

Management of Hospital Waste

Amirhossein Esmailizadeh¹, Mahdieh Eftekhari¹, Reza Akbari^{2*}

¹ Department of Health, Faculty of Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, West Azerbaijan, Iran

² Department of Microbiology, Faculty of Medicine, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, West Azerbaijan, Iran

Abstract

Introduction: Currently, the production of hospital waste is increased by growing the population and expansion of the cities. Moreover, it has been changed to a great challenge. If this growing is not controlled it will be turned into an environmental disaster. Various waste disposal methods are proposed for disposing of hospital waste. This study aimed to acquaint with the hospital wastes and their disposal methods.

Methods and Materials: In this review study, the essential information is collected from the last three years published articles by searching them in various databases such as Pubmed, Scopus, SID, and some library references. The exclusive and combinations keywords such as waste, infectious, waste management, waste disposal methods, infectious waste, and infectious medical waste are used to search relevant articles.

Results: Hospital waste is categorized into various groups. Various methods such as dry heat, wet temperature, chemical disinfectant, burying waste into the ground and Super Critical Fluid Carbon Dioxide are used to dispose the hospital waste. Some advantages and disadvantages are described for each of these methods. Out of all, the Super Critical Fluid Carbon Dioxide has a potent activity on microorganisms. In addition, it has a low cost in terms of extraction.

Discussion and Conclusion: Diverse methods are proposed to dispose hospital waste. Selection of an effective way depends on the type and amount of the waste and social and economical condition of the country. This posing hospital waste could be managed with regular planning, proper management, use of appropriate method fit to waste type, and enough training of people and hospital officials. Further researches need to find an appropriate waste disposal method that is compatible with environmental, economical, and social conditions of the country

Keywords: Waste Management, Hospital Waste, Infectious Waste

*(Corresponding Author) Reza Akbari, Department of Microbiology, Faculty of Medicine, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, West Azerbaijan, Iran. E-mail: akbari.r@umsu.ac.ir

مدیریت پسماندهای بیمارستانی

امیرحسین اسمعیلی زاده^۱، مهدیه افتخاری^۱، رضا اکبری^{۲*}

^۱ گروه بهداشت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران
^۲ گروه میکروبی شناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران

چکیده

مقدمه: امروزه با افزایش جمعیت و گسترش شهرها، تولید پسماندهای بیمارستانی افزایش یافته و تبدیل به یک چالش بزرگ شده است. اگر این افزایش کنترل نشود منجر به بروز فاجعه زیست محیطی خواهد شد. روش‌های مختلفی برای دفع پسماندهای بیمارستانی پیشنهاد شده‌اند. هدف ما در این مطالعه آشنایی با انواع پسماندهای بیمارستانی و روش‌های دفع آن‌ها است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه مروری، مقالات سه سال اخیر در پایگاه‌های علمی Pubmed، Scopus، SID و برخی منابع کتابخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفته و اطلاعات علمی مورد نیاز جمع‌آوری و مورد بحث و نتیجه‌گیری قرار گرفته است. برای جستجوی مقالات از کلمات کلیدی منفرد و ترکیبی مانند (waste)، (infectious)، (waste management)، (waste disposal) methods و (infectious medical waste) استفاده گردید.

یافته‌ها: پسماندهای بیمارستانی به گروه‌های مختلف دسته‌بندی شده‌اند، برای دفع آن‌ها از روش‌های مختلف مانند حرارت خشک، حرارت مرطوب، ضد عفونی شیمیایی، دفن در زمین و روش سیال فوق بحرانی دی اکسید کربن استفاده می‌شود. هر کدام از این روش‌ها معایب و مزایایی دارند. از این میان روش سیال فوق بحرانی دی اکسید کربن یک روش بسیار مؤثر در برابر میکروارگانیسم‌ها است و از نظر هزینه بهره برداری، از هزینه کمی برخوردار است.

بحث و نتیجه‌گیری: روش‌های ارائه شده برای دفع پسماندهای بیمارستانی بسیار متنوع هستند، انتخاب روش مؤثر، بستگی به نوع و مقدار پسماند و شرایط اقتصادی-اجتماعی یک کشور دارد. با برنامه ریزی منظم، مدیریت صحیح، استفاده از روش مناسب دفع و ارائه آموزش‌های کافی به مردم و مسئولان بیمارستان‌ها، می‌توان دفع پسماندهای بیمارستانی را مدیریت کرد. برای یافتن یک روش دفع پسماند مناسب و سازگار با شرایط محیطی، اقتصادی و اجتماعی کشور، نیاز است مطالعات بیشتری انجام گیرد.

کلمات کلیدی: مدیریت پسماند، پسماندهای بیمارستانی، پسماندهای عفونی

مقدمه

می‌شود (۱، ۲). زباله‌های بیمارستانی نه تنها خطرناک بوده و محیط زیست را آلوده می‌کنند، بلکه از راه‌های دیگر برای انسان، حیوانات و گیاهان نیز خطرناک هستند. وجود عوامل پاتوژن، مواد شیمیایی، سموم، سرنگ و تیغ‌های جراحی، مواد رادیواکتیو، انواع و اقسام مواد پلاستیکی، پارچه و کاغذهای آلوده در کنار حجم زیادی از زباله‌های شبه‌خانگی نظیر گل، قوطی‌های کمپوت و جعبه‌های شیرینی، ترکیب بسیار نا همگونی را برای زباله‌های بیمارستانی در کشور ما رقم زده

یکی از انواع مهم مواد زائد جامد، زباله‌های تولیدی در مراکز بهداشتی-درمانی نظیر بیمارستان‌ها، درمانگاه‌ها، آزمایشگاه‌های تشخیص طبی و مطب‌های پزشکان و دندانپزشکان است. در بین این دسته از مراکز تولید زباله، بیمارستان‌ها از نظر کمیت و کیفیت زباله اهمیت بیشتری دارند (۱). افزایش بیماران و مراجعه بیشتر و عملیات سرویس دهی مربوطه به این افراد، موجب افزایش پسماند در بیمارستان‌ها

* (نویسنده مسئول) رضا اکبری، گروه میکروبی شناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران.
آدرس الکترونیکی: akbari.r@umsu.ac.ir

باعث افزایش حجم زباله‌های خطرناک می‌شود، بلکه سلامت کارگران شهری، مردم و اکوسیستم منطقه‌ای که دفن در آن صورت گرفته رانیز به خطر می‌اندازد (۷، ۸). استفاده از روش‌های دیگر مانند سوزاندن، برای از بین بردن حجم بسیار زیادی از پسماندهای بیمارستانی، نیاز به امکاناتی همچون کوره‌های زباله‌سوز یا توکلاوهای بزرگ بیمارستانی دارد، تامین این امکانات در همه شهرها و بیمارستان‌ها اگر هم به خوبی محقق شود، آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از آن همچنان به قوت خود باقی است که باید برای آن نیز چاره‌اندیشی شود. در کشورهای درحال توسعه استفاده از مواد شیمیایی به عنوان یک گزینه مناسب در دفع پسماندهای بیمارستانی در نظر گرفته می‌شود، درحالی که در کشورهای صنعتی استفاده از مواد شیمیایی به دلیل آلودگی‌های زیست محیطی و مقاومت‌های میکروبی بسیار محدود شده است. به هر حال معطل پسماند به عنوان یک چالش اساسی و میراث تمدن امروزی همچنان دامن گیر کشورها است. هدف این مطالعه مروری، پرداختن به معضل پسماندهای بیمارستانی، آشنایی با انواع پسماندهای بیمارستانی و شیوه‌های کارآمد دفع پسماندهای بیمارستانی است که مقرون به صرفه و سازگار با محیط می‌باشند.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه مروری، با جستجوی مقالات سه سال اخیر در پایگاه‌های علمی Pubmed، Scopus، SID و برخی منابع کتابخانه‌ای در دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، اطلاعات و داده‌های علمی لازم در مورد انواع مختلف پسماندهای بیمارستانی، روش‌های مختلف دفع پسماندهای بیمارستانی و معایب و مزایای آن‌ها جمع‌آوری شده و در این مطالعه مروری مورد بحث و نتیجه‌گیری قرار گرفته است. برای یافتن مقالات مورد نظر از کلمات کلیدی منفرد همچون پسماند (waste)، عفونی (infectious) و کلمات کلیدی ترکیبی نظیر مدیریت پسماند (waste management)، روش‌های دفع پسماند (waste disposal methods) و پسماندهای عفونی بالینی (infectious medical waste) استفاده شده است.

یافته‌ها

انواع پسماندهای بیمارستانی

پسماندهای بیمارستانی به طور کلی به دو بخش خطرناک و

است (۳). در سال‌های اخیر در ایران تولید زباله‌های بیمارستانی به طور چشمگیری افزایش یافته است اما متأسفانه همچون اغلب کشورهای درحال توسعه، در کشور ما نیز به همان نسبت به مدیریت این زباله‌ها پرداخته نشده است. نبود سیاست‌های آینده‌نگر در دفع پسماند، تخصیص نیافتن بودجه لازم و کافی برای مدیریت پسماند، فقدان قوانین و مقررات در جمع‌آوری و دفع پسماند، نبود آموزش‌های لازم در پرسنل و کارکنان مسئول، نبود کنترل و نظارت بر مجموعه دفع زباله، نبود تجهیزات کافی و مناسب در بیمارستان‌ها و از همه مهم‌تر، ضعف سیستم مدیریتی، از دلایل اصلی مشکلات دفع پسماندهای بیمارستانی در ایران هستند (۴).

مطالعات نشان داده است که سالانه دو و نیم میلیون انسان که به‌طور عمده کودک هستند، در اثر بیماری‌های مرتبط با پسماندها می‌میرند. در اثر تماس با پسماندهای بیمارستانی بیماری‌های مختلفی همچون بیماری‌های باکتریایی (کزاز، انتراکس (Anthrax)، سل، ویا، حصبه، عفونت‌های پوستی، گاستروانتریت، عفونت‌های تنفسی)، بیماری‌های ویروسی (هپاتیت) بیماری‌های انگلی (ژیاردیازیس (Giardiasis)، اسکاریازیس (Ascariasis)، انکیلوماستوزیس (Anquilostomiasis)، اکینوкокوزیس (Echinococcosis)، مالاریا) و بیماری‌های قارچی (کاندیدیازیس (Candidiasis)، کریپتوکوکوزیس (Cryptococcosis)، کوکسیدیومیکوزیس (Coccidioidomycosis)) در انسان ممکن است بروز دهند (۴). سازمان بهداشت جهانی گزارش داده است که سرنگ‌های آلوده بیمارستانی منجر به ۲۱ میلیون هپاتیت B، ۲ میلیون هپاتیت C و ۲۶۰۰۰۰ فرد مبتلا به بیماری ایدز شده است.

پسماندهای بیمارستانی بعد از پسماندهای رادیواکتیو به عنوان دومین پسماند خطرناک مطرح شده‌اند بنابراین به کارگیری یک روش صحیح و کامل در دفع پسماندهای بیمارستانی می‌تواند از بروز یک فاجعه زیست محیطی در جامعه جلوگیری کند (۵).

با توجه به این‌که میزان و تنوع پسماندها در کشورهای مختلف متفاوت است بنابراین در کشورهای مختلف بسته به امکانات موجود و میزان و انواع پسماندهای تولید شده، از روش‌های مختلف برای دفع پسماندهای بیمارستانی استفاده می‌شود. (۶). با توجه به اینکه در کشورهای درحال توسعه، به مدیریت و دفع پسماندهای بیمارستانی توجه کافی نمی‌شود، به‌طور عمده پسماندهای بیمارستانی بازباله‌ها و پسماندهای خانگی به صورت مخلوط دفن می‌شوند. این رویه نه تنها

حتی اگر شامل قسمت‌های سالم بدن باشد، باید به عنوان زیرشاخه پسماند عفونی در نظر گرفته شود (۳).

پسماند نوک تیز

پسماندهای نوک تیز مواردی هستند که باعث بریدگی و زخم می‌شوند. از جمله سوزن، سوزن تزریق زیرپوستی، چاقوی کوچک جراحی و سایر تیغ‌ها، چاقوها، لوازم تزریق، اهر، شیشه شکسته و ناخن‌ها. این موارد اغلب جزء پسماندهای بسیار خطرناک در نظر گرفته می‌شوند.

پسماند دارویی

پسماند دارویی شامل: داروهای منقضی شده، استفاده نشده، دورریخته شده، محصولات دارویی آلوده، داروها، واکسن‌ها و سرم‌هایی که دیگر مورد نیاز نیستند، بطری یا جعبه داروها، دستکش، ماسک، لوله و ویال‌های دارویی می‌باشد.

پسماند ژنوتوکسیک

پسماندهای ژنوتوکسیک بسیار خطرناک هستند و ممکن است خواص موتاژن، تراژن و سرطان‌زایی داشته باشند. این پسماندها ممکن است شامل: داروهای سایتوتوکسیک، استفراغ، ادرار یا مدفوع بیماران تحت درمان با داروهای سایتوتوکسیک، مواد شیمیایی و مواد رادیواکتیو (که خود یک طبقه جداگانه‌اند) باشند. داروهای سایتوتوکسیک، مواد اصلی در این طبقه هستند که توانایی کشتن یا متوقف کردن رشد سلول‌های زنده خاص را دارند که در شیمی درمانی استفاده می‌شوند. آن‌ها هم چنین نقش مهمی را به عنوان عوامل سرکوب کننده سیستم ایمنی در پیوند عضو و درمان بیماری‌های مختلف ایفا می‌کنند (۱).

پسماند شیمیایی

پسماندهای شیمیایی شامل: مواد شیمیایی جامد، مایع و گاز هستند که در نتیجه کار تشخیصی، تجربی، تمیز کردن و مراحل ضد عفونی کردن تولید می‌شوند. پسماندهای شیمیایی ممکن است خطرناک یا غیر خطرناک باشند؛ در زمینه حفاظت از سلامتی، اگر ماده‌ای حداقل یکی از خواص سمیت، خوردگی ($\text{PH} < 2$ و $\text{PH} > 12$)، اشتعال‌پذیری

غیر خطرناک تقسیم می‌شوند. بخش غیر خطرناک پسماندها مربوط به پسماندهای خانگی است که شامل: کاغذ، مقوای بسته‌بندی، شیشه، بقایای مواد غذایی و سایر مواد بی‌اثر می‌باشد. بخش دیگر که به عنوان پسماند خطرناک در نظر گرفته می‌شود حاوی مواد سمی، مضر، سرطان‌زا و عفونی است. پسماندهای خطرناک بر اساس خصوصیات و محل تولید به پسماند آسیب شناسی، پسماند عفونی، پسماند دارویی، پسماند شیمیایی، پسماند نوک تیز، پسماند فلزات سنگین، پسماند ژنوتوکسیک، ظروف تحت فشار و پسماند رادیواکتیو که تابع مقررات جداگانه‌ای است، تقسیم شده‌اند (۱).

پسماند عفونی

تعداد پاتوژن‌ها (باکتری‌ها، ویروس‌ها، انگل‌ها و قارچ‌ها) موجود در پسماندهای عفونی به حدی است که درمیزبان حساس باعث بیماری می‌شود. این طبقه شامل کشت‌ها و عوامل عفونی حاصل از کار آزمایشگاهی، پسماند حاصل از عمل جراحی یا کالبد شکافی بیمارانی با بیماری عفونی (به عنوان مثال بافت‌ها و تجهیزاتاتی که با خون یا سایر مایعات بدن در تماس بوده‌اند)، پسماند تولید شده توسط بیماران آلوده در بخش ایزوله (به عنوان مثال فضولات، پانسمن زخم آلوده یا جراحی، لباس به شدت آلوده به خون و یا سایر مایعات بدن)، پسماند مربوط به بیماران دیالیزی (به عنوان مثال تجهیزات دیالیز مثل لوله و فیلتر، حوله یک بار مصرف، روپوش، پیش بند، دستکش) و یا هر ابزار و مواد دیگری که در تماس با افراد و حیوانات آلوده هستند، می‌باشد (۱). اگر پسماندهای عفونی با پسماندهای غیر عفونی ترکیب شوند، کل جرم پسماند، به طور بالقوه عفونی محسوب می‌شود. از نظر موسسات پزشکی، می‌توان این پسماندها را به مدت ۱ روز در دمای ۵ درجه سانتیگراد، به مدت ۷ روز در دمای ۰-۵ درجه سانتیگراد و به مدت ۳۰ روز در دمای صفر درجه نگهداری کرد (۳).

پسماند آسیب شناسی

پسماندهای آسیب شناسی شامل: بافت‌ها، ارگان‌ها، قسمت‌های مختلف بدن، جنین انسان و لاشه حیوانات، خون و مایعات بدن است. در این گروه، پسماند حاصل از تشخیص قسمت‌های بدن انسان و حیوان نیز پسماندهای آناتومی نامیده می‌شوند. این طبقه

پسماند رادیواکتیو

این پسماندها اشاره به عناصر شیمیایی رادیواکتیو دارد و ممکن است در اثر پرتو درمانی یا واحدهای پزشکی هسته‌ای ایجاد شوند. این پسماندها در بیمارستان‌ها دارای سطوح پایینی از رادیواکتیویته به نسبت جرم یا حجم هستند. این پسماندها ممکن است حاوی رادیویزوتوپ‌هایی مانند H_3 ، P_{32} و C_{14} باشند یا خطر انتشار تشعشعات خطرناک نظیر اشعه گاما و بتا داشته باشند، به همین دلیل جهت جلوگیری از بروز هرگونه خطر بهداشتی و زیست محیطی، اغلب توسط سازمان‌های نظارتی دیگر (به عنوان مثال آژانس انرژی اتمی) نظارت می‌شوند (۳).

ذخیره سازی پسماندهای خطرناک بیمارستانی

اعمال کنترل‌های سخت گیرانه در ذخیره سازی، حمل و نقل و دفع پسماندهای بیمارستانی که بخش جدایی ناپذیری از مدیریت بیمارستان است، در سراسر جهان در حال گسترش می‌باشد. بسیاری از کشورها جهت حفاظت از بهداشت عمومی و جلوگیری از آلودگی محیط زیست، در ذخیره سازی، حمل و نقل و دفع کنترل شده پسماندهای خطرناک، از کدهای ویژه‌ای استفاده می‌کنند. بدین صورت می‌توان تنها با استفاده از کد، دستورالعمل مربوط به تمام جنبه‌های ذخیره سازی، حمل و نقل و دفع را به دست آورد (۲). بسته‌بندی گروه‌های مختلف پسماندهای بیمارستانی از نظر رنگ، شکل و اندازه متفاوت است. کدبندی رنگی و نوع ظروف پسماندهای بیمارستانی در جدول ۱ ارائه شده است.

و واکنش پذیری (مواد منفجره، واکنش به آب، مواد حساس به شوک الکتریکی) را دارا باشد، جزء مواد خطرناک شیمیایی محسوب می‌شود. پسماندهای شیمیایی غیرخطرناک متشکل از موادی هستند که هیچ‌کدام از خواص فوق را ندارند؛ مانند قندها، آمینواسیدها، نمک‌های معدنی و آلی خاص (۱).




پسماند با محتوای فلزات سنگین

پسماندهای با محتوای بالای فلزات سنگین یک زیرشاخه از پسماندهای شیمیایی خطرناک و بسیار سمی هستند. برخی از آن‌ها مانند پسماندهای حیوه به واسطه نشت از تجهیزات پزشکی نظیر ابزار سنجش الکترونیکی (دماسنج، دستگاه اندازه‌گیری فشارخون و غیره) تولید می‌شوند (۳).

ظروف تحت فشار

در بیمارستان‌ها، انواع گازها که اغلب در سیلندرهای تحت فشار، کارتریج و قوطی‌های آئروسول ذخیره شده‌اند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. بسیاری از آن‌ها یا خالی شده و یا دیگر مورد استفاده قرار نمی‌گیرند (هرچند هنوز هم حاوی گاز هستند). این ظروف قابل استفاده مجدد هستند، اما بعضی از آن‌ها مثل قوطی آئروسول باید دور انداخته شوند. گاز داخل این ظروف به طور بالقوه خطرناک باشد یا نباشد، در هر حالت باید با احتیاط رفتار شود. ظروف ممکن است آتش گرفته یا سوراخ شود (۱).

جدول ۱- کدبندی رنگی و نوع ظروف پسماندهای بیمارستانی

نوع پسماند	نماد	کدگذاری رنگی	نوع ظرف
غیرخطرناک (خانگی)	-	مشکی	کیسه پلاستیکی
پسماند بسیار عفونی		زرد با برچسب "بسیار عفونی"	محکم، کیسه پلاستیکی ضد نشت و یا قادر به اتوکلاو شدن
سایر پسماندهای عفونی، پسماند آسیب‌شناسی و آناتومی		زرد	ظرف یا کیسه ضد نشت
پسماند نوک تیز	-	زرد با برچسب "نوک تیز"	ظروف مقاوم در برابر سوراخ شدن
پسماند دارویی و شیمیایی	-	قهوه‌ای	ظرف و کیسه پلاستیکی
پسماند رادیواکتیو		-	جعبه سرب، با برچسب نماد رادیواکتیو

به شکل خاکستر می شود. اگر شرایط احتراق کنترل شده نباشد، مونوکسیدکربن نیز تولید خواهد شد. خاکستر و فاضلاب تولید شده حاصل از این فرایند نیز سمی هستند. به منظور جلوگیری از اثرات نامطلوب بر سلامت و محیط زیست، باید تصفیه شوند. برخی از پسماندهای بیمارستانی مانند بافت‌های بدن انسان نیاز به محفظه ثانویه دارند که در آن، مواد حداقل زمان لازم برای حذف بو را داشته باشند (۷). اگر زباله سوزها درست کار کنند، پاتوژن‌ها را از بین می‌برند و حجم و وزن پسماندها را کاهش می‌دهند. به هر حال، انواع خاصی از پسماندهای بیمارستانی مانند پسماند دارویی و شیمیایی، برای نابودی کامل، نیاز به دماهای بالاتری دارند. در این مورد سه نوع تکنولوژی سوزاندن پایه برای از بین بردن پسماندهای بیمارستانی وجود دارد:

زباله سوز دو محفظه‌ای

قابل اطمینان‌ترین و معمول‌ترین روش سوزاندن پسماندهای بیمارستانی، سوزاندن به روش پیرولیزیس (Pyrolysis) است که سوزاندن با هوای کنترل شده یا سوزاندن دو محفظه‌ای نیز نامیده می‌شود. زباله سوز پرولیز شامل یک محفظه پرولیز و یک محفظه احتراق سریع است. در محفظه پیرولیز، پسماندها در اثر حرارت از طریق فرایند احتراق در دمای متوسط (۸۰۰-۹۰۰ درجه سانتیگراد) در نبود یا مقدار کم اکسیژن، سوزانده شده و گاز و خاکستر تولید می‌کنند. برای کاهش دود و بو، گازهای تولید شده در این فرایند توسط مشعل سوخت در دمای بالا (۹۰۰-۱۲۰۰ درجه سانتیگراد) سوزانده می‌شوند. این زباله سوز نیازی به تمیز کردن دودکش خروجی و یا سایر تجهیزات ندارد، خاکستر تولید شده توسط آن‌ها حاوی کمتر از ۱٪ مواد سوخته نشده است که می‌تواند در محل دفن ضایعات (لندفیل‌ها (Landfill)) دفن شود. با این حال، برای جلوگیری از تولید دیوکسین، بهتر است کیسه‌های پلاستیکی داخل زباله سوز ریخته نشود؛ بنابراین نمی‌توان برای بسته‌بندی پسماندها قبل از سوزاندن از پلاستیک استفاده کرد.

کوره تک محفظه‌ای

در کوره‌های تک محفظه‌ای، عملیات بارگذاری پسماند به داخل کوره به صورت دستی با استفاده از میل‌های آهنی انجام می‌گیرد.

محل ذخیره سازی پسماندهای بیمارستانی باید در داخل بیمارستان تعیین شده باشد. کیسه‌ها و ظروف، باید در یک منطقه جداگانه، با توجه به میزان پسماند تولید شده و هم‌چنین فرکانس تولیدی، ذخیره شود. زمان تاخیر بین تولید و تصفیه پسماند باید به این صورت باشد که در اقلیم معتدل: ۷۲ ساعت در زمستان و ۴۸ ساعت در تابستان و در اقلیم گرم: ۴۸ ساعت در طول فصل سرد و ۲۴ ساعت در طول فصل گرم نگهداری شود. پسماندهای سایتوتوکسیک باید به صورت جداگانه از سایر پسماندها در یک محل امن ذخیره شوند. پسماندهای رادیواکتیو باید در ظروف سربی نگهداری شوند. برای پسماندی که در طول تجزیه رادیواکتیو ذخیره می‌شود، زدن برچسب نوع رادیواکتیو، تاریخ و جزئیات شرایط ذخیره سازی مورد نیاز است.

انواع روش‌های دفع پسماندهای بیمارستانی

سوزاندن خشک

مزایای روش سوزاندن، آن را به یک روش ارجح برای دفع پسماندهای خطرناک بیمارستانی در سراسر جهان تبدیل کرده است. سوزاندن یک فرایند اکسیداسیون خشک در دمای بالا است که پسماندهای آلی را به مواد معدنی غیرقابل احتراق تبدیل می‌کند و در نتیجه سبب کاهش قابل توجهی در حجم و وزن پسماندها می‌شود (۱). از این روش برای درمان پسماندهای غیرقابل بازیافت استفاده می‌شود. یکی از نگرانی‌های مربوط به سوزاندن پسماندهای بیمارستانی، امکان وجود میکروارگانیسم‌های عفونی در گازهای خارج شده از دودکش زباله سوز و خاکستر باقیمانده است (۵). نتایج مطالعه بلنخارن (Blenkharن) و همکاران در سال ۱۹۸۹ نشان داد که گازهای خروجی از یک زباله سوز بیمارستانی با دمای گاز دودکش در محدوده ۱۸۶-۳۰۵، حاوی باکتری‌های گرم مثبت از قبیل باسیلوس (Bacillus)، استافیلوکوکوس اورئوس (Staphylococcus aureus)، استافیلوکوکوس کواگولاز منفی (Staphylococcus coagulase negative) و تعداد کمی گونه‌های گرم منفی مانند سودوموناس فلورسنس (Pseudomonas fluorescens) بودند (۶).

احتراق ترکیبات آلی سبب انتشارات گازی همچون بخار آب، دی اکسیدکربن، اکسیدهای نیتروژن و برخی مواد (مثل فلزات و اسیدهای هالوژنه) و ذرات معلق و نیز باقی مانده‌های جامد

برای ضدعفونی کردن پسماندهای مایع مانند خون، ادرار، مدفوع و فاضلاب بیمارستان است. از جمله محدودیت‌هایی که در فرایند ضدعفونی کردن پسماندهای بیمارستانی جامد و خطرناک همچون کشت‌های میکروبیولوژی و مواد نوک تیز وجود دارد، این است که ضدعفونی کننده‌های قوی مورد نیاز است که خود ممکن است خطرناک باشند و باید توسط افراد آموزش دیده مورد استفاده قرار گیرند و لازم است شرایط محافظت از پرسنل فراهم شود. از دیگر محدودیت‌هایی که می‌توان به آن اشاره کرد این است که ضدعفونی کننده‌های شیمیایی فقط سطح پسماندهای جامد را ضد عفونی می‌کنند. بخش‌های بدن انسان و لاشه حیوانات اغلب نباید ضدعفونی شیمیایی شود. در برنامه ریزی استفاده از ضد عفونی شیمیایی، الزامات برای دفع نهایی باید در نظر گرفته شود؛ زیرا دفع نامناسب می‌تواند منجر به مشکلات جدی زیست محیطی شود. بررسی سازمان بهداشت جهانی بر روی مقاومت میکروارگانیسم‌ها در برابر ضدعفونی کننده‌های شیمیایی نشان داده است که اسپوره‌های باکتری، مایکوباکتریوم‌ها (Mycobacterium)، ویروس‌های آب دوست، ویروس‌های چربی دوست، قارچ‌های رویشی، اسپوره‌های قارچی، باکتری‌های رویشی، انگل‌ها مانند ژیا ردیا (Giardia) و کریپتوسپیدیوم (Cryptosporidium) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقاومت هستند. در حال حاضر، استفاده از ضدعفونی کننده‌های شیمیایی برای ضدعفونی کردن پسماندهای بیمارستانی در کشورهای صنعتی محدودیت دارند. ولی در کشورهای در حال توسعه بیشتر برای تصفیه نمونه‌های بالینی خطرناک مانند مدفوع گرفته شده از بیمار مبتلا به وبا، استفاده می‌شوند. پسماندهای ضدعفونی شده با مواد شیمیایی خطری ایجاد نمی‌کنند ولی مواد شیمیایی ضدعفونی کننده ممکن است در اثر نشت بعد از دفع، مشکلات بعدی زیست محیطی را ایجاد کنند.

انواع ضدعفونی کننده شیمیایی

برخی از مواد ضدعفونی کننده در از بین بردن و غیرفعال کردن گروه خاصی از میکروارگانیسم‌ها و برخی در برابر تمام انواع آن‌ها مؤثر هستند. بنابراین شناخت ماهیت میکروارگانیسم هدف، به منظور نابودی، ضروری است. انتخاب ضد عفونی کننده نه تنها به تاثیر آن، بلکه به خورندگی و سایر خطرات آن هم بستگی

در این کوره‌ها میل‌های آهنی باید تنها زمانی مورد استفاده قرار بگیرد که زباله‌های پیرولیز مقرون به صرفه نیستند. در کوره‌های تک محفظه‌ای، احتراق با اضافه کردن سوخت شروع شده و در ادامه بدون اضافه کردن مستمر سوخت، ادامه می‌یابد. اساس کار این کوره، بر پایه تهویه طبیعی به صورت جریان هوا از دهانه کوره به دودکش است؛ در صورتی که جریان هواناکافی باشد، توسط تهویه مکانیکی حمایت می‌شود. حذف منظم دوده و سرباره ضروری است. دمای مورد استفاده در این نوع زباله سوزها ۳۰۰-۴۰۰ درجه سانتیگراد است.

کوره دوار

کوره‌های دوار (سانتریفیوژ) زباله سوزهایی هستند که در دمای بالا، قادر به تجزیه مواد زئوتوکسیک و مواد شیمیایی مقاوم در برابر حرارت می‌باشند. این کوره‌ها به طور کلی شامل دو محفظه احتراق و تجهیزات کنترل آلودگی هوا هستند. پسماندها به طور مستقیم به کوره وارد می‌شوند. نرخ جریان پسماند به کوره، تابعی از سرعت کوره می‌باشد که این میزان متغیر است. برای کمک به فرایند سوزاندن اغلب هوا بیش از نیاز استوکیومتری به کوره ارائه می‌شود. پسماندها در کوره به دلیل حرکت چرخشی کوره، به صورت آشفته هستند؛ چرخه کوره اغلب در حدود ۱-۳ rpm است. این تلاطم پسماندها، به تماس آن‌ها با هوا و در نتیجه احتراق کمک کرده و از طرفی هم بار ذرات خروجی از دودکش زباله سوز را هم افزایش می‌دهند. بنابراین این گروه نیاز به کنترل آلودگی هوا دارد (۱۲). در این نوع کوره‌های زباله سوز، برای سوزاندن پسماندهای بیمارستانی درجه حرارتی بین ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد به کار گرفته می‌شود.

ضد عفونی شیمیایی

ضد عفونی شیمیایی به طور مداوم در مراکز بهداشتی برای از بین بردن میکروارگانیسم‌ها در تجهیزات پزشکی و در دیوارها و کف استفاده می‌شود. در حال حاضر ضد عفونی کننده‌های شیمیایی برای ضد عفونی کردن پسماندهای بیمارستانی بسیار توسعه یافته‌اند. مواد شیمیایی به منظور از بین بردن و غیرفعال کردن پاتوژن‌ها، به پسماندها اضافه می‌شوند. ضدعفونی شیمیایی مناسب‌ترین روش

پسماندهای عفونی خرد شده با دمای بالا و فشار بخار بالا است. این روش در صورت زمان تماس و درجه حرارت کافی، بیشتر میکروارگانیسم‌ها را غیرفعال می‌کند. برای باکتری‌های اسپور شده حداقل درجه حرارت ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد مورد نیاز است. در این فرایند، قبل از تصفیه نیاز است پسماندها خرد شوند. این روش برای تصفیه پسماندهای آناتومیک و لاشه حیوانات، نامناسب است و همچنین در تصفیه پسماندهای دارویی و شیمیایی نیز موثر نمی‌باشد. با این حال هزینه‌های عملیاتی کم و تاثیرات زیست محیطی پایین، از مزایای این روش به حساب می‌آید. مخزن واکنش برای فرایند حرارتی مرطوب، ممکن است یک استوانه فولادی متصل به یک ژنراتور بخار باشد که می‌تواند در برابر فشار (۶۰۰ kPa / bar) و دمای ۱۶۰ درجه سانتیگراد مقاوم باشد. این سیستم هم چنین شامل پمپ خلاء و تامین برق است. در طول فرایند، فشار و دما کنترل می‌شوند و عملکرد این سیستم ممکن است به صورت خودکار باشد. فرایندهای حرارتی مرطوب اغلب سیستم‌های ناپیوسته و

دارد. انواع مواد شیمیایی مورد استفاده برای ضد عفونی پسماندهای بیمارستانی عبارتند از: آلدئیدها، ترکیبات کلر، نمک‌های آمونیوم، ترکیبات فنول و غیره. ویژگی‌های برخی از این مواد در جدول ۲ به صورت خلاصه، ارائه شده است.

استفاده از اکسید اتیلن، به دلیل خطرات مرتبط با مدیریت، برای ضد عفونی توصیه نمی‌شود. با این حال، هنوز در برخی مکان‌ها از آن استفاده می‌کنند. بسیاری از مواد ضد عفونی کننده پس از بازکردن ظرف، حداقل به مدت پنج سال و یا ترکیب شیمیایی همچون سدیم هیپوکلریت به مدت ۶-۱۲ ماه مؤثر باقی می‌مانند. ضد عفونی کننده‌های قوی اغلب برای پوست و غشاهای مخاطی، خطرناک و سمی هستند. بنابراین کاربران باید از لباس‌های محافظ از جمله عینک و دستکش استفاده کنند (۲).

ضد عفونی حرارتی مرطوب (اتوکلاو)

اساس کار ضد عفونی حرارتی مرطوب (بخار) وابسته به میزان تماس

جدول ۲- ویژگی‌های پرکاربردترین مواد ضد عفونی کننده شیمیایی پسماندهای عفونی

ماده ضد عفونی کننده	کاربرد	خواص فیزیکی و شیمیایی	توضیحات
فرمالدهید (HCHO)	در ترکیب با بخار در ۸۰°C به مدت ۴۵ دقیقه	واکنش پذیر در دمای محیط، پلیمریزاسیون در دمای کمتر از ۸۰ درجه، فرمالین یک محلول ۳۷٪ فرمالدهید است. آستانه بو: ۰/۱-۱ ppm	-
اکسید اتیلن (CH ₂ OCH ₂)	در ترکیب با بخار در ۳۵-۵۵ درجه، در طوبت ۶۰-۸۰٪ و به مدت ۴-۱۲ ساعت	واکنش پذیر در دمای محیط، پلیمریزاسیون در دمای کمتر از ۸۰ درجه، محلول در آب و بسیاری از حلال‌های آبی. آستانه بو: ۷۰۰-۳۲۰ ppm	استفاده از اکسید اتیلن به دلیل خطرات مرتبط با سلامتی قابل توجه، توصیه نمی‌شود.
گلو تارالدهید ۳-CHO-(CH ₂)-CHO	فعال در برابر باکتری‌ها و تخم انگل‌ها. ۵ دقیقه برای ضد عفونی تجهیزات پزشکی ۱۰ ساعت برای از بین بردن اسپورها	مایع، بسیار واکنش پذیر و غیرقابل اشتعال. متانول به مدت طولانی از آن حفاظت می‌کند.	احتمال اشتعال پسماند آن در فاضلاب در اثر مخلوط شدن با حلال‌های اشتعال پذیر، وجود دارد.
هیپوکلریت سدیم (NaOCl)	غیر موثر برای ضد عفونی مایعات با محتوای آلی بالا مانند خون یا مدفوع	محلول‌ها باید از نور محافظت شوند تا زود تجزیه نشوند؛ با اسید واکنش می‌دهند گاز کلر خطرناک تولید می‌کند.	به دلیل خطرات بهداشتی، خیلی کم مورد استفاده قرار می‌گیرد. ختنی سازی توسط اسید قبل از تصفیه فاضلاب
دی اکسید کلر (ClO ₂)	به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد مثلاً در آماده سازی آب آشامیدنی و تصفیه پساب.	با آب یا بخار واکنش داده و گازهای خورنده از جمله هیدروکلریک اسید، تولید می‌کند.	

۱) رها کردن پسماند در زمین باز

از آن جایی که در این روش هیچ گونه کنترلی وجود ندارد و پسماندها پراکنده هستند، منجر به بروز مشکلاتی از جمله آلودگی هوا، آتش سوزی، انتقال بیماری‌ها و دسترسی آزاد رفتگران و حیوانات، می‌شود. در مطالعه‌ای که توسط بلنخارن (۲۰۰۶)، بر روی شیرابه محل دفن پسماند بیمارستانی انجام شد، وجود باکتری استافیلوکوکوس اورئوس، سالمونلا (Salmonella)، انتروکوکوس (Enterococcus) و دیگر انتروباکتریاسه‌ها (Enterobacteriaceae) پس از گذشت چندین هفته در شیرابه گزارش شده است (۱۱). در مطالعه دیگری هیل بوت و همکاران (۲۰۰۱) ۴۳ گونه مختلف از باکتری‌ها و مخمرها در شیرابه محل‌های دفع زباله شناسایی کردند که برخی از آن‌ها با عفونت‌های انسانی در ارتباط بودند (۹). پسماندهای بیمارستانی نباید در محل‌های باز ریخته شوند، زیرا خطر تماس انسان‌ها و حیوانات با پاتوژن‌های عفونی و انتقال بیماری، چه از طریق زخم، استنشاق و بلع و یا به طور غیرمستقیم از طریق زنجیره غذایی یا یک گونه پاتوژن، وجود دارد (۱).

۲) محل‌های دفن نیمه کنترل شده

در این روش، پسماند به صورت فشرده در محل‌های دفن ریخته می‌شود و به وسیله پوشش خاک روزانه پوشانده می‌شود. انواع پسماند شهری، صنعتی و بیمارستانی بدون جداسازی در محل‌های دفن تخلیه می‌شوند. این نوع دفن پسماند نیازی به مهندسی مدیریت گاز و شیرابه ندارد (۱۲).

۳) محل دفن بهداشتی

این روش نسبت به مناطق دفع باز، مزیت‌های بیشتری دارد از جمله جداسازی زمین شناسی پسماند از محیط زیست، مهندسی آماده سازی مناسب سایت برای پذیرش پسماند، حضور کارکنان در مکان برای کنترل عملیات و سازماندهی کردن تخلیه و پوشش روزانه پسماند. به طور کلی، دفن یک روش آسان و کم هزینه برای دفع پسماند است؛ اما اگر محل‌های دفن پسماند به درستی مدیریت نشوند، خطر بیماری و آلودگی محیط زیست افزایش می‌یابد. ضایعات تولیدی از محل دفن پسماند در طول فرایند تخریب پسماند، در سه فاز جامد (پسماند تخریب شده)، مایع (شیرابه) و

گاهی به صورت پیوسته هستند. از اتوکلاو برای درمان پسماندهای نوک تیز، اقلام آلوده به خون و باقی مانده از یک عمل جراحی، باند، پارچه، لباس و دیگر موارد مشابه استفاده می‌شود. اتوکلاو دارای درجه حرارت ۲۵۰-۵۰ درجه سانتی گراد است اما ۱۶۰ درجه، به عنوان درجه حرارت مطلوب برای از بین بردن باکتری‌ها می‌باشد (۱). اتوکلاو پسماندهای بیمارستانی یک فرایند جایگزین زباله سوز در نظر گرفته شده است؛ اما پر هزینه‌تر از سوزاندن می‌باشد. به این دلیل که در روش ضد عفونی با اتوکلاو، نیاز به یک روش دیگر برای دفع نهایی وجود دارد. به علاوه اتوکلاو نمی‌تواند پسماندهای شیمیایی و مواد خطرناک مانند پسماند حاصل از شیمی درمانی، جیوه، پسماند آلی فرار و غیر فرار و رادیواکتیو را از بین ببرد. به طور کلی این روش، روش کاملی نیست (۴).

مایکروویو

امواج مایکروویو، امواج الکترومغناطیسی با فرکانس بین امواج رادیویی و مادون قرمز هستند (۹). بسیاری از میکروارگانیسم‌ها توسط مایکروویو با امواج ۲۴/۱۲ cm و طول موج ۲۴۵۰ MHz، از بین می‌روند. آب موجود در پسماند به سرعت توسط مایکروویو گرم می‌شود و اجزای عفونی توسط هدایت گرمایی از بین می‌روند. در واحد تصفیه مایکروویو، پسماندها به قطعات کوچک خرد می‌شوند، سپس پسماند مرطوب شده و به محفظه تابش که توسط یک سری ژنراتور مایکروویو مجهز شده است انتقال داده می‌شود و به مدت ۲۰ دقیقه تحت تابش قرار می‌گیرد. مایکروویو کردن پسماندهای بیمارستانی با سوزاندن، از لحاظ اقتصادی، نزدیک به هم هستند (۴). با این حال تکنولوژی مایکروویو در مقیاس بزرگ برای مدیریت پسماند مناسب نیست (۱۰).

دفع در زمین

اگر شهرداری یا مسئولین بیمارستان، در واقع فاقد وسیله‌ای برای تصفیه پسماندها قبل از دفع باشند، استفاده از محل‌های دفع پسماند به عنوان مسیر دفع، قابل قبول است؛ زیرا تجمع پسماندها در بیمارستان یا جای دیگر، به منزله یک خطر بزرگتر و به مراتب بالاتر از انتقال عفونت از طریق دفع در محل‌های دفع پسماند شهری می‌باشد. مکان‌های دفع زباله را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد که عبارتند از:

واسط این دو شرح داده می‌شود. این فاز قدرت حلالیت مایعات و همچنین قدرت انتقال گازها را دارد و همینطور ویسکوزیته کمتر و نفوذ بالاتری نسبت به مایع دارد (۱۶).

استفاده از سیال فوق بحرانی دی اکسیدکربن شایع‌ترین نوع سیال فوق بحرانی است. سیال فوق بحرانی دی اکسیدکربن به دلیل داشتن مزایایی از جمله موثر در برابر میکروارگانیزم‌ها، پارامترهای بحرانی کم (۳۱/۱ درجه سانتیگراد و ۸/۷۳ bar)، هزینه کم و غیرسمی، غیرقابل اشتعال، به وفور در دسترس، قابل بازیافت و سازگار بودن با محیط زیست، به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۷). علاوه بر این، قدرت حلالیت و نفوذ بالا و ویسکوزیته کم، موثر در غیرفعال کردن میکروب‌ها، باعث شده است که از آن به عنوان یک تکنولوژی ضد عفونی استفاده کنند. اگرچه در برخی موارد، مواد افزودنی مانند پروکسیدهیدروژن و پراستیک اسید نیز استفاده می‌شود (۱). ضد عفونی میکروارگانیزم‌های مختلف با استفاده از سیال فوق بحرانی دی اکسیدکربن در شرایط مختلف آزمایشگاهی در جدول ۳ نشان داده شده است (۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱).

با توجه به تاثیر این تکنولوژی بر میکروارگانیزم‌ها، برنامه‌های بازیافت و استفاده مجدد از پسماندهای بیمارستانی می‌تواند بدون هیچگونه خطر عفونی، انجام گیرد. بدیهی است پسماند جامد بیمارستانی از جمله ابزار و تجهیزات پزشکی ساخته شده از فلز یا قطعات پلاستیکی، کاغذ، مقوا و غیره را می‌توان پس از ضد عفونی کردن توسط سیال فوق بحرانی دی اکسیدکربن مورد استفاده مجدد قرار داده یا بازیافت کرد. بنابراین اتخاذ تکنولوژی ضد عفونی سیال فوق بحرانی دی اکسیدکربن در مدیریت پسماندهای جامد

گاز (اغلب به عنوان گاز محل دفن زباله اشاره می‌شود، مانند متان و کربن دی اکسید) می‌باشد (۱۳). شیرابه تولید شده در محل دفن پسماند، شامل: طیف گسترده‌ای از نمک‌ها، ترکیبات آلی هالوژنه، فلزات کمیاب و اسیدهای آلی است که می‌تواند خاک یا آب اطراف خود را آلوده کند. بنابراین، محل دفن یک راه حل ایمن برای دفع پسماندهای بیمارستانی محسوب نمی‌شود (۱).

مایع فوق بحرانی دی اکسید کربن

روش اتوکلاو کردن، اکسید اتیلن و مایکروویو تکنولوژی‌های معمول ضد عفونی می‌باشند (۱۴). اگرچه تمام این روش‌ها اطمینان رضایت بخشی در غیرفعال کردن میکروب‌ها به دست می‌دهند، اما دارای محدودیت نیز هستند. تمام این تکنیک‌ها بسیار گران بوده و مدیریت و کنترل آن‌ها سخت می‌باشد، زیرا دما و فشار بالا مورد نیاز است (۱۵). بنابراین بیشتر روش‌های ضد عفونی برای ضد عفونی کردن پسماندهای بیمارستانی نا مناسب هستند زیرا ممکن است پسماندهای قابل استفاده مجدد و حساس به گرما، در اثر افزایش دما از بین بروند. از این رو، تکنولوژی ضد عفونی سیال فوق بحرانی (SCF: Super Critical Fluid) به عنوان یک تکنولوژی ضد عفونی دردمای پایین، برای ضد عفونی کردن پسماندهای بیمارستانی بسیار امیدوارکننده است (۱).

هرگونه ترکیب در یک دما و فشار بیشتر از حد بحرانی را، سیال فوق بحرانی گویند. فشار بحرانی، فشار بخار گاز، دردمای بحرانی است. در محیط فوق بحرانی فقط یک فاز وجود دارد. با اینکه مایع نامیده می‌شود ولی نه مایع است و نه گاز، بلکه به عنوان حد

جدول ۳- مطالعات انجام شده در زمینه ضد عفونی میکروارگانیزم‌ها توسط سیال فوق بحرانی دی اکسیدکربن در شرایط مختلف

میکروارگانیزم	افزودنی	زمان (min)	دما (°C)	فشار (bar)
<i>Salmonella enterica</i>	-	۳۰-۱۵	۵۵-۳۵	۲۵۰-۸۰
<i>B. megaterium & B. subtilis</i>	-	۳۰	۴۰	۳۰۰
<i>Bacillus pumilus</i>	H ₂ O ₂	۲۴۰	۶۰	۲۷۵
biological pathogens	H ₂ O ₂ , H ₂ O	۳۰	۵۰	۸۰/۸
<i>Bacillus pumilus</i>	H ₂ O ₂	۴۵	۵۰	۱۰۱
<i>Alicyclobacillus acidoterrestris</i>	H ₂ O ₂	۲۴۰	۴۰	۲۷۵
<i>Bacillus subtilis</i>	-	۱۲۰	۷۵-۳۶	۱۵۰-۷۰

توجه به فرهنگ اجتماعی، مذهبی و ملاحظات اخلاقی محدود شود. در این مورد دو گزینه قدیمی ارائه شده است:

۱- خاکسپاری (دفن) در گورستان یا محل های دفع خاص

۲- سوزاندن در گورستان یا زباله سوزهای طراحی شده ویژه

۳- هضم قلیایی

هضم قلیایی یکی از روش های نوین در دفع بافت های آلوده به ویژه برای بافت های آلوده و لاشه های حیوانات است. در برخی کشورها، مواد زائد جفت به کود کمپوست تبدیل می شوند یا در چاهک های جفت که به این منظور طراحی شده اند دفن می شوند تا فرایند بیولوژیکی تجزیه طبیعی را تسهیل نمایند.

مواد زائد دارویی

برای دفع مواد دارویی با مقادیر کم از روش های زیر می توان استفاده کرد:

۱- ارجاع داروهای منقضی شده به تولیدکننده یا کارخانه داروسازی

۲- کپسول سازی و دفن در محل های بهداشتی دفن زباله

۳- تجزیه شیمیایی مطابق با توصیه تولیدکنندگان در صورتی که کارشناس شیمی و کارشناس مواد حضور داشته باشند.

۴- رقیق سازی در حجم بالای آب و تخلیه در فاضلاب برای مقادیر متوسط مایعات ملایم و داروهای نیمه مایع مانند محلول های حاوی ویتامین ها، شربت های سرفه، محلول های داخل وریدی و محلول های چشم.

۵- داروهای آنتی بیوتیک و سایتوتوکسیک را نباید در فاضلاب های شهری یا رودخانه ها تخلیه نمود.

برای دفع مواد دارویی با مقادیر زیاد از روش های زیر می توان استفاده کرد:

۱- کپسول سازی و دفن در محل های بهداشتی دفن زباله

۲- سوزاندن در کوره های مجهز به ابزارهای کنترل آلودگی که برای مواد زائد صنعتی طراحی شده اند و در دماهای بالا بهره برداری می شوند.

۳- رقیق سازی و تخلیه در فاضلاب برای مایعات بی ضرر مانند محلول های وریدی (نمک ها، آمینواسیدها، گلوکز).

برخی فناوری های نو ظهور مانند اوزون زنی در مقیاس بالا و تجزیه با استفاده از کاتالیز ایزوپروپوکساید لیگاند (Isopropoxide Ligands)،

بیمارستانی، می تواند تماس با پسماندهای عفونی، نیروی کار و هزینه ها را کاهش دهد. بر این اساس بیمارستان ها می توانند یک محیط ایمن برای کارکنان و بیماران مهیا کنند. روش سیال فوق بحرانی دی اکسید کربن بسیار سازگار با محیط زیست نیز می باشد.

روش های دفع پسماندهای خطرناک بیمارستانی براساس گروه های خاص مواد زائد

پسماندهای بیمارستانی، پسماندهای خطرناکی هستند؛ اما اگر به درستی دفع شوند، می توان آسیب را به حداقل رساند. روشی که برای دفع پسماند بیمارستانی انتخاب می شود باید مقرون به صرفه و قابل اجرا بوده و هم چنین سازگار با محیط زیست باشد (۱).

در زیر نمونه هایی از روش های تصفیه در کشورهای کم درآمد و کشورهای با درآمد متوسط، که برای ترکیبات خاص مواد زائد مراقبت های بهداشتی به کار می برند، ذکر شده است که عبارتند از:

مواد زائد تیز و برنده

دفع نامناسب مواد زائد تیز و برنده با خطر بالای انتقال بیماری در بین کارگران مراقبت های بهداشتی، کارگران مواد زائد و عموم مردم همراه می باشند. در هند مواد زائد تیز اغلب در جعبه های ایمن (Safety Box) مقوایی جمع آوری و در زباله سوزهای کوچک سوزانده می شوند.

به طور کلی روش ها شامل مراحل زیر هستند:

۱- استفاده از برش دهنده های مکانیکی سوزن در محل یا نابود کننده های الکتریکی سوزن.

۲- خرد نمودن ذرات پلاستیکی تصفیه شده.

۳- دفع تکه های فلزی در چاهک های مواد زائد تیز و برنده.

۴- ذوب مجدد پلاستیک ها برای بازیافت.

از طرف دیگر، مواد تیز و برنده را می توان اتوکلاو و خرد و سپس در بلوک های سیمانی کپسوله نمود که بعدها به وسیله های مفیدی مانند نیمکت های بیمارستانی تبدیل شوند (۲۲).

مواد زائد آناتومی و پاتولوژی، جفت جنین و لاشه های حیوانی آلوده

تصفیه مواد زائد آناتومی، پاتولوژی و جفت جنین ممکن است با

آلودگی هوای شونده. در برخی کشورها مواد حاوی جیوه و کادمیوم را می‌توان به تسهیلاتی ارسال نمود که خاص بازیابی فلزات سنگین هستند. هم‌چنین امکان ارجاع مواد زائد به عرضه‌کننده‌های تجهیزات اصلی و با هدف بازیابی مجدد یا دفع نهایی وجود دارد. صادرات مواد زائد به کشورهای با نیروی متخصص و تسهیلاتی برای تصفیه مناسب را نیز باید مورد توجه قرارداد و صرفاً باید تحت قوانین کنوانسیون بازل (Bazel Convention) قرار گیرد. اگر هیچ‌یک از این گزینه‌ها امکان پذیر نیست مواد زائد را باید به محل‌هایی که برای ذخیره‌سازی یا دفع مواد زائد صنعتی طراحی شده‌اند، انتقال داد.

مواد زائد رادیواکتیو

در مدیریت مواد زائد رادیواکتیو، برنامه ریزی باید در جهت کاهش دادن مواد زائد باشد. سه روش دفع برای مواد زائد رادیواکتیو سطح پایین امکان پذیر است:

- ۱- «تجزیه در انبار» که ذخیره ایمن مواد زائد رادیواکتیو است تا زمانی که سطح تابش از تابش زمینه غیر قابل تشخیص باشد.
- ۲- ارجاع به تولیدکننده
- ۳- ذخیره طولانی مدت در محل مناسب دفع مواد زائد رادیواکتیو. مواد زائد عفونی باید قبل از تصفیه و دفع، گند زدایی و تجزیه شوند. علاوه بر موارد فوق، برای کاهش میزان مواد زائد رادیواکتیو و انجام مراقبت‌های بهداشتی اقدامات زیر نیز قابل انجام است؛

گند زدایی مواد جامد رادیواکتیو توسط روش‌های حرارت مرطوب یا مایکروویو مناسب نمی‌باشد. مواد زائد رادیواکتیو جامد مثل بطری‌ها، شیشه‌ها و ظرف‌ها را باید قبل از دفع تخریب نمود تا از استفاده مجدد آن‌ها توسط عموم مردم پیشگیری شود. مواد زائد رادیواکتیو با سطح بالا نیمه عمر نسبتاً کوتاه (مثلاً ۱۳۱-ید) و مایعانی که با آب مخلوط نمی‌شوند مثل باقی مانده‌های کانتینر سنتیلاسیون (Scintillation Counter) و روغن آلوده را باید برای تجزیه در ظرف‌های علامت گذاری شده، زیر حفاظ سربی تا زمانی که اکتیویته به سطوح تریخیص مناسب برسند، ذخیره نمود (۲۵).

بحث و نتیجه‌گیری

هر کدام از روش‌های پیشنهاد شده برای دفع پسماندهای بیمارستانی، دارای مزایا و معایبی هستند و همین امر بیشتر باعث متنوع شدن این

آهن - تترا امیدوماکروسیکلیک (TAMLs: Tetra-amido - (Iron (III) macrocyclic ligands)) نیز وجود دارد. اما استفاده از این فناوری‌ها را باید به دقت ارزیابی نمود زیرا که بسیاری از آن‌ها ثبت سازمانی تصفیه مواد زائد دارویی مربوط به مراقبت‌های بهداشتی را ندارند.

مواد زائد سایتوتوکسیک

مواد زائد سایتوتوکسیک بسیار خطرناک هستند و هرگز نباید آن‌ها را در محل دفن زباله دفن یا در شبکه جمع‌آوری فاضلاب تخلیه نمود. گزینه‌های دفع مواد زائد سایتوتوکسیک عبارتند از:

۱- ارجاع به تهیه‌کننده اصلی

۲- سوزاندن در دماهای بالا

۳- تجزیه شیمیایی مطابق با دستورالعمل‌های سازنده

انهدام و تجزیه کامل مواد زائد سایتوتوکسیک به دمای بالای ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد در زباله سوز و حداقل زمان ماندگاری یعنی دو ثانیه در محفظه ثانویه است. زباله سوز باید به تجهیزات پاک سازی گاز مجهز باشد. زباله سوز با دمای پایین منجر به رها سازی بخارهای خطرناک سایتوتوکسیک به اتمسفر می‌شود. سوزاندن در کوره‌های زباله سوزی شهری، زباله سوزهای تک محفظه‌ای یا سوزاندن در هوای باز برای دفع مواد سایتوتوکسیک روش‌های نامناسبی هستند (۲۳).

مواد زائد شیمیایی

جایی که قوانین محلی اجازه می‌دهد، مواد زائد شیمیایی معمولی و غیر قابل بازیافت مثل شکرها، آمینواسیدها و نمک‌های خاص را می‌توان با مواد زائد شهری دفع یا در فاضلاب‌های شهری تخلیه نمود. با این حال، مجوز رسمی مقامات ذی صلاح نیاز است تا محدودیت‌های انواع و میزان موادی که می‌توان در فاضلاب‌ها تخلیه نمود مشخص کنند. به طور کلی روش‌های تخلیه شامل محدودیت‌های غلظت‌های آلاینده، محتوای جامدات معلق، دما و PH و در برخی موارد نرخ تخلیه می‌باشند (۲۴).

مواد زائد حاوی فلزات سنگین

مواد زائد حاوی جیوه یا کادمیوم را نباید سوزاند یا در زباله سوز انداخت. کادمیوم و جیوه در دماهای نسبتاً پایین بخار و باعث

شدن آب‌های زیر زمینی می‌گردد. بنابراین با این شرایط روش دفن پسماند در زمین، نمی‌تواند یک روش مطلوب محسوب شود. مواد شیمیایی هر چند در دفع پسماندهای بیمارستانی بسیار موثر عمل می‌کنند و باعث نابودی اکثر پاتوژن‌های بیمارستانی می‌گردند، ولی خطر گسترش مقاومت‌های میکروبی در برابر این عوامل، ماندگاری بالای این گونه مواد در طبیعت و آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از آن‌ها و هم چنین خطرات ناشی از مواد شیمیایی برای کارکنان و پرسنل بیمارستانی، باعث شده کشورهای صنعتی رغبتی به استفاده از مواد شیمیایی جهت دفع پسماندهای بیمارستانی نداشته باشند و به دنبال روشی جایگزین و درعین حال موثرتر، ایمن‌تر و ارزان‌تر باشند. روش سیال فوق بحرانی دی اکسید کربن در مقایسه با سایر روش‌ها از مزایای بیشتری برخوردار است. از مزیت‌های این روش می‌توان به موثر بودن آن در برابر میکروارگانیسم‌ها، داشتن پارامترهای بحرانی پایین (۳۱/۱ درجه سانتیگراد و ۸/۷۳ bar)، برخوردار بودن از هزینه کم، غیر سمی بودن، غیر قابل اشتعال بودن، دسترسی آسان، قابل بازیافت بودن، سازگار بودن با محیط زیست، داشتن قدرت حلالیت و نفوذپذیری بالا و دارا بودن ویسکوزیته پایین، روش بسیار موثر و جایگزین در دفع پسماند قلمداد شده است. با داشتن یک برنامه‌ریزی منظم و مدیریت صحیح و استفاده از روش مناسب دفع با توجه به نوع پسماند تولید شده و هم چنین ارائه آموزش‌های لازم برای مردم و مسئولان بیمارستان‌ها، می‌توان از خطرات این پسماندها جلوگیری کرد. به طور کلی انجام مطالعات آزمایشگاهی و تحقیقاتی بیشتر، جهت انتخاب روش مطلوب و سازگار با کشور ایران از نظر اقتصادی-اجتماعی و هم چنین محیط زیستی ضروری به نظر می‌رسد.

روش‌ها گردیده است. روش‌های مورد استفاده در دفع پسماندهای بیمارستانی شاید نتایج قابل قبولی داشته باشند، اما در مقایسه با شرایط ایده‌آل، بیشتر این تکنیک‌ها گران و هزینه بر هستند و به دلیل نیاز به دما و فشار بسیار بالا، مدیریت و کنترل آن‌ها بسیار سخت می‌باشد. از میان روش‌های گفته شده در دفع پسماندهای بیمارستانی، روش سوزاندن یکی از شایع‌ترین روش‌هایی است که مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش در کنار داشتن مزایایی همچون کاهش دادن حجم زیادی از پسماندها، دفع مواد پلاستیکی و تولید انرژی، دارای معایبی مانند ایجاد بو، دود و آلودگی هوا، داشتن سرمایه گذاری و هزینه اولیه زیاد و سنگین بودن هزینه تاسیسات مورد نیاز برای سوزاندن پسماند، نیز می‌باشد. روش اتوکلاو از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست، حوزه دانش و سطح علمی در این زمینه ناچیز است، بیشتر بیمارستان‌ها و مراکز پزشکی به دلیل کمبود جا امکان نصب این دستگاه را ندارند و هم چنین تمام زباله‌های پزشکی و بیمارستانی قابلیت از بین بردن با اتوکلاو را ندارند. روش دفن پسماند در زمین دارای مزایایی است از قبیل داشتن هزینه بهره برداری کمتر نسبت به بقیه روش‌ها، ضروری نبودن جداسازی مواد و استفاده از محل دفن برای ایجاد فضای سبز، پارک و... پس از پر شدن. ولی در این روش علی‌رغم وجود این مزایا، معایبی نیز دیده می‌شود از جمله اینکه در این روش به دلیل نبود فضای مناسب و دور از جوامع پر تراکم، بعضی وقت‌ها دفن پسماند در زمین خودش تبدیل به یک بحران زیست محیطی می‌شود. گاهی اوقات به دنبال بی‌توجهی مسئولین، زباله‌ها در محیط به صورت تلبار جمع می‌شوند، تولید گاز متان و دی اکسید کربن و نشست شیرابه به آب‌های زیرزمینی، منجر به آلودگی و سخت

References

- 1- Mousavi S.A, Atashkar Sh, Almasi A, Shokoohizadeh M.J, Amini M, Sobhani Z. A Survey on Knowledge, Attitude and Practice of Personnel Regarding Hospital Waste Management in Imam Hossein Educational Hospital of Kermanshah. *Journal of Health*. 2020; 2: 214-220 [In Persian].
- 2- Agbere S, Melila M, Dorkenoo A, Kpemissi M, Ouro-Sama K, Tanouayi G, et al. State of the art of the Management of medical and biological laboratory solid wastes in Togo. *Heliyon*. 2021; 7: 1-7.
- 3- Ahmed Khan B, Cheng L, Khan A.A, Ahmed H. Healthcare waste management in Asian developing Countries: A mini review. *Waste Management & Research*. 2019; 37(9): 863-875.
- 4- Mugivhisa L.L, Dlamini N, Oluwole Olowoyo J. Adherence to safety practices and risks associated with Health care waste management at an academic hospital, Pretoria, South Africa. *African Health Sciences*. 2020; 1: 453-467.
- 5- Mohiuddin A. Medical Waste: A Nobody's Responsibility after Disposal. *Int J Environ Sci Nat Res*. 2018; 15(2): 1-7.

- 6- Blenkham J, Oakland D. Emission of viable bacteria in the exhaust flue gases from a hospital incinerator. *Journal of Hospital Infection*. 1989; 14(1): 73-78.
- 7- Rupani PF, Delarestaghi RM, Abbaspour M, Rupani MM, El-Mesery HS, Shao W. Current status and future perspectives of solid waste management in Iran: a critical overview of Iranian metropolitan cities. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019 Nov; 26(32):32777-89.
- 8- Fahimi Hamid Abad E, Alighadri M, Rahmani K. Assessment of Medical Waste Management (A Case Study Of Hospitals in Ardabil). *Journal of Health*. 2019; 2: 205-215 [In Persian].
- 9- Hale Boothe D.D, Mith Matthew C.S, Gattie D.K, Das K.C. Characterization of microbial populations in landfill leachate and bulk samples during aerobic bio reduction. *Advances in Environmental Research*. 2001; 5(3): 285-294.
- 10- Singh T, Ghimire TR, Agrawal SK. Awareness of biomedical waste management in dental students in different dental colleges in Nepal. *BioMed research international*. 2018 Dec 9; 2018.
- 11- Blenkham JI. A backward step: landfill disposal of clinical wastes. *Journal of Hospital Infection*. 2006; 63(1) 105-106.
- 12- Ouyang L, Zhu Y, Zheng W, Yan L. An information fusion FMEA method to assess the risk of healthcare Waste. *Journal of Management Science and Engineering*. 2021; 1-14.
- 13- Bakiu R, Durmishaj S. Medical Waste Effects and Management: Overview and Future Directions. *SF Journal of Environmental and Earth Science*. 2018; 1(2): 3-12.
- 14- Olaniyi FC, Ogola JS, Tshitangano T.G. A Review of Medical Waste Management in South Africa. *Open Environmental Sciences*. 2018; 10: 4-6.
- 15- Abdel-Shafy HI, Mona S.M Mansour. Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and Valorization. *Egyptian Journal of Petroleum*. 2018; 27: 1276-1288.
- 16- Som U, Md. Shameem Hossain. Medical Waste Management is Vital for Safe Town Development: An Incident Study in Jessore Town, Bangladesh. *European Journal of Sustainable Development*. 2018; 2(3): 4-8.
- 17- World Health Organization. Overview of technologies for the treatment of infectious and sharp waste from Health care facilities. *World Health Organization*. 2019; 3: 1-32.
- 18- Lufeng Xu, Dong K, Zhang Y, Haixiang Li. Comparison and analysis of several medical waste treatment Technologies. *Earth and Environmental Science*. 2020; 615: 1-7.
- 19- Zizovic I. Supercritical Fluid Applications in the Design of Novel Antimicrobial Materials. *Molecules*. 2020; 25(11): 24-91.
- 20- Xiao K, Abbt-Braun G, Horn H. Changes in the characteristics of dissolved organic matter during Sludge treatment: A critical review. *Water Research*. 2020; 187: 1-23.
- 21- Sharma K.D, Jain S. Overview of Municipal Solid Waste Generation Composition, and Management in India. *American Society of Civil Engineers*. 2019; 145(3): 1-15.
- 22- Ferronato N, Gorrity Portillo MA, Guisbert Lizarazu EG, Torretta V, Bezzi M, Ragazzi M. The municipal solid waste management of La Paz (Bolivia): Challenges and opportunities for a sustainable development. *Waste Management & Research*. 2018 Mar; 36(3):288-99.
- 23- Panta G, Richardson A.K, Shaw I.C. Effectiveness of autoclaving in sterilizing reusable medical devices in Healthcare facilities. *J Infect Dev Ctries*. 2019; 13(10): 858-864.
- 24- AL Afghani M.M, Paramita D. Regulatory Challenges in the Phasing-Out of Persistent Organic Pollutants in Indonesia. *ICRL*. 2018; 1: 12-27.
- 25- Alejandro Molina R, Catan I. Solid Waste Management Awareness and Practices among Senior High School Students in a State College in Zamboanga City, Philippines. *AQUADEMIA*. 2021; 5(1): 1-8.