

اصول و مبانی شیرین سازی آب های شور



گردآوری و تدوین:

دکتر بهمن یارقلی

عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

مهندس مهدی سرائی تبریزی

عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی،

تهران، ایران

مهندس فریمه امیدی

عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی،

تهران، ایران

سرشناسه	: یارقلی، بهمن، ۱۳۵۰ -
عنوان و نام پدیدآور	: اصول و مبانی شیرین سازی آب های شور/گردآوری و تدوین بهمن یارقلی، مهندس سرائی تبریزی، فریمه امیدی.
مشخصات نشر	: قم: آثار نفیس، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ج، ۴۱۱ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۲۵۰۰۰۰ ریال: 978-600-5299-68-7
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: آب های شور -- نمک زدایی
شناسه افزوده	: سرائی تبریزی، مهدی، ۱۳۶۱ -
شناسه افزوده	: امیدی، فریمه، ۱۳۶۳ -
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۲ الف۶/ی۴۷۹ TD
رده بندی دیویی	: ۶۲۸/۱۶۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۴۲ ۴۹۵

نام کتاب: اصول و مبانی شیرین سازی آب های شور
گردآوری و تدوین: دکتر بهمن یارقلی، مهندس سرائی تبریزی و

مهندس فریمه امیدی

چاپ اول: ۱۳۹۲

ناشر: انتشارات آثار نفیس

شابک:

ISBN- 978-600-5299-68-7

تیراژ: ۵۰۰ جلد

قیمت: ۲۵۰۰۰۰ ریال

کلیه حقوق برای مؤلف محفوظ می باشد.



فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	پیشگفتار
۳	فصل اول: نگرشی بر وضعیت آب در جهان
۵	منابع فصل اول
۷	فصل دوم : چگونگی نمکزدایی در سطح جهان
۷	۱. مقدمه
۹	۱. ۱ آب های شور و شرایط به کارگیری آنها
۱۱	۱. ۲ منابع و امکان دسترسی به آب های شور در کشور
۲۵	۱. ۳ معرفی اجمالی روش های شیرین سازی آب
۴۲	۲. تاریخچه نمکزدایی آب های شور
۴۸	۳. ظرفیت تصفیه خانه های نمکزدایی در سطح جهان
۴۸	۳. ۱ پیش بینی رشد بازار نمکزدایی
۴۹	۳. ۲ ظرفیت جهانی بر اساس نوع منبع آب
۵۰	۳. ۳ ظرفیت جهانی بر اساس روش های مورد استفاده
۵۱	۳. ۴ ظرفیت جهانی بر اساس نوع مصرف
۵۲	۳. ۵ ظرفیت جهانی بر اساس ظرفیت تصفیه خانه ها و آب شیرین کن ها
۵۳	۳. ۶ هزینه ها و نیاز انرژی فرایندهای نمکزدایی
۵۵	۳. ۷ هزینه های اقتصادی سامانه های شیرین سازی آب
۶۱	۴. وضعیت آب شیرین کن ها از دیدگاه منطقه ای
۶۳	۴. ۱ منطقه شاخاب پارس
۶۳	۴. ۲ دریای سرخ

۳.۴	دریای مدیترانه	۶۴
۴.۴	سایر مناطق	۶۸
۵.۴	ملاحظات و پتانسیل های استفاده از سامانه های شیرین سازی آب در	
۷۰	استان های کشور	
۵.۷۹	مشخصات منابع آبی دریایی ایران	
۵.۷۹	۱. دریای مازندران	
۵.۸۴	۲. شاخاب پارس	
۵.۸۶	۳. دریای عمان	
۶.۸۷	اثرات زیست محیطی نمک زدایی آب دریا	
۶.۸۸	۱. ورودی ها	
۶.۸۹	۲. خروجی ها	
۶.۹۸	۳. نیاز انرژی	
۶.۱۰۱	۴. کاهش اثرات زیست محیطی	
۷.۱۰۹	خلاصه و جمع بندی	
۷.۱	مسائل و مشکلات سامانه های شیرین سازی آب و عوامل موثر در آن	
۱۱۲	در کشور	
۷.۱۱۳	۲. راهبردهای پیشنهادی جهت حل مسائل آب شیرین کن ها	
۱۱۴	منابع فصل دوم	
۱۱۷	فصل سوم: وضعیت جهانی بازیافت آب	
۱۱۷	۱. مقدمه	
۱۱۹	۲. تاریخچه مختصری از کاربردهای استفاده مجدد	
۱۲۰	۳. سیمای کلی بازیافت آب	

۱۲۱.....	۳. ۱ بازیافت آب در ایالات متحده آمریکا
۱۳۱.....	۳. ۲ بازیافت آب در آسیا
۱۳۴.....	۳. ۳ بازیافت آب در اروپا
۱۳۶.....	۳. ۴ بازیافت آب در استرالیا
۱۳۹.....	۳. ۵ بازیافت آب در دیگر بخش‌های جهان
۱۴۱.....	۴. نتیجه‌گیری‌ها و چالش‌های بیش‌تر
۱۴۳.....	منابع فصل سوم
۱۴۷.....	فصل چهارم: ۱. سمز معکوس و تقطیر غشایی
۱۴۷.....	۱. ۱. اسمز معکوس
۱۴۷.....	۱. ۱. مقدمه
۱۴۹.....	۱. ۲ ترکیب غشاها
۱۵۱.....	۱. ۳ نیروهای انتقال
۱۵۲.....	۱. ۴ انواع غشاهای اسمز معکوس
۱۵۵.....	۱. ۵ علل رایج گرفتگی غشاها
۱۶۱.....	۱. ۶ تخمین گرفتگی غشاها
۱۶۳.....	۱. ۷ کنترل گرفتگی
۱۶۵.....	۱. ۸ کاربردها
۱۶۸.....	۱. ۹ مدل‌های انتقال
۱۶۸.....	۲. تقطیر غشایی
۱۶۸.....	۲. ۱ مقدمه
۱۶۹.....	۲. ۲ دسته‌بندی تقطیر غشایی
۱۷۱.....	۲. ۳ انتقال جرم در روش‌های تقطیر غشایی

۱۷۵.....	۲. ۴. غشاها و طرح های تقطیر غشایی
۱۷۵.....	۲. ۴. ۱ غشاهایی که در تقطیر غشایی به کار می روند
۱۷۶.....	۲. ۴. ۲ طرح های تقطیر غشایی
۱۷۸.....	۲. ۵. کاربردهای تقطیر غشایی
۱۷۸.....	۲. ۵. ۱ گرفتگی غشاها
۱۷۹.....	۲. ۵. ۲ پاک سازی
۱۷۹.....	۲. ۶. مزایای تقطیر غشایی
۱۷۹.....	منابع فصل چهارم
۱۸۳.....	فصل پنجم: انرژی گرادیان شوری
۱۸۳.....	۱. مقدمه
۱۸۴.....	۲. محاسبات تئوری گرادیان انرژی
۱۸۹.....	۳. اسمز با فشار تدریجی (پلکانی)
۱۸۹.....	۳. ۱ مقدمه
۱۹۱.....	۳. ۲ مبانی
۱۹۵.....	۳. ۳ غشاءها برای اسمز با فشار تدریجی (پلکانی)
۲۰۰.....	۳. ۴ طراحی فرآیند
۲۰۲.....	۳. ۵ تست در مقیاس پایلوت و واقعی
۲۰۸.....	۴. تصفیه الکتریکی معکوس
۲۰۸.....	۴. ۱ مقدمه
۲۰۹.....	۴. ۲ مبانی
۲۱۱.....	۴. ۳ غشاءهایی برای RED
۲۲۱.....	۴. ۴ طراحی فرآیند و سامانه

۲۲۵.....	۳. ۵ آزمایش در مقیاس پایلوت و واقعی
۲۲۸.....	۴. نتیجه‌گیری نهایی
۲۲۹.....	منابع فصل پنجم
۲۳۳.....	فصل ششم: فرآیندهای تبادل یونی غشایی در تصفیه آب
۲۳۳.....	۱. مقدمه
۲۳۴.....	۱. ۱ معانی عبارت‌ها و تشریح فرآیندهای الکتروغشایی
۲۳۵.....	۱. ۲ اصول فرآیندهای غشاهای تبادل یونی
۲۴۶.....	۲. انتقال یون‌ها در غشاها و محلول‌ها
۲۴۶.....	۲. ۱ جریان الکتریکی در محلول‌های الکترولیت و قانون اهم
۲۴۸.....	۲. ۲ انتقال جرم در غشاهای تبادل یونی و محلول‌های الکترولیت
۲۵۴.....	۳. طرز تهیه و ویژگی‌های غشاهای تبادل یونی
۲۵۵.....	۳. ۱ تهیه غشاهای تبادل یونی
۲۶۱.....	۴. طراحی فرآیندهای تصفیه با استفاده از غشاهای تبادل یونی
۲۶۱.....	۴. ۱ فرآیند تصفیه الکتریکی و تصفیه سیستم
۲۷۵.....	۴. ۲ تصفیه الکتریکی با غشاهای دو قطبی
۲۷۹.....	۴. ۳ غیر یونی نمودن الکتریکی مداوم
۲۸۲.....	۴. ۴ سایر فرآیندهای تصفیه غشایی الکتریکی
۲۸۲.....	۵. کاربرد فرآیندهای تصفیه با غشاهای تبادل یونی
۲۸۳.....	۵. ۱ کاربردهای تصفیه الکتریکی
۲۸۷.....	۵. ۲ کاربرد تصفیه الکتریکی با غشاهای دو قطبی
۲۹۱.....	۵. ۳ کاربرد تصفیه پخشیدگی

۲۹۲.....	۵. ۴ کاربردهای غیر یونی نمودن مداوم
۲۹۳.....	فهرست نمایه ها
۲۹۳.....	حروف لاتین
۲۹۴.....	حروف یونانی
۲۹۴.....	زیرنویس ها
۲۹۴.....	بالانویس ها
۲۹۵.....	منابع فصل ششم
فصل هفتم: تصفیه شوراب (پساب غلیظ شده) برای تخلیه در اراضی غیر	
۲۹۷.....	ساحلی
۲۹۷.....	۱. مقدمه
۲۹۷.....	۲. سابقه
۲۹۹.....	۳. تولید شوراب
۳۰۳.....	۴. فناوری های تصفیه شوراب حاصل از RO
۴. ۱ کنترل کاتیونی به هنگام غیر معدنی نمودن شوراب به متوسط	
۳۰۳.....	(ICD)
۳۰۵.....	۴. ۲ کنترل آنیونی به هنگام کاهش بیولوژیکی سولفات
۳۱۰.....	۴. ۳ جداسازی فیزیکی بارهای الکتریکی
۳۱۸.....	۴. ۴ فرآیندهای حرارتی
۳۲۴.....	۴. ۵ سایر فناوری های مورد استفاده برای تصفیه شوراب
۳۲۵.....	۵. جمع بندی
فصل هشتم: نگرش جامعه؛ آب بازیافتی یا آب شیرین شده	
۳۳۳.....	۱. مقدمه

۳۳۴.....	۲. کارهای پیشین.....
۳۳۵.....	۳. روش‌شناسی.....
۳۳۵.....	۳. ۱ کار میدانی اجرایی.....
۳۳۵.....	۳. ۲ پرسش‌نامه.....
۳۳۶.....	۳. ۳ تحلیل داده‌ها.....
۳۳۶.....	۴. نتایج.....
۳۴۴.....	۵. نتیجه‌گیری.....
۳۴۶.....	منابع فصل هشتم.....
	فصل نهم: نتیجه‌گیری و خلاصه‌ای از چالش‌های شیرین‌سازی و
۳۴۹.....	بازیافت آب.....
۳۴۹.....	۱. چالش‌های موجود در شیرین‌سازی.....
۳۵۱.....	۲. چالش‌های پیش‌رو در استفاده مجدد از آب.....
۳۵۳.....	۳. نیازهای میانبر.....
۳۵۳.....	۳. ۱ اجرای فرآیندهای جدید (اسمز رو به جلو (اسمز پیش‌رونده یا اسمز مستقیم)).....
۳۵۳.....	۳. ۲ انرژی.....
۳۵۴.....	۳. ۳ استنباط عمومی.....
۳۵۵.....	منابع فصل نهم.....
۳۵۹.....	پیوست‌ها.....

پیشگفتار

آب از ضروری‌ترین عوامل توسعه جوامع انسانی بوده و ایران از جمله کشورهایی است که تأمین آب برای مصارف مختلف از دغدغه‌های مهم دولت‌مردان در راستای توسعه پایدار محسوب می‌شود. تاکنون حجم قابل توجهی از منابع آبی کشور به دلیل کیفیت پایین، مورد استفاده قرار نگرفته و یا در استفاده از آن‌ها ضوابط و معیارهای زیست‌محیطی لحاظ نگردیده است. اما باور این است که بخشی از این منابع که مشکلات کیفی کم‌تری داشته یا مشکلات آن‌ها با اتخاذ روش‌های کاربری مناسب قابل اغماض می‌باشد، باید با در نظر گرفتن مسایل زیست‌محیطی در برنامه‌های توسعه و بهره‌وری منابع آب گنجانده شوند. اهمیت این موضوع منجر به توجه بیش‌تر مسئولین و متولیان امر به این منابع و تدوین نشریات و گزارشات تخصصی تحت عناوین مختلف در زمینه مصارف این منابع گردیده است که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- ضوابط زیست‌محیطی استفاده از آب‌های برگشتی و پساب‌ها (نشریه ۵۳۵)
- نظام‌نامه استاندارد آب و آبفا
- راهنمای انتخاب و تأمین تصفیه فاضلاب‌های شهری
- نظام‌نامه پایش کیفی پساب خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری به منظور استفاده مجدد در مصارف کشاورزی
- معیارهای کیفی آب آشامیدنی
- راهنمای بهره‌برداری و نگهداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری
- دستورالعمل اندازه‌گیری و ثبت پارامترها در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و پردازش آن

نکته مهم در زمینه استفاده از منابع آب نامتعارف، منابع آبی شور و لب‌شور می‌باشد که از حجم قابل توجهی برخوردار بوده و محدودیت کیفی اصلی آن فاکتور شوری می‌باشد. این منابع با توجه به گستره وسیع و حجم قابل توجهی که دارند می‌توانند نقش حیاتی در تأمین آب مورد نیاز کشور در وضع موجود و آتی داشته باشند. در این کتاب اصول و مبانی شیرین‌سازی این منابع و همچنین روش‌های نمک‌زدایی این آب‌ها مورد توجه قرار گرفته و به تفصیل مورد بررسی واقع شده است. با وجود این که بیش از ۷۰ درصد سطح کره زمین را آب پوشانده است، اما تنها ۳ درصد این آب‌ها شیرین هستند که از این مقدار بیش از دو سوم آن به‌صورت یخ زده در قطب‌ها و یا بر فراز قله‌های مرتفع بوده و قابل استفاده مستقیم بشر نیستند. در واقع فقط یک قسمت از ۷۰۰ قسمت حجم آب کره، شیرین بوده و به‌صورت رودخانه‌ها و دریاچه‌ها مهم‌ترین منابع آب سطحی مورد بهره‌برداری روی زمین را تشکیل

می دهند. لذا با توجه به رشد روز افزون جمعیت، افزایش نیاز به آب برای مصارف مختلف و محدودیت منابع آب شیرین، نمک زدایی از منابع عظیم آب های شور و لب شور برای مصارف مختلف در سطح کشور، اجتناب ناپذیر محسوب می شود.

فناوری شیرین سازی آب و سامانه های شیرین سازی در پنجاه سال گذشته با پیشرفت های قابل ملاحظه ای همراه بوده است. ۳۹ درصد جمعیت کره زمین در مناطقی زندگی می کنند که فاصله ای کمتر از ۱۰۰ کیلومتر با دریا دارند و تراکم جمعیت در مناطق ساحلی بیش از سه برابر میانگین جهانی است. پیش بینی می شود تا سال ۲۰۲۵ آب مورد نیاز بیش از ۶۰ درصد جمعیت کره زمین، از طریق فرآیندهای شیرین سازی تأمین شود. در بسیاری از مناطق جهان به ویژه خاورمیانه از روش های شیرین سازی آب دریا برای تولید آب مورد نیاز مصارف شرب، بهداشت، صنعت و کشاورزی استفاده می شود. البته شیرین سازی آب های شور و لب شور موانع و مشکلاتی همچون صرف انرژی زیاد و همچنین مسائل زیست محیطی را در بر دارد که استفاده گسترده از این روش ها را محدود نموده و باید همواره با ملاحظات ویژه ای صورت پذیرد. به طور کلی کشورهایی که در محدوده مدارهای ۱۵ تا ۴۵ درجه در نیمکره شمالی قرار دارند به طور طبیعی و به لحاظ شرایط اقلیمی حاکم در این ناحیه از بارش های اندکی برخوردارند و به اصطلاح روی کمر بند خشک قرار دارند. ۶۵ کشور دنیا در این ناحیه قرار دارند و کم و بیش با محدودیت منابع آب شیرین مواجه هستند. کشور ایران با واقع شدن در محدوده جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی در بین محدوده خشک قرار گرفته است و به طور عمومی از بارندگی اندک با میانگین ۲۵۰ میلی متر در سال برخوردار است. این در حالی است که با رشد جمعیت و لزوم توسعه همه جانبه، بیش از پیش نیاز به منابع آب قابل استفاده در شرب، صنعت و کشاورزی احساس می شود. از طرف دیگر تقریباً حداکثر استحصال از منابع آب های سطحی به عمل می آید و برداشت از منابع زیرزمینی نیز بیش از روند تجدید آن می باشد. لذا ضروری است به سرعت و با برنامه ریزی دقیق و بلند مدت به سوی استفاده از منابع آبی جدید جایگزین گام برداریم.

این کتاب در نه فصل با مروری بر وضعیت آب و نمک زدایی در جهان، وضعیت جهانی بازیافت آب، معرفی تفصیلی روش های مختلف نمک زدایی، تصفیه پساب حاصل از فرآیندهای نمک زدایی، نگرش و رویکرد جامعه در مورد استفاده از آب حاصل از فرایند نمک زدایی، به صورت کاربردی و گام به گام اصول و مبانی فرآیندها و سامانه های شیرین سازی آب در جهان و ایران را مورد بررسی قرار داده است.