

کاربرد اشعه فرا بنفش در بهسازی آب و فاضلاب

ترجمه

مهندس محمد مشکینی

(جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر)

مهندس عبدالله سمیعی بیرق

(جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر)

دکتر احمد خدادادی دریان

(دانشیار مهندسی محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس)

تألیف

Willy J Masschelein

سرشناسه	ماسکلین، دبلیو. جی. - ۱۹۳۶ - م.
عنوان و نام پدیدآور	Masschelein, W. J. کاربرد اشعه فرابنفش در بهسازی آب و فاضلاب / تألیف [دبلیو. ماسکلین، ریپ جی. راپس]: ترجمه محمد مشکینی. عبدالله سمیعی بیرق. احمد خدادادی دریان.
مشخصات نشر	تهران: متالون، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	۲۵۸ ص. [۱۴]ص. تصویر: مصور، جدول.
شابک	978-600-6374-12-3 : ۱۲۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	عنوان اصلی: Ultraviolet light in water and wastewater sanitation, 2002
موضوع	آب -- تصفیه -- تشعشع ماورای بنفش
موضوع	فاضلاب -- تصفیه -- تشعشع ماورای بنفش
شناسه افزوده	راپس، ریپ جی.
شناسه افزوده	Rice, Rip G.
شناسه افزوده	مشکینی، محمد. - ۱۳۶۲ - مترجم
شناسه افزوده	سمیعی بیرق، عبدالله. - ۱۳۵۲ - مترجم
شناسه افزوده	خدادادی دریان، احمد. - ۱۳۳۶ - مترجم
رده بندی کنگره	۱۳۹۲ - ۶۰۲ - TD۶۰
رده بندی دیویی	۶۲۸/۱۶۶۲
شماره کتابشناسی ملی	۳۰۸۷۹۷۵

متالون

• نام کتاب	کاربرد اشعه فرابنفش در بهسازی آب و فاضلاب
• تألیف	Willy. J. Masschelein
• ترجمه	مهندس محمد مشکینی، مهندس عبدالله سمیعی بیرق، دکتر احمد خدادادی دریان
• نوبت چاپ	اول
• سال چاپ	۱۳۹۲
• شمارگان	۵۰۰ نسخه
• قیمت	۱۲۰۰۰۰ ریال
• چاپخانه	اصیل
• شابک	ISBN: 978-600-6374-12-3 ۹۷۸-۶۰۰-۶۳۷۴-۱۲-۳
• آدرس مرکز بخش: تهران - خیابان حافظ - روبروی سمیه - دانشگاه صنعتی امیرکبیر	
تلفن کتابفروشی: ۶۶۴۶۵۳۹۲ (دفتر) ۸۸۸۹۵۹۶۹ فاکس ۶۶۹۵۰۹۸۲	

فصل اول مقدمه.....	۱
۱.۱ سابقه استفاده از اشعه فرابنفش در تصفیه آب آشامیدنی.....	۲
۲.۱ آیین نامه‌های و استانداردهای موجود.....	۶
۳.۱ تعریف اشعه ماوراءبنفش: محدوده و منابع طبیعی تولید آن.....	۹
۱.۳.۱ تعریف اشعه ماوراءبنفش.....	۹
۲.۳.۱ محدوده امواج فرابنفش.....	۱۱
۳.۳.۱ ضدعفونی کردن آب با استفاده از اشعه فرابنفش.....	۱۳
۴.۱ انرژی تابشی خورشید.....	۱۴
فصل دوم فناوری لامپ‌های تولید اشعه فرابنفش.....	۱۷
۲.۱ کلیات.....	۱۷
۲.۲ لامپ‌های جیوه.....	۱۸
۱.۲.۲ اثر گاز پرکننده: مخلوط پنینگ.....	۲۰
۲.۲ لامپ‌های تجاری موجود در حال حاضر.....	۲۳
۱.۳.۲ فناوری لامپ‌های فشار پایین جیوه.....	۲۳
۲.۳.۲ لامپ‌های فشار متوسط.....	۲۳
۳.۳.۲ لامپ‌های فشار بالای جیوه.....	۲۴
۴.۲ فناوری لامپ‌های موجود.....	۲۴
۱.۴.۲ فناوری لامپ‌های فشار پایین جیوه.....	۲۵
۱.۱.۴.۲ اصول کلی.....	۲۵
۲.۱.۴.۲ سیستم تغذیه الکتریکی.....	۲۸
۳.۱.۴.۲ عوامل موثر بر شدت تابش.....	۳۰

۱,۲,۳	منحنی اثر میکروب کشی	۹۷
۲,۲,۳	مکانیزم ضدعفونی کردن	۹۷
۳,۲,۳	احتمال تأثیر بر روی پروتئین ها و اسیدهای آمین	۱۰۳
۱,۳,۲,۳	جذب اشعه توسط پروتئین باکتری چه چیزی را نشان می دهد؟	۱۰۵
۲,۲,۲,۳	نتیجه گیری	۱۰۷
۴,۲,۳	بررسی کارایی میکروب کشی لامپ ها	۱۰۹
۳,۳	مفهوم کارایی - مقدار تابش اشعه	۱۱۰
۱,۳,۳	معادلات اصلی	۱۱۰
۲,۲,۳	روش های تعیین میزان تابش اشعه کشنده	۱۱۳
۱,۲,۳,۳	روش موازی ساز	۱۱۳
۲,۲,۳,۳	تصحیح اندازه ظرف قرار گرفته در معرض اشعه فرابنفش	۱۱۴
۳,۲,۳,۳	راکتورهای بستر کم عمق	۱۱۷
۳,۳,۳	مقادیر گزارش شده D_{10}	۱۱۸
۴,۳,۳	اثر دمای آب	۱۲۲
۴,۳	ارگانیزم های آزمایش معرف	۱۲۴
۵,۳	اثرات رقابتی در ضدعفونی کردن آب توسط امواج فرابنفش	۱۲۵
۱,۵,۳	رقابت بر سر جذب توسط اجزاء تشکیل دهنده آب آشامیدنی	۱۲۵
۲,۵,۳	پارامترهای راهنما	۱۲۵
۳,۵,۳	اهمیت اجزاء محلول	۱۲۸
۴,۵,۳	استفاده از تداخل نوری ساختگی برای انجام تحقیقات	۱۳۰
۶,۳	مالتی هیت، مالتی سایت و تشریح مرحله ای مفهوم میکروب کشی	۱۳۲
۷,۳	فاکتورهای طراحی شکل راکتور	۱۳۹
۱,۷,۳	کلیات	۱۳۹

۱۴۱	۲.۷.۳. راکتورهای تک لامپی
۱۴۸	۳.۷.۳. راکتورهای چند لامپی
۱۵۵	۸.۳. شرایط اختلاط در تصفیه آب با اشعه فرابنفش
۱۵۵	۱.۸.۳. اصول اولیه
۱۵۹	۲.۸.۳. شرایط هیدرولیکی
۱۶۰	۲.۸.۳. آزمایش جریان، درون اجزاء راکتور
۱۶۱	۴.۸.۳. نصب لامپ‌ها در حالت طولی یا عمود
۱۶۲	۹.۳. کنترل عملیاتی بازده
۱۶۲	۱.۹.۳. کنترل مستقیم
۱۶۳	۲.۹.۳. پایش دائمی
۱۶۶	۳.۹.۳. کنترل دوره‌ای
	۱۰.۳. پرسشنامه طراحی عملی واحدهای ضد عفونی کردن با اشعه فرابنفش برای آب آشامیدنی
۱۶۸	
۱۶۸	۱.۱۰.۳. کلیات
۱۶۹	۲.۱۰.۳. تعریف بازده مورد نیاز
۱۷۱	۳.۱۰.۳. پارامترهای فنی و اجرایی
۱۷۱	۱.۳.۱۰.۳. معرفی کلی طرح
۱۷۲	۲.۳.۱۰.۳. ضمانت
۱۷۳	۳.۳.۱۰.۳. موارد هزینه
۱۷۳	۴.۳.۱۰.۳. منابع
۱۷۴	۵.۳.۱۰.۳. موارد دیگر
۱۷۴	۱۱.۳. مثال
۱۷۴	۱.۱۱.۳. چشمه دویاویلون در اسپونتین بلژیک

۱۷۸	۲،۱۱،۳. ایمپریا، ایتالیا
۱۷۸	۳،۱۱،۳. زویندرک، هلند
۱۷۸	۴،۱۱،۳. روسترن، هلند
۱۷۸	۵،۱۱،۳. مری سور ایس، فرانسه
۱۸۳	فصل چهارم استفاده از امواج فرابنفش در فرآیند همافزایی اکسیداسیون فتوشیمیایی برای بهینه‌سازی آب
۱۸۳	۱،۴ اصول کلی
۱۸۳	۱،۱،۴. کلیات
۱۸۹	۲،۱،۴. مشخصات رادیکال‌های $\bullet\text{OH}$ مربوط به بحث تصفیه آب
۱۹۲	۳،۱،۴. تحلیل نقش رادیکال‌های $\bullet\text{OH}$ در تصفیه آب
۱۹۴	۴،۴،۴. واکنش رادیکال‌های هیدروکسیل با ترکیبات آلی در محلول آبی
۱۹۴	۱،۴،۱،۴. تشکیل مجدد پراکسید هیدروژن
۱۹۴	۲،۴،۱،۴. جدایش هیدروژن
۱۹۵	۳،۴،۱،۴. افزایش الکترون دوستی
۱۹۶	۴،۴،۱،۴. واکنش‌های انتقال الکترون به صورت زیر است
۱۹۶	۲،۴. به کارگیری هم‌زمان پراکسید هیدروژن و امواج فرابنفش
۱۹۶	۱،۲،۴. کلیات
۲۰۰	۲،۲،۴. اثر غلظت یون‌های نیتрат
۲۰۴	۳،۲،۴. اطلاعات و داده‌های مربوط به همافزایی اکسیداسیون اشعه فرابنفش توسط پراکسید هیدروژن
۲۰۶	۳،۴. همافزایی اوزون و اشعه فرابنفش در بهسازی آب
۲۰۶	۱،۳،۴. تجزیه اوزون با تابش اشعه فرابنفش
۲۰۹	۲،۳،۴. شواهد تجربی

۲۰۹	۱.۲.۳.۴. سیستمهای مخلوط فازی.....
۲۰۹	۲.۲.۳.۴. سیستمهای همگن فازی.....
۲۱۲	۳.۳.۴. هزینه ها.....
۲۱۲	۴.۳.۴. تولید اوزون توسط تابش اشعه فرابنفش بر اکسیژن (یا هوا).....
۲۱۴	۴.۴. فرایندهای کاتالیزوری فرابنفش.....
	۵.۴. فواین تجربی طراحی برای فرایندهای همافزایی اکسیداسیون توسط اشعه فرابنفش
۲۱۶	
۲۲۱	فصل پنجم کاربرد امواج فرابنفش در بهینه‌سازی فاضلاب.....
۲۲۲	۱.۵. مقررات و راهمایی‌های لازم برای ضدعفونی کردن فاضلاب تصفیه شده.....
۲۲۶	۲.۵. خصوصیات کلی مربوط به ضدعفونی کردن فاضلاب‌های با اشعه فرابنفش.....
۲۳۱	۳.۵. احیا مجدد و رشد باکتری‌ها پس از ضدعفونی کردن فاضلاب توسط اشعه فرابنفش.....
۲۳۵	۴.۵. دوز های به کار رفته از اشعه فرابنفش در ضدعفونی کردن فاضلاب.....
۲۳۹	۵.۵. انتخاب نوع لامپ برای ضدعفونی کردن فاضلاب.....
۲۴۱	۶.۵. سمیت و تولید محصولات جانبی.....
۲۴۲	۷.۵. نتایج اولیه از ضدعفونی کردن فاضلاب توسط اشعه فرابنفش.....
۲۴۳	۸.۵. مثال.....
۲۴۵	فصل ششم نتیجه‌گیری.....
۲۴۷	مراجع:.....



شرکت آب و فاضلاب روستایی کردستان

یکی از ارکان مهم، تامین سلامت و بهداشت عمومی، ارائه آب سالم و بهداشتی در جوامع است. با توجه به گزارش‌های مستند سازمان‌های بین‌المللی و داخلی، کاملاً واضح است که درصد بالایی از بیماری‌ها ارتباط مستقیمی با آب شرب و آب مصرفی دارد. بنابراین، توجه به تاسیسات آبرسانی به خصوص تصفیه‌خانه‌های آب سیار حائز اهمیت است. برای حفظ بهداشت و سلامتی و نیز عدم آلودگی محیط، جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌های تولیدی در هر اجتماع ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. یکی از مهم‌ترین مراحل مدیریت فاضلاب مرحله تصفیه است. امروزه پساب حاصل از تصفیه فاضلاب به عنوان یک منبع ثانویه ارزشمند کاربرد فراوانی دارد.

امروزه استفاده از اشعه UV با توجه به مزایای زیست محیطی آن به عنوان یک عامل ضدعفونی‌کننده در تصفیه آب و فاضلاب در حال گسترش می‌باشد. به‌طور کلی عملکرد سیستم‌های فرابنفش بنفش در ضدعفونی آب و فاضلاب شامل تولید اشعه فرابنفش با طول موج ۲۵۴ نانومتر توسط لامپ جیوه فشار پایین و یا خروجی چندرنگی با طول موج ۲۰۰ نانومتر تا امواج مادون قرمز و مرئی توسط لامپهای UV با فشار متوسط می‌باشد.

در این زمینه یکی از وظایف مهم و بزرگ شرکت‌های آب و فاضلاب تهیه و تامین آب شرب و تصفیه فاضلاب به بهترین شکل است. به همین منظور و در جهت نیل به اهداف طولانی مدت شرکت در این زمینه بر آن شدیم تا بستر مناسبی را جهت حمایت از تحقیقات و ترجمه متون مناسب در این زمینه فراهم نماییم و گامی هر چند کوچک در این راستا برداشته باشیم. کتاب حاضر یکی از منابع علمی موجود در زمینه تصفیه آب و فاضلاب می‌باشد. امید است نیروهای جوان در حوزه‌های علمی، عملی، آموزشی و اجرایی از نکات ارزنده این کتاب بهره‌جسته و در پیشبرد برنامه‌های تامین و تصفیه آب و فاضلاب گام مهمی بردارند.

رحمن رحیمی

رئیس هیئت مدیره و مدیر عامل



شرکت آب و فاضلاب روستایی کردستان

حفظ بهداشت و سلامت محیط و پایداری زیست محیطی شرط‌های نخستین حفظ جامعه انسانی می‌باشد. سلامت تعیین کننده بقای بشریت و ایجاد کننده بستری مناسب برای زندگی است. فرایندهای تصفیه آب و فاضلاب ایجاد کننده شرایط بهداشتی برای محیط زیست است. لذا دقت نظر در خصوص تأثیرات سوء فرایندها از اهمیت خاصی دارد. در ۵ تا ۲۰ سال اخیر با توجه به زایش جمعیت و افزایش بیشتر برای منابع آب و همچنین نیاز به تصفیه و بازیابی آب-های موجود؛ مسئله پساب‌ها از اهمیت خاصی برخوردار شده است. گندزدایی به عنوان مهم ترین مرحله از مکانیسم غیر فعال سازی با ایجاد میکروب‌های بیماری زا (پاتوژن‌ها) محسوب می‌شود که به منظور جلوگیری از انتشار بیماری‌های ناشی از آلودگی آب‌ها در محیط زیست و ساکنین حریم رودخانه‌ها به کار می‌رود.

کاربرد پرتو فرابنفش به عنوان یک روش ضدعفونی کننده فیزیکی در تصفیه منابع آب و فاضلاب به طور مستقل و یا به عنوان مکمل سایر روش‌ها از دیرباز مورد توجه بوده است. کتاب حاضر با استناد به مراجع معتبر، استانداردها و انکاب به تجارب مترجمین محترم جهت استفاده جامعه متخصصین آب و فاضلاب و محیط زیست با حمایت شرکت آب و فاضلاب روستایی استان کردستان چاپ گردیده است. امیدواریم سایر متخصصان محققین نیز با اتکا به تجارب و دانش خود نسبت به توسعه دانش اهتمام ورزند.

جمشید زرین

معاونت طرح و توسعه



شرکت آب و فاضلاب روستایی کرمان

وضعیت صنعت آب و فاضلاب کشور در سال‌های پس از انقلاب اسلامی و مقایسه آن با وضعیت کنونی صنعت نشان از پشتکار مسولان و اهمیت این مقوله برای رسیدن به اهداف توسعه‌ای در کشور دارد. هر چند امروزه میزان دسترسی به آب سالم و بهداشتی به عنوان یکی از شاخص‌های مهم توسعه یافتگی محسوب می‌شود، اما نمی‌توان از نظر دور دانست که دستیابی به آن با مشکلاتی انکارناپذیر روبرو است.

در بسیاری از مناطق که منابع آب سالم قابل دسترسی برای تامین نیازهای آبی کافی نیست، نباید به آبی که یک بار مصرف و سپس از جوامع انسانی جمع‌آوری شده است به منزله فضولات دفع شدنی نگریست، بلکه باید آن را منبعی قابل استفاده تلقی کرد. با عنایت به تجربه کمبود آب در بسیاری از مناطق کشور، انتظار می‌رود که این مفهوم به طور گسترده‌ای پذیرفته شده و اجرایی شود. بحث کاربرد پرتو فرابنفش حدود یک قرن است که مورد توجه قرار گرفته و گندزدایی بوسیله این پرتو را می‌توان استفاده از یک روش طبیعی پنداشت چرا که در طبیعت و در نور خورشید نیز گندزدایی به‌طور طبیعی انجام می‌شود.

بر همین اساس در راستای افزایش اطلاعات فنی و تخصصی کارشناسان صنعت آب و فاضلاب کشور، این شرکت توسط چند تن از مترجمین خبره در این رشته اقدام به چاپ کتاب حاضر با عنوان "کاربرد اشعه فرابنفش در بهسازی آب و فاضلاب" نموده است. امید است که با مستند سازی فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی و در دسترس بودن آن به صورت عمومی هر روز شاهد ترقی سطح دانش در صنعت آب و فاضلاب باشیم.

برای همه محققان و اندیشمندان و کارشناسان پویا و فعال کشور آرزوی موفقیت می‌نماییم.

خالد سلطانی

معاونت نظارت بر بهره‌برداری

با استناد به کتاب‌های (الیس^۱، ۱۹۴۱؛ جاگر^۲، ۱۹۶۷؛ گولرم^۳، ۱۹۷۴؛ کیفر^۴، ۱۹۷۷؛ فیلیپس^۵، ۱۹۸۳؛ بران^۶، ۱۹۸۶) و برخی مقالات مروری مرتبط با کاربرد اشعه فرابنفش در تصفیه آب و همچنین کتاب‌هایی (گلزهاوسر^۷، ۱۹۸۵ و ماسکلین^۸، ۱۹۹۱، ۱۹۹۶) با موضوع استفاده از تشعشعات فرابنفش و استفاده صنعتی از آن در تصفیه و حذف آلودگی‌ها از آب و یا به طور کلی کاربردهای آن، کتاب‌های محدودی در دسترس می‌باشد.

مطالعات کلی و اسناد مروری اندکی نیز وجود دارد که شامل (جاپسون^۹، ۱۹۷۳؛ دیپارتمان تجارت آمریکا، ۱۹۷۹؛ اسکیل^{۱۰}، ۱۹۸۵؛ گلزهاوسر، ۱۹۸۵؛ ماسکلین، ۱۹۹۱، ۱۹۹۶؛ مجله تخصصی تأمین آب، ۱۹۹۲) هستند. فدراسیون جهانی آب‌های محیطی در سال ۱۹۹۷ گزارشی منتشر کرد که در آن به طور وسیعی به استفاده از اشعه فرابنفش در ضدعفونی کردن آب اشاره شده است.

استفاده از آلوده کننده‌های حیوانی به عنوان یک روش بررسی، نشان داد که کریپتوسپریودیوم پارووم^{۱۱} در آب به مقدار زیادی توسط تابش اشعه فرابنفش غیر فعال می‌شود (جزئیات بیشتر در فصل ۳، جدول ۹). کشف این خاصیت، اشعه فرابنفش را به عنوان اولین پتانسیل برای تصفیه آب آشامیدنی مطرح کرده است.

در سال ۱۹۹۹ آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا (EPA) کارگاه آموزشی درباره ضدعفونی کردن آب با اشعه فرابنفش برگزار کرد. در دسامبر سال ۲۰۰۰، انستیتو ملی

¹. Ellis

4. Kiefer

7. Gelzhäuser

10. Scheible

2. Jagger

5. Phillips

8. Masschelein

11. *Cryptosporidium parvum*

3. Guillerme

6. Braun

9. Jepson

تحقیقات آب (NWRI) با همکاری بنیاد هماهنگی تحقیقات آب آمریکا (AWWARF)، کتاب راهنمای ضد عفونی کردن آب آشامیدنی با استفاده از اشعه فرابنفش را منتشر کردند.

در ژوئن سال ۲۰۰۱ انجمن بین‌المللی اشعه فرابنفش (IUVA) اولین کنگره بین‌المللی را با عنوان فناوری اشعه فرابنفش برگزار کرد و مجموعه مقالات این کنفرانس شامل تعداد زیادی مقاله در موضوع تصفیه آب آشامیدنی با استفاده از تابش فرابنفش است. همچنین مقالات زیادی وجود دارد که اغلب آنها کم و بیش از نظر تجاری دیدگاه‌های خود را درباره کاربرد اشعه فرابنفش در تصفیه آب بیان کرده‌اند.

کتاب حاضر در کنار بررسی موضوع تصفیه آب، به مبحث حذف آلوده کننده‌های میکروبی مقاوم نیز می‌پردازد. از سویی دیگر در حال حاضر هیچ گزارش واحدی که معلومات کاملی درباره چگونگی طراحی، بررسی کارایی و چشم اندازی برای کاربرد این روش ارائه بدهد در دسترس نیست. بنابراین هدف اصلی این کتاب گردآوری اطلاعات پایه‌ای و همچنین کاربردی می‌باشد.

برای خوانندگانی که از این روش به طور عملیاتی استفاده می‌کنند، بخش‌های ابتدایی ممکن است بسیار طولانی و غیر کاربردی باشد به این خوانندگان توصیه می‌کنم با استفاده از کلمات کلیدی که در انتهای کتاب گنجانده شده است موضوع مورد نظر خود را سریع‌تر بیابند. همچنین هدف دیگر کتاب قانونمند کردن برخی روش‌های عملیاتی متداول تصفیه است که هنوز هم اغلب به عنوان روش‌های نسبتاً تجربی از آنها یاد می‌شود.