

کاربرد سیستم انتشار امواج اولتراسونیک در تصفیه فاضلاب

تألیف

دکتر ناصر مهردادی دکتر غلامحسین یاسینی بیدهندی
مهندس علی زاهدی مهندس علیرضا محمدی اقدام مهندس آزاده آقاجانی یاسینی

توجه!

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روشی اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، بازنویسی در وبلاگ‌ها، یا سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود.



انتشارات دانشگاه تهران

شماره ۳۲۸۵

شماره مسلسل ۷۲۰۷

کتاب کاربرد سیستم انتشار امواج اولتراسونیک در تصفیه فاضلاب / تألیف ناصر مهربادی...
 [دیگرا] تهران: دانشگاه تهران. مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۱.
 ۳۱۴ ص: مصو، جدول، نمودار. (انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره ۳۲۸۵).
 ISBN 978-964-03-6347-8

فهرست نویسنده برای اطلاعات فیا.
 تألیف: دکتر مهربادی، غلامرضا نبی بیدهندی، علی زاهدی، علیرضا محمدی اقدم، آزاده آقاجانی یاسینی.
 واژه نامه.
 کتاب نامه.
 نمایه.
 فاضلاب -- تصفیه فاضلاب -- صیفیه -- لجن فعال. امواج ماورای صوت -- کاربردهای
 صنعتی. مهربادی، ناصر. دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات.
 ۱۳۹۱ ۲۷۱۶۵۸۳ ۶۲۸/۳ TD ۷۴۶ / ۵ / ۲
 شماره کتابشناسی ملی

عنوان: کاربرد سیستم انتشار امواج اولتراسونیک در تصفیه فاضلاب

تألیف: دکتر ناصر مهربادی - دکتر غلامرضا نبی بیدهندی -

مهندس علی زاهدی - مهندس علیرضا محمدی اقدم - آزاده آقاجانی یاسینی

ویراستار: فاطمه جهانگیری

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: ۱۳۹۱

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

ISBN: 978-964-03-6347-8



9 789640 363478

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مؤلفان است»

«کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است»

بها: ۸۲۰۰۰ ریال

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید فرش - مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

پست الکترونیک: press@ut.ac.ir - سایت: <http://press.ut.ac.ir>

پخش و فروش: تلفنکس ۸۸۰۱۲۰۷

فصل اول: کلیات

۱	۱-۱-تاریخچه اولتراسوند
۲	۲-۱-تعریف موج
۳	۲-۱-۱-موج صوتی
۴	۲-۱-۱-۱-نحوه تولید موج صوتی
۴	۲-۱-۲-۱-سرعت صوت
۶	۲-۱-۱-۱-۱-تفاوت بین سرعت موج و سرعت ذرات حاصل از موج
۶	۲-۱-۱-۲-۱-سرعت موج های صوتی سینوسی
۸	۲-۱-۲-۱-۱-۱-رابطه سرعت موج و پارامترهای نوسانی ذرات
۸	۳-۱-مکانیسم کلی شیعه استفاده از انتشار موج های اولتراسونیک
۹	۳-۱-۱-کاویتاسیون
۱۳	۳-۱-۲-نواحی جریان صوتی
۱۴	۳-۲-۱-مکانیسم تولید انرژی اولتراسونیک
۱۵	۳-۲-۱-۱-انتقال انرژی اولتراسونیک
۱۷	۴-۱-نمونه ای از مشخصات و نحوه کاربرد دستگاه اولتراسونیک
۲۴	۵-۱-روش های تصفیه فاضلاب
۲۴	۵-۱-۱-تصفیه فیزیکی
۲۴	۵-۱-۲-تصفیه شیمیایی
۲۵	۵-۱-۳-تصفیه فیزیکی- شیمیایی
۲۵	۵-۱-۳-۱-انعقاد و لخته سازی
۲۵	۵-۱-۳-۲-جذب سطحی
۲۶	۵-۱-۴-تصفیه زیستی
۲۷	۵-۱-۴-۱-فرآیند تصفیه به روش لجن فعال متعارف
۲۹	۵-۱-۴-۲-راکتورهای اختلاط کامل (CS TR)
۳۰	۵-۱-۴-۳-دیسک های زیستی گردان (RBC)
۳۱	۵-۱-۴-۴-راکتورهای ناپيوسته متوالی (SBIR)

۳۲	۱-۵-۴-۵-فرآیند غیر هوازی تماسی
۳۲	۱-۵-۴-۶-صافی چکنده
۳۳	۱-۵-۴-۷-بیوراکتورهای غشایی (MBR)
۳۴	۱-۵-۴-۸-فیلتر بی هوازی جریان به سوی بالا
۳۴	۱-۵-۴-۹-فیلترهای با بستر دوگانه
۳۴	۱-۵-۴-۱۰-بستر لجن بی هوازی با جریان رو به بالا (UASB)
۳۶	۱-۵-۱۱-تصفیه به روش لاگون
۳۶	۱-۵-۱۱-۱-لاگون های هوازی
۳۶	۱-۵-۱۱-۲-لاگون های بی هوازی
۳۷	۱-۵-۴-۱۱-۳-های اختیاری
۳۷	۱-۵-۴-۱۱-۴-لاگون های هوازی
۳۸	۱-۵-۴-۱۲-تصفیه در زمین
	فصل دوم: عملکرد سیستم انتشار امواج اولتراسونیک در فرایند تصفیه فاضلاب
۴۴	۲-۱-اولتراسوند فرکانس پایین در تصفیه فاضلاب: دستاورد سبز
۴۸	۲-۲-الکترو هیدرولیک
۵۲	۲-۳-مروری بر تصفیه فاضلاب حاصل از صنایع
۵۳	۲-۴-بررسی روش نوین انتشار امواج اولتراسونیک در تصفیه فاضلاب صنایع لبنی
۵۴	۲-۵-دسته بندی شاخص های بیولوژیکی به وسیله پرتوافکنی اولتراسونیک
۵۴	۲-۵-۱-بررسی موردی تغییرات رنگ با استفاده از ناکسید کردن کاتالیزوری همراه با سونیفیکاسیون و به روش اولتراسونیک
۵۸	۲-۵-۲-پیش تصفیه اولتراسوند جهت تنزل درجه بیولوژیکی تقویت شده جهت فاضلاب حاصل از تقطیر
۶۳	۲-۵-۳-تصفیه آلاینده های آلی به وسیله شیوه پرتوافکنی اولتراسونیک، اسیداسیون کاتالیزوری و لجن فعال
۶۸	۲-۵-۴-کاهش TOC و THMFP از طریق پرتوافکنی اولتراسونیک در فاضلاب
۷۰	۲-۵-۵-مروری بر غیرفعال سازی میکروب ها با استفاده از اولتراسوند با تأکید بر باکتری اشریشیا کلی <i>E.coli</i>
۷۵	۲-۵-۶-تأثیرات سونیکاسیون بر قابلیت زیست باکتری در واحد تصفیه فاضلاب (ارزیابی شده توسط شاخص های فلوسیتومتری در فاضلاب و لجن فعال)

۸۳	۷-۵-۲- بررسی پارامتریک بر روی گندزدایی توسط حباب سازی هیدرو دینامیک
۸۸	۸-۵-۲- پیش تصفیه فاضلاب به کمک پرتوافکنی اولتراسونیک جهت کاهش سمی بودن
۹۴	۹-۵-۲- عوامل مؤثر بر جداسازی امولسیون های روغن در آب به روش اولتراسونیک
۹۹	۱۰-۵-۲- تأثیر افزودنی ها بر تنزل درجه اولتراسونیک فنل
۱۰۵	۱۱-۵-۲- تأثیرات اولتراسوند بر اندازه ذرات معلق در فاضلاب در فرآیند گند زدایی
۱۰۹	۶-۲- نتایج به صورت آماری
۱۰۹	۶-۲- بررسی تأثیر سونیفیکاسون بر COD محلول
۱۱۵	۶-۲- بررسی تأثیر سونیفیکاسون بر کل جامدات محلول
۱۱۹	۶-۲- بررسی تأثیر سونیفیکاسون بر کل جامدات معلق
۱۲۲	۶-۲- بررسی تأثیر سونیفیکاسون بر کل جامدات
۱۲۵	۶-۲- بررسی تأثیر سونیفیکاسون بر رنگ
۱۲۸	۶-۲- بررسی تأثیر سونیفیکاسون بر آزاد شدن نیترژن
۱۳۲	۶-۲- بررسی تأثیر سونیفیکاسون بر آزاد شدن فسفر
۱۳۶	۶-۲- بررسی تأثیر سونیفیکاسون بر میزان پ هاش
۱۳۹	۶-۲- بررسی تأثیر سونیفیکاسون بر میکروبیوت
۱۴۲	۷-۲- تأثیر زمان بر شاخص های مورد آزمایش
۱۴۴	۸-۲- آزمایش های میکروسکوپ نوری
۱۴۶	۹-۲- فرموله کردن یکی از شاخصهای مورد آزمایش (COD) با دو پارامتر توان (P) و زمان (T)
۱۴۸	- جمع بندی
۱۵۰	- منابع و مأخذ

فصل سوم: بررسی عملکرد سیستم انتشار امواج اولتراسونیک در فرآیند د لجن

۱۵۶	۱-۳- فرایندهای لجن فعال
۱۵۷	۱-۱-۳- لجن فعال مازاد
۱۵۸	۲-۳- تصفیه لجن
۱۵۹	۱-۲-۳- هضم هوازی لجن

- ۱۶۱ ۳-۲-۲- هضم بی هوازی لجن
- ۱۶۲ ۳-۳- روش‌های متداول پیش تصفیه لجن
- ۱۶۳ ۳-۴- کمی کردن انرژی/توان اولتراسونیک ورودی به لجن
- ۱۶۵ ۳-۵- ارزیابی بازده متلاشی شدن لجن با استفاده از انتشار موج اولتراسونیک
- ۱۶۶ ۳-۵-۱- ارزیابی فیزیکی بازده متلاشی شدن لجن
- ۱۷۵ ۳-۵-۲- ارزیابی شیمیایی بازده متلاشی شدن لجن
- ۱۸۱ ۳-۵-۳- ارزیابی بیولوژیکی بازده متلاشی شدن لجن
- ۱۸۲ ۳-۶- عامل‌های تأثیرگذار بر کارایی متلاشی کردن لجن با اولتراسونیک
- ۱۸۲ ۳-۶-۲- خصوصیات لجن (جامدات)
- ۱۸۳ ۳-۶-۲- راپایداری
- ۱۸۴ - منابع و مأخذ

فصل چهارم: عملکرد سیستم انتشار امواج اولتراسونیک در فرایند تصفیه

شیرابه

- ۱۸۹ ۴-۱- مکانیسم تولید و انتقال انرژی اولتراسونیک در تصفیه شیرابه
- ۱۹۱ ۴-۲- خصوصیات کمی و کیفی شیرابه حاصل موثر بر آلودگی
- ۱۹۵ ۴-۳- بررسی جامع فرایندهای تصفیه شیرابه
- ۱۹۶ ۴-۴- روش‌های تصفیه شیرابه محل دفن
- ۲۱۱ ۴-۵- روش تصفیه شیرابه با موج‌های اولتراسونیک
- ۲۱۵ ۴-۵-۱- چگونگی انتخاب تجهیزات اولتراسونیک مناسب با مکان مورد نیاز
- ۲۱۶ ۴-۵-۲- تجهیزات اولتراسونیک لازم جهت تصفیه شیرابه
- ۲۱۸ ۴-۵-۲-۱- منبع تغذیه دستگاه اولتراسونیک جهت تصفیه شیرابه
- ۲۱۸ ۴-۵-۲-۲- ژنراتور دستگاه اولتراسونیک جهت تصفیه شیرابه
- ۲۱۹ ۴-۵-۲-۳- تقویت کننده دستگاه اولتراسونیک جهت تصفیه شیرابه
- ۲۱۹ ۴-۵-۲-۴- پیزوالکتریک دستگاه اولتراسونیک جهت تصفیه شیرابه
- ۲۲۰ ۴-۵-۲-۵- فن پیزوالکتریک دستگاه اولتراسونیک جهت تصفیه شیرابه
- ۲۲۰ ۴-۵-۲-۶- سونوتود دستگاه اولتراسونیک جهت تصفیه شیرابه
- ۲۲۱ ۴-۵-۲-۷- سنسور حرارت سنج دستگاه اولتراسونیک جهت تصفیه شیرابه
- ۲۲۲ ۴-۵-۲-۸- محفظه کاهش صدا دستگاه اولتراسونیک جهت تصفیه شیرابه

- ۲۲۳ ۹-۲-۵-۴- ظرف سونیفیکاسیون دستگاه اولتراسونیک جهت تصفیه شیرابه
- ۲۲۴ ۱۰-۲-۵-۴- پایه ظرف سونیفیکاسیون دستگاه اولتراسونیک جهت تصفیه شیرابه
- ۲۲۴ ۳-۵-۴- اثرات پدیده کاویتاسیون (حباب‌خیزی) در شیرابه
- ۲۲۶ ۴-۵-۴- واکنش‌های سونو شیمیایی در شیرابه
- ۲۲۷ ۴-۵-۴- شماتیک و مکانیسم واکنش‌های سونو شیمیایی در شیرابه
- ۲۲۹ ۵-۵-۴- نمونه‌ای از به‌کارگیری امواج اولتراسونیک در تصفیه شیرابه
- ۲۳۱ ۶-۵-۴- روش تهیه عکس از نمونه‌های شیرابه شاهد و تصفیه شده با میکروسکوپ نوری
- ۲۳۱ ۶-۵-۴- آماده‌سازی نمونه‌های شیرابه جهت مشاهده با میکروسکوپ نوری
- ۲۳۳ ۶-۵-۴- گرفتن عکس زنده (متحرک) از نمونه‌های شیرابه با دوربین میکروسکوپ نوری
- ۲۳۴ ۳-۶-۵-۴- رنگ آمیز برم نمونه‌های شیرابه و عکس برداری از آنها
- ۲۳۵ ۷-۵-۴- عکس‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌های عملی انجام‌شده شیرابه اولتراسونیک‌شده یک محل دفن که با طلا پوشش داده شدند از طریق میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) برای نخستین بار در جهان
- ۲۳۵ ۱-۷-۵-۴- روش آماده‌سازی نمونه‌های شیرابه جهت قرارگرفتن در میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)
- ۲۳۶ ۲-۷-۵-۴- مراحل آماده‌سازی و فیکس شدن روبشی
- ۲۳۹ ۳-۷-۵-۴- نحوه مشاهده و عکس‌برداری با میکروسکوپ الکترونی (SEM)
- ۲۴۰ ۴-۷-۵-۴- روش‌های عملی مشاهده و عکس‌برداری با میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه‌های شیرابه و سختی‌ها و مشکلات پیش‌رو
- ۲۴۴ ۵-۷-۵-۴- روش متداول آماده‌سازی نمونه جهت بررسی در SEM
- ۲۴۵ ۶-۴- خصوصیات کمی و کیفی شیرابه در ایران و عوامل موثر بر آن
- ۲۴۸ ۷-۴- تصفیه فتل با اولتراسونیک
- ۲۵۸ ۱-۷-۴- تاثیر سونیفیکاسیون بر کاهش فتل کل
- ۲۵۹ ۲-۷-۴- تجزیه حرارتی ازن در حباب‌های صوتی کاویتاسیون
- ۲۶۱ ۳-۷-۴- واکنش‌های فتل، کلروفتل و نیتروفتل
- ۲۶۴ ۸-۴- تاثیر سونیفیکاسیون بر کاهش گل جامدات معلق (TSS)
- ۲۶۶ ۹-۴- مقایسه تاثیر سونیفیکاسیون بر کل جامدات محلول (TDS) در توان‌ها و زمان‌های مختلف

۲۷۲	۱۰-۴-تاثیر سونیفیکاسیون بر COD محلول (SCOD)
۲۷۴	۱۱-۴-مقایسه تاثیر سونیفیکاسیون بر کدورت در توان‌ها و زمان‌های مختلف
۲۷۵	۱۲-۴-کاهش رنگهای آلی با کمک سونیفیکاسیون
۲۷۶	۱-۱۲-۴-تاثیر سونیفیکاسیون بر کدورت
۲۷۷	۲-۱۲-۴-تاثیر سونیفیکاسیون بر رنگ
۲۷۸	۱۳-۴-مقایسه تاثیر سونیفیکاسیون بر نیتروژن کل (TKN) در توان‌ها و زمان‌های مختلف
۲۸۰	۳-۴-تاثیر سونیفیکاسیون بر نیتروژن کل
۲۸۱	۱۴-۴-مقایسه تاثیر سونیفیکاسیون بر اورتوفسفات در توان‌ها و زمان‌های مختلف
۲۸۳	۱۵-۴-مقایسه تاثیر سونیفیکاسیون بر فسفر کل (TP) در توان‌ها و زمان‌های مختلف
۲۸۴	۱۶-۴-تاثیر سونیفیکاسیون بر فسفر کل و حرارت
۲۸۸	۱۷-۴-مقایسه تاثیر سونیفیکاسیون بر پ هاش در توان‌ها و زمان‌های مختلف
۲۸۹	۱۸-۴-جلوگیری از فعالیتهای میکروارگانیسم‌ها با استفاده از اولتراسونیک
۲۹۰	۱-۱۸-۴-باکتری اشرشیاکلی (<i>E.coli</i>)
۲۹۰	۲-۱۸-۴-تاثیر سونیفیکاسیون بر کاهش اشرشیاکلی (<i>E.coli</i>)
۲۹۶	۳-۱۸-۴-مقایسه تاثیر سونیفیکاسیون بر کاهش اشرشیاکلی در توان‌ها و زمان‌های مختلف
۳۰۳	۱۹-۴-جمع‌بندی فصل عملکرد سیستم انتشار امواج اولتراسونیک در فرایند تصفیه شیرابه
۳۰۸	منابع و مأخذ

مقدمه

همواره انتخاب فرایند تصفیه باید راهکاری مناسب به منظور حذف آلاینده‌ها تا حد استاندارد ارائه دهد که این مهم به‌طور معمول در به‌کارگیری روش‌های متداول ناموفق مانده است. بنابراین استفاده از روشی نوین که بتواند راه حل جدیدی برای مشکلات، حاضر ارائه دهد، ضروری می‌نماید. در این راستا عملکرد روش انتشار موج‌های اولتراسونیک به‌عنوان راهکاری که افق‌های روشنی را پیش رو قرار می‌دهد، بررسی و آزمایش شده است. این امر دامنه‌ای گسترده از تصفیه فاضلاب صنعتی و لجن گرفته، تا شیرابه را که فاضلاب با بالاترین بار آلودگی محسوب می‌شود در بر می‌گیرد.

کتاب حاضر در برگیرنده چهار فصل است. در فصل اول با عنوان "کلیات"، از اصول و مبانی موج‌ها، معرفی موج اولتراسونیک، چگونگی اثر آن در محیط مایع و سازوکار کلی تصفیه با استفاده از انتشار موج‌های اولتراسونیک ارائه شده است. در آخر روش‌های گوناگون تصفیه بحث شده و مزایا و معایب هر یک بیان شده است. لذا در این کتاب ابتدا به معرفی سیستم انتشار موج‌های اولتراسونیک پرداخته شده و سپس دیگر روش‌های تصفیه همراه با مزایا و معایب آن بیان شده است، که قیاسی پیش آید بین این روش نوین و دیگر روش‌های تصفیه.

در فصل دوم تحت عنوان "عملکرد سیستم انتشار موج‌های اولتراسونیک در فرایند تصفیه فاضلاب"، ابتدا مبانی تئوری اولتراسونیک، خواص فیزیکی و سونوفیکاسیون بررسی و سپس مطالعات انجام گرفته در زمینه شاخص‌های بیولوژیکی از طریق ترافیک اولتراسونیک از جمله تغییرات رنگ، کاهش کربن آلی کل و پتانسیل شکل‌گیری تری هالومتان‌ها از طریق پراش کنتی استراتونیک در فاضلاب، غیرفعال‌سازی میکروب‌ها، گندزدایی، کاهش سمی بودن، جداسازی امولسیون‌های روغری در آب، روش اولتراسونیک و تأثیر افزودنی‌ها بر کاهش فنل به‌وسیله اولتراسونیک آورده شده است.

در قسمت بعد کلیه روش‌ها و مراحل کار در مقیاس آزمایشگاهی و در نمونه عملی فاضلاب یک کارخانه لبنی و در آخر کلیه نتایج به‌دست آمده به صورت نمودار و ویدئو به سبب بعدی ارائه و عکس‌های میکروسکوپی از نتایج حاصل نیز به مطالب افزوده شده است، همچنین فرموله کردن داده‌ها و یافته‌های آزمایش‌های انجام گرفته به روابط ریاضی تبدیل شده است.

در فصل سوم با عنوان "عملکرد سیستم انتشار موج‌های اولتراسونیک در آب فکلر"، ابتدا پروسه لجن فعال و پس از آن هضم هوازی و بی‌هوازی لجن بررسی شده است. سپس روشی برای برآورد توان اولتراسونیک ورودی به لجن عنوان شده و نیز ارزیابی راندمان فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و دستی لجن با استفاده از انتشار موج‌های اولتراسونیک ارائه شده است. در آخر موارد تأثیر گذار بر کارایی روش کشتن لجن با اولتراسونیک و شرایط راهبری لجن مورد بحث شده است.

در فصل چهارم با عنوان "عملکرد سیستم انتشار موج‌های اولتراسونیک در فرایند تصفیه شیرابه"، در ابتدا خصوصیات کمی و کیفی شیرابه، عوامل موثر بر آن و بررسی جامع فرایندهای تصفیه شیرابه تحقیق و عنوان شد.

سپس اولتراسونیک، سونوفیکاسیون، کاویتاسیون (حباب‌زایی)، روش تصفیه شیرابه با موج‌های اولتراسونیک، چگونگی انتخاب تجهیزات اولتراسوند و تأثیرات پدیده کاویتاسیون که مورد تحقیق و بررسی قرار گرفت، که در

این جا آورده شد. در ادامه واکنش‌های سونوشیمیایی در شیرابه و مکانیسم‌های آن‌ها نیز تحقیق، بررسی و در این جا بیان شد.

همچنین نمونه‌ای از به‌کارگیری موج‌های اولتراسونیک در تصفیه نمونه‌های عملی انجام‌شده شیرابه محل دفن تهران، با راکتورهای اولتراسونیک در توان‌های متفاوت و راکتورهای اولتراسونیک با زمان‌های مختلف و شرایط راهبری گوناگون به طور مفصل اندازه‌گیری، آنالیز و تحقیق شد، که در این جا آورده شد.

در تایید نتایج آزمایش‌ها، اندازه‌گیری‌ها و آنالیزهای گسترده انجام گرفته روی نمونه‌های عملی انجام‌شده شیرابه محل دفن تهران، عکس‌هایی با میکروسکوپ‌های نوری و الکترونی گرفته شد، که اثر عملکرد سیستم نوین انتشار موج‌های اولتراسونیک را به وضوح نشان داد. این نتایج و عکس‌ها نیز در این جا آورده شد.

عکس‌برداری و تهیه عکس با میکروسکوپ الکترونی روبشی به صورت عملی از نمونه‌های انجام‌شده شیرابه با پوشش دهی طلا که برای نخستین بار در جهان از نمونه‌های عملی انجام‌شده شیرابه محل دفن تهران انجام شد، و کلیه مراحل پوشش دهی، از جمله تحقیق و عکس‌برداری انجام شده، در این جا آورده شد.

سپس خصوصیات کمکی و کیفی اندازه‌گیری‌شده شیرابه در ایران و عوامل موثر تحقیق شده بر آن، در این جا آورده شد، پس از آن بررسی دقیق بر تاثیر اولتراسونیک بر کاهش فنل کل، کلروفنل، نیتروفنل و ازن آورده شد.

همچنین روی نمونه‌های عملی انجام‌شده شیرابه محل دفن تهران در تحقیق و بررسی تاثیر سونیفیکاسیون بر شاخص‌های آلودگی از جمله: فنل کل، شش اکتری اشرفی‌اکلی، جامدات معلق کل، جامدات محلول کل، COD محلول، کدورت، رنگ، نیتروژن کل، اورگانیسم‌ها، فسفات کل، حرارت و پهایش اندازه‌گیری‌ها و آزمایش‌هایی شد، که در این جا نتایج این اندازه‌گیری‌ها و آنالیز آن آزمایشگاهی فراوان نیز آورده شد. اثر اولتراسونیک بر کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها از جمله باکتری اشرفی‌اکلی نیز از طریق عکس‌برداری رنگی انجام‌شده با میکروسکوپ نوری و عکس‌برداری با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) به دقت انجام شد، که در این جا آورده شد.

در انتها نتیجه‌گیری و جمع‌بندی فصل ۴ عنوان شده که کمک شایسته‌ای به هم، استفاده و بهره‌گیری از این فصل می‌کند.