

# تصفیه زیستی محیط

(بیوفیلتراسیون، گیاه پالایی، زیست پالایی)

تألیف:

**دکتر ایمان پارسه**

(استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده علوم پزشکی بهبهان)

**مهندس احمد بدیعی نژاد**

(مربی گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده علوم پزشکی بهبهان)

**دکتر محمد صباغان**

(استادیار دانشکده علوم پزشکی بهبهان)

**دکتر نظم الدین منلی زاده**

(استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده علوم پزشکی لارستان)

**مهندس محمد جیل**

(کارشناس فنی مهندسی شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان)

|                     |                                                                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| عنوان و نام پدیدآور | : تصفیه زیستی محیط (بیوفیلتراسیون، گیاه‌پالایی، زیست‌پالایی) / تألیف ایمان پارسه ... |
| مشخصات نشر          | : و دیگران .                                                                         |
| مشخصات ظاهری        | : اهواز : انتشارات علوم و فنون پزشکی اهواز، ۱۳۹۸.                                    |
| شابک                | : ۱۳۹ ص.: مصور (رنگی).                                                               |
| وضعیت فهرست نویسی   | : ۷-۳۱-۲۴۹۰۳۱-۶۲۲-۹۷۸                                                                |
| یادداشت             | : فیفا                                                                               |
| یادداشت             | : تألیف ایمان پارسه، احمد بدیعی‌نژاد، محمد صباغان، نظام‌الدین منگلی‌زاده، محمد جلیل. |
| موضوع               | : کتابنامه.                                                                          |
| موضوع               | : زیست‌پالایی                                                                        |
| موضوع               | : Bioremediation :                                                                   |
| موضوع               | : زیست‌پالایی گیاهی                                                                  |
| موضوع               | : Phytoremediation :                                                                 |
| شناسه افزوده        | : پارسه، ایمان، ۱۳۶۵ -                                                               |
| رده بندی کنگره      | : ۵/۱۰۰۳۵                                                                            |
| رده بندی دیویی      | : ۶۲۱                                                                                |
| شماره کتابشناسی ملی | : ۶۰۵۰۰۱۰                                                                            |

تصفیه زیستی محیط (سفالت، بتن، گچ، آهک، گدازه، گیاه پالایی، زیست پالایی)

دکتر ایمان پارسه، مهندسی احمد بدیع، رازد، دکتر محمد صباغان، مهندس محمد جلیل

ناشر: انتشارات علوم و فنون پزشکی اهواز

نوبت چاپ: اول ۱۱۰۰

شمارگان: ۱۰۰۰ نفر

قیمت: ۵۰۰۰۰ تومان

## اخطار

هرگونه چاپ و تکثیر (اعم از: زیراکس، بازنویسی، ضبط کامپیوتری، تهیه CD) از مجله بدون اجازه کتبی از مؤلف ممنوع است. متخلفان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هم‌رندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

مرکز نشر و پخش: اهواز - امانیه - خیابان سقراط غربی جنب مجتمع تصادفات دادگستری -

کوچه خاکسار - یلاکی ۱۲۰

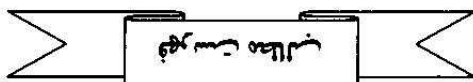
تلفن تماس: ۰۶۱-۳۳۳۶۲۸۹۳-۳۳۳۳۳۸۶۵

اصطلاح انقلاب صنعتی شامل تغییراتی بود که در زمینه صنعت و فرآیندهای اقتصادی رخ داد و به افزایش بهره‌وری در تولید منجر شد. این دگرگونی‌ها اثراتی در حیطه‌های مختلف زیست‌محیطی، فرهنگی و اجتماعی، تجارت، رفاه حال مردم، صنعت و غیره بر جای گذاشته است. هرچند انقلاب صنعتی بطور کلی کیفیت زندگی انسان را بهبود بخشیده است و باعث رشد و ترقی در زمینه‌های اقتصادی، بهداشتی، اجتماعی و فرهنگی شده است، اما توسعه بی‌رویه و محاسبه نشده صنایع مختلف، اثرات جانبی مخرب و بعضاً جبران‌ناپذیری را برای محیط زیست برجای گذاشته است. این اثرات زیان‌بار، می‌تواند موجب پیدایش بحران‌هایی در روابط انسان و محیط زیست گردد و نهایتاً به نابودی محیط زیست منجر گردد. بخش زیادی از آلاینده‌های زیست‌محیطی در نتیجه بهره‌برداری و مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی در محیط زیست می‌شوند.

تاکنون روش‌های فیزیکی و شیمیایی زیادی به منظور کنترل آلاینده‌های مختلف در محیط زیست (خاک، هوا و آب) مورد استفاده قرار گرفته است. روش‌های شیمیایی نیازمند انرژی و مواد شیمیایی زیادی می‌باشند. روش‌های فیزیکی نیز قادر به حذف آلاینده نیستند و تنها آن‌ها را از محیطی به محیط دیگر انتقال می‌دهند. بنابراین بهترین گزینه کاهش آلودگی هوا، استفاده از تکنولوژی‌های سبز (دوستدار محیط زیست) می‌باشد. روش زیستی تصفیه محیط نوعی تکنولوژی سبز محسوب می‌شوند. این روش در مقایسه با روش‌های فیزیکی و شیمیایی یک گزینه ارزان، به صرفه و دوستدار محیط زیست است. این روش در کشور ما که بخش زیادی از نفت و گاز دنیا را تأمین می‌کند و آلودگی ناشی از استخراج و بهره‌برداری نفت اجتناب‌ناپذیر است، می‌تواند به عنوان یک روش مفید و مؤثر مورد استفاده قرار گیرد. در این کتاب فرآیندهایی زیستی بیوفیلتراسیون، گیاه‌پالایی و زیست‌پالای مورد بحث قرار می‌گیرند.

|     |                                    |
|-----|------------------------------------|
| ۱۲  | ۱- مقدمه                           |
| ۱۳  | ۲- روش‌های معمول کنترل آلودگی هوا  |
| ۱۵  | ۳- کنترل بو و ترکیبات آلی فرار     |
| ۱۶  | ۴- کنترل آلودگی به‌عنوان یک        |
| ۲۱  | ۵- بیوفیلتر استوئید                |
| ۲۲  | ۶- تاریخچه کاربرد بیوفیلتر استوئید |
| ۲۳  | ۷- انواع روش‌های بیوفیلتر استوئید  |
| ۲۴  | ۸- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید    |
| ۲۶  | ۹- تجربه آلودگی                    |
| ۲۹  | ۱۰- بیوفیلتر                       |
| ۳۱  | ۱۱- سبکی                           |
| ۳۲  | ۱۲- شست‌وسه زنده زستی              |
| ۳۳  | ۱۳- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری   |
| ۳۴  | ۱۴- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید   |
| ۳۶  | ۱۵- تجربه آلودگی                   |
| ۳۹  | ۱۶- بیوفیلتر                       |
| ۴۱  | ۱۷- سبکی                           |
| ۴۱  | ۱۸- شست‌وسه زنده زستی              |
| ۴۲  | ۱۹- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری   |
| ۴۳  | ۲۰- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید   |
| ۴۴  | ۲۱- تجربه آلودگی                   |
| ۴۵  | ۲۲- بیوفیلتر                       |
| ۴۶  | ۲۳- سبکی                           |
| ۴۷  | ۲۴- شست‌وسه زنده زستی              |
| ۴۸  | ۲۵- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری   |
| ۴۹  | ۲۶- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید   |
| ۵۰  | ۲۷- تجربه آلودگی                   |
| ۵۱  | ۲۸- بیوفیلتر                       |
| ۵۲  | ۲۹- سبکی                           |
| ۵۳  | ۳۰- شست‌وسه زنده زستی              |
| ۵۴  | ۳۱- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری   |
| ۵۵  | ۳۲- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید   |
| ۵۶  | ۳۳- تجربه آلودگی                   |
| ۵۷  | ۳۴- بیوفیلتر                       |
| ۵۸  | ۳۵- سبکی                           |
| ۵۹  | ۳۶- شست‌وسه زنده زستی              |
| ۶۰  | ۳۷- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری   |
| ۶۱  | ۳۸- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید   |
| ۶۲  | ۳۹- تجربه آلودگی                   |
| ۶۳  | ۴۰- بیوفیلتر                       |
| ۶۴  | ۴۱- سبکی                           |
| ۶۵  | ۴۲- شست‌وسه زنده زستی              |
| ۶۶  | ۴۳- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری   |
| ۶۷  | ۴۴- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید   |
| ۶۸  | ۴۵- تجربه آلودگی                   |
| ۶۹  | ۴۶- بیوفیلتر                       |
| ۷۰  | ۴۷- سبکی                           |
| ۷۱  | ۴۸- شست‌وسه زنده زستی              |
| ۷۲  | ۴۹- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری   |
| ۷۳  | ۵۰- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید   |
| ۷۴  | ۵۱- تجربه آلودگی                   |
| ۷۵  | ۵۲- بیوفیلتر                       |
| ۷۶  | ۵۳- سبکی                           |
| ۷۷  | ۵۴- شست‌وسه زنده زستی              |
| ۷۸  | ۵۵- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری   |
| ۷۹  | ۵۶- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید   |
| ۸۰  | ۵۷- تجربه آلودگی                   |
| ۸۱  | ۵۸- بیوفیلتر                       |
| ۸۲  | ۵۹- سبکی                           |
| ۸۳  | ۶۰- شست‌وسه زنده زستی              |
| ۸۴  | ۶۱- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری   |
| ۸۵  | ۶۲- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید   |
| ۸۶  | ۶۳- تجربه آلودگی                   |
| ۸۷  | ۶۴- بیوفیلتر                       |
| ۸۸  | ۶۵- سبکی                           |
| ۸۹  | ۶۶- شست‌وسه زنده زستی              |
| ۹۰  | ۶۷- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری   |
| ۹۱  | ۶۸- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید   |
| ۹۲  | ۶۹- تجربه آلودگی                   |
| ۹۳  | ۷۰- بیوفیلتر                       |
| ۹۴  | ۷۱- سبکی                           |
| ۹۵  | ۷۲- شست‌وسه زنده زستی              |
| ۹۶  | ۷۳- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری   |
| ۹۷  | ۷۴- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید   |
| ۹۸  | ۷۵- تجربه آلودگی                   |
| ۹۹  | ۷۶- بیوفیلتر                       |
| ۱۰۰ | ۷۷- سبکی                           |
| ۱۰۱ | ۷۸- شست‌وسه زنده زستی              |
| ۱۰۲ | ۷۹- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری   |
| ۱۰۳ | ۸۰- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید   |
| ۱۰۴ | ۸۱- تجربه آلودگی                   |
| ۱۰۵ | ۸۲- بیوفیلتر                       |
| ۱۰۶ | ۸۳- سبکی                           |
| ۱۰۷ | ۸۴- شست‌وسه زنده زستی              |
| ۱۰۸ | ۸۵- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری   |
| ۱۰۹ | ۸۶- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید   |
| ۱۱۰ | ۸۷- تجربه آلودگی                   |
| ۱۱۱ | ۸۸- بیوفیلتر                       |
| ۱۱۲ | ۸۹- سبکی                           |
| ۱۱۳ | ۹۰- شست‌وسه زنده زستی              |
| ۱۱۴ | ۹۱- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری   |
| ۱۱۵ | ۹۲- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید   |
| ۱۱۶ | ۹۳- تجربه آلودگی                   |
| ۱۱۷ | ۹۴- بیوفیلتر                       |
| ۱۱۸ | ۹۵- سبکی                           |
| ۱۱۹ | ۹۶- شست‌وسه زنده زستی              |
| ۱۲۰ | ۹۷- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری   |
| ۱۲۱ | ۹۸- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید   |
| ۱۲۲ | ۹۹- تجربه آلودگی                   |
| ۱۲۳ | ۱۰۰- بیوفیلتر                      |
| ۱۲۴ | ۱۰۱- سبکی                          |
| ۱۲۵ | ۱۰۲- شست‌وسه زنده زستی             |
| ۱۲۶ | ۱۰۳- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری  |
| ۱۲۷ | ۱۰۴- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید  |
| ۱۲۸ | ۱۰۵- تجربه آلودگی                  |
| ۱۲۹ | ۱۰۶- بیوفیلتر                      |
| ۱۳۰ | ۱۰۷- سبکی                          |
| ۱۳۱ | ۱۰۸- شست‌وسه زنده زستی             |
| ۱۳۲ | ۱۰۹- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری  |
| ۱۳۳ | ۱۱۰- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید  |
| ۱۳۴ | ۱۱۱- تجربه آلودگی                  |
| ۱۳۵ | ۱۱۲- بیوفیلتر                      |
| ۱۳۶ | ۱۱۳- سبکی                          |
| ۱۳۷ | ۱۱۴- شست‌وسه زنده زستی             |
| ۱۳۸ | ۱۱۵- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری  |
| ۱۳۹ | ۱۱۶- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید  |
| ۱۴۰ | ۱۱۷- تجربه آلودگی                  |
| ۱۴۱ | ۱۱۸- بیوفیلتر                      |
| ۱۴۲ | ۱۱۹- سبکی                          |
| ۱۴۳ | ۱۲۰- شست‌وسه زنده زستی             |
| ۱۴۴ | ۱۲۱- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری  |
| ۱۴۵ | ۱۲۲- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید  |
| ۱۴۶ | ۱۲۳- تجربه آلودگی                  |
| ۱۴۷ | ۱۲۴- بیوفیلتر                      |
| ۱۴۸ | ۱۲۵- سبکی                          |
| ۱۴۹ | ۱۲۶- شست‌وسه زنده زستی             |
| ۱۵۰ | ۱۲۷- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری  |
| ۱۵۱ | ۱۲۸- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید  |
| ۱۵۲ | ۱۲۹- تجربه آلودگی                  |
| ۱۵۳ | ۱۳۰- بیوفیلتر                      |
| ۱۵۴ | ۱۳۱- سبکی                          |
| ۱۵۵ | ۱۳۲- شست‌وسه زنده زستی             |
| ۱۵۶ | ۱۳۳- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری  |
| ۱۵۷ | ۱۳۴- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید  |
| ۱۵۸ | ۱۳۵- تجربه آلودگی                  |
| ۱۵۹ | ۱۳۶- بیوفیلتر                      |
| ۱۶۰ | ۱۳۷- سبکی                          |
| ۱۶۱ | ۱۳۸- شست‌وسه زنده زستی             |
| ۱۶۲ | ۱۳۹- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری  |
| ۱۶۳ | ۱۴۰- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید  |
| ۱۶۴ | ۱۴۱- تجربه آلودگی                  |
| ۱۶۵ | ۱۴۲- بیوفیلتر                      |
| ۱۶۶ | ۱۴۳- سبکی                          |
| ۱۶۷ | ۱۴۴- شست‌وسه زنده زستی             |
| ۱۶۸ | ۱۴۵- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری  |
| ۱۶۹ | ۱۴۶- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید  |
| ۱۷۰ | ۱۴۷- تجربه آلودگی                  |
| ۱۷۱ | ۱۴۸- بیوفیلتر                      |
| ۱۷۲ | ۱۴۹- سبکی                          |
| ۱۷۳ | ۱۵۰- شست‌وسه زنده زستی             |
| ۱۷۴ | ۱۵۱- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری  |
| ۱۷۵ | ۱۵۲- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید  |
| ۱۷۶ | ۱۵۳- تجربه آلودگی                  |
| ۱۷۷ | ۱۵۴- بیوفیلتر                      |
| ۱۷۸ | ۱۵۵- سبکی                          |
| ۱۷۹ | ۱۵۶- شست‌وسه زنده زستی             |
| ۱۸۰ | ۱۵۷- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری  |
| ۱۸۱ | ۱۵۸- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید  |
| ۱۸۲ | ۱۵۹- تجربه آلودگی                  |
| ۱۸۳ | ۱۶۰- بیوفیلتر                      |
| ۱۸۴ | ۱۶۱- سبکی                          |
| ۱۸۵ | ۱۶۲- شست‌وسه زنده زستی             |
| ۱۸۶ | ۱۶۳- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری  |
| ۱۸۷ | ۱۶۴- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید  |
| ۱۸۸ | ۱۶۵- تجربه آلودگی                  |
| ۱۸۹ | ۱۶۶- بیوفیلتر                      |
| ۱۹۰ | ۱۶۷- سبکی                          |
| ۱۹۱ | ۱۶۸- شست‌وسه زنده زستی             |
| ۱۹۲ | ۱۶۹- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری  |
| ۱۹۳ | ۱۷۰- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید  |
| ۱۹۴ | ۱۷۱- تجربه آلودگی                  |
| ۱۹۵ | ۱۷۲- بیوفیلتر                      |
| ۱۹۶ | ۱۷۳- سبکی                          |
| ۱۹۷ | ۱۷۴- شست‌وسه زنده زستی             |
| ۱۹۸ | ۱۷۵- سایر تکنولوژی‌های بیوراکتوری  |
| ۱۹۹ | ۱۷۶- مکانیسم‌های بیوفیلتر استوئید  |
| ۲۰۰ | ۱۷۷- تجربه آلودگی                  |

## فصل ۱ - فیلتر استوئید



## فصل ۲- گیاه پالایی

|     |                                                                 |
|-----|-----------------------------------------------------------------|
| ۷۸  | ۱-۲- مقدمه                                                      |
| ۷۹  | ۲-۲- روش‌های پاک‌سازی خاک‌های آلوده                             |
| ۷۹  | ۱-۲-۲- استخراج بخارات خاک                                       |
| ۸۱  | ۲-۲-۲- شست‌شوی خاک                                              |
| ۸۴  | ۳-۲-۲- تثبیت و جامدسازی                                         |
| ۸۶  | ۴-۲-۲- اصلاح الکتروکینتیک                                       |
| ۸۸  | ۵-۲-۲- واجذب حرارتی                                             |
| ۹۱  | ۶-۲-۲- شله‌سازی                                                 |
| ۹۳  | ۷-۲-۲- سکانش خاک                                                |
| ۹۴  | ۸-۲-۲- زیست پالایی                                              |
| ۹۴  | ۹-۲-۲- گیاه پالایی                                              |
| ۱۰۳ | ۳-۲- خاک و مشخصات: اثر آن بر جمعیت میکروبی و فرآیند گیاه پالایی |
| ۱۰۴ | ۱-۳-۲- مشخصات فیزیکی                                            |
| ۱۰۴ | ۲-۳-۲- خواص شیمیایی                                             |
| ۱۰۶ | ۴-۲- تنوع میکروارگانیسم‌های ریزوسفری                            |
| ۱۰۷ | ۱-۴-۲- باکتری‌های ریزوسفری نافع و نامحریک                       |
| ۱۰۹ | ۲-۴-۲- باکتری‌های همزیستگرای دوطرفه                             |
| ۱۱۰ | ۳-۴-۲- باکتری‌های تجزیه‌کننده‌ی هیدروکربن                       |
| ۱۱۰ | ۵-۲- فعل و انفعالات بین ریشه-میکروب                             |
| ۱۱۱ | ۶-۲- تأثیر گیاه در حذف هیدروکربن‌های نفتی از خاک                |
| ۱۱۳ | ۷-۲- نتیجه‌گیری                                                 |

## فصل ۳- زیست پالایی

|     |                                            |
|-----|--------------------------------------------|
| ۱۱۶ | ۱-۳- مقدمه                                 |
| ۱۱۸ | ۲-۳- آلودگی محیط زیست: یک مشکل جهانی       |
| ۱۱۸ | ۳-۳- زیست پالایی                           |
| ۱۱۹ | ۱-۳-۳- عوامل مؤثر بر زیست پالایی           |
| ۱۲۰ | ۲-۳-۳- نقش میکروارگانیسم‌ها در زیست پالایی |
| ۱۲۵ | ۴-۳- انواع زیست پالایی                     |
| ۱۲۶ | ۱-۴-۳- زیست پالایی در محل                  |
| ۱۲۷ | ۱-۴-۳-۱- تهویه زیستی                       |

- ۱۲۸..... ۲-۱-۴-۳- تحریک زیستی
- ۱۲۹..... ۳-۱-۴-۳- تزریق هوا
- ۱۳۰..... ۴-۱-۴-۳- تقویت زیستی
- ۱۳۰..... ۵-۱-۴-۳- رقیق سازی طبیعی
- ۱۳۱..... ۶-۱-۴-۳- گیاه پالایی
- ۱۳۱..... ۲-۴-۳- زیست پالایی خارج از محل
- ۱۳۲..... ۱-۲-۴-۳- لندفارمینگ یا پخش در زمین
- ۱۳۳..... ۲-۲-۴-۳- کمپوست کردن
- ۱۳۴..... ۳-۲-۴-۳- تصفیه کنترل شده فاز جامد
- ۱۳۴..... ۴-۲-۴-۳- صفت بیولوژیکی فاز مایع
- ۱۳۸..... ۵-۳- نتیجه گیری