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب، مطالعات اولیه در طراحی تصفیه‌خانه آب، آبگیر و ایستگاه پمپاژ، طراحی واحدهای ته‌نشینی اولیه و هوادهی تصفیه‌خانه آب، آزمایش جار و اختلاط سریع، طراحی واحدهای انعقاد، لخته‌سازی و زلال‌سازی در تصفیه‌خانه آب، صافی‌های شنی در تصفیه آب، تصفیه آب یا گندزدایی آب، تصفیه شیمیایی آب (حذف سختی آب به روش‌های آهک و سودا و فرایض یونی)، سیستم‌های غشایی در تصفیه آب و آب شیرین‌کن‌ها، تصفیه آب‌های حاوی نیتрат، روش‌های مختلف تصفیه آهن و منگنز از آب و فلوئورید دار کردن آب.

از آنجا که وجود اشتباهات و کاستی‌ها، به ویژه در این زمینه، اجتناب‌ناپذیر بوده و هر نوشتاری بدون لغزش و اشکال نخواهد بود، بنابراین از خوانندگان، متخصصان، صاحب‌نظران و دانشجویان عزیز درخواست می‌کنم از هر گونه راهنمایی دریغ نفرمایند.

در پایان از مهندس ساناز مقصودی که در تدوین این کتاب همکاری کرده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم و نیز از همه کسانی که به گونه‌ای در حروف‌چینی و رسم شکل‌ها، در چاپ و صحافی و به ویژه در ویراستاری این کتاب سهمیم هستند، سپاس‌گزاری می‌کنم.

دکتر سید احمد میرباقری

استاد دانشکده مهندسی عمران

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی