



دانشگاه صنعتی شیراز

دانشکده مهندسی شیمی، نفت و گاز

گروه مهندسی شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی شیمی

عنوان پایان نامه:

حذف بیولوژیکی سولفید هیدروژن از گاز دفنگاه

توسط:

خدیجه عبادی

استاد راهنما:

دکتر جعفر جوانمردی

شهریورماه ۱۳۹۰

الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

هدف بیولوژیکی سولفید هیدروژن از گاز دفنگاه

پایان نامه ارائه شده به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی

توسط:

خدیده عبادی

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی شیمی، نفت و گاز
دانشگاه صنعتی شیراز

ارزیابی پایان نامه توسط هیأت داوران با درجه:

دکتر جعفر جوانمردی دانشیار مهندسی شیمی (استاد راهنما):

دکتر ساسان محسن‌زاده دانشیار فیزیولوژی گیاهی (استاد مشاور):

دکتر محمد مهدی پاپری دانشیار شیمی (داور):

مدیر امور آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه :

تقدیم به

پدر بزرگوار و مادر عزیزم که همواره شمع وجودشان روشنی بخش مسیر زندگی ام بوده است. به

پاس الطاف، فداکاری‌ها، پشتیبانی و زحمات بی‌دریغشان.

همسر مهربان و فداکارم که همواره پشتیبان و همراهم بوده است

و خواهر عزیزم.

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس بیکران، پروردگاری را که توانایی طی کمال و طریق سعادت را در پرتو علم و اندیشه به بشریت اهداء کرد.

سپاس معلمان و اساتیدی را که از خرمن علم و دانششان خوشه‌ها چیدم، آنان که راهم را روشن نمودند تا توان پیمودن بیابم. در اینجا بر خود لازم می‌دانم از یکایک آنان تشکر نمایم، به ویژه بزرگواران

جناب آقای دکتر جعفر جوانمردی استاد راهنما که در پرتو راهنمایی‌های گرانمایه‌شان در تمام مراحل تحقیق و تدوین موجبات تکمیل و پربار شدن پژوهش فراهم گردید.

جناب آقای دکتر محسن‌زاده استاد مشاور به پاس مساعدت‌ها و رهنمودهای ارزنده ایشان. و همچنین لازم می‌دانم از کلیه عزیزانی که در مراحل مختلف کار اینجانب را یاری نمودند، تشکر و قدردانی نمایم.

چکیده

حذف بیولوژیکی سولفید هیدروژن از گاز دفنگاه

توسط

خدیجه عبادی

آلودگی محیط زیست و انتشار گازهای گلخانه‌ای از مهمترین معضلات بشر در قرن حاضر است. بنابراین باید با به کارگیری ابزار و روش‌های مناسب و اقتصادی این مشکلات را کنترل کرد. به علاوه با توجه به معضل کمبود سوخت و انرژی، استفاده از روش‌های تصفیه گازهای حاصل از منابع تجدیدپذیر، ضروری به نظر می‌رسد. از جمله گازهای آلوده‌ای که با دارا بودن درصد بالای متان می‌تواند به عنوان منبعی وافر از انرژی استفاده شود، گاز دفنگاه می‌باشد. یکی از روش‌های ساده و کم‌هزینه برای حذف آلاینده‌هایی مثل سولفید هیدروژن که گازی به شدت سمی و خورنده است، بیوفیلتراسیون می‌باشد. در این روش با عبور گاز آلوده از میان بستری حاوی میکروارگانیسم، تصفیه صورت می‌گیرد. در این مطالعه نیز به منظور بررسی کارایی بیوفیلتر در حذف آلاینده سولفید هیدروژن از گاز دفنگاه، ستون بیوفیلتری از جنس پلگسی گلاس با قطر ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۲ متر طراحی و ساخته شد. این ستون با بستر طبیعی حاوی ورمی-کمپوست تولید شده در دفنگاه و گوش‌ماهی، به کار گرفته شد. کارایی این بیوفیلتر در دو غلظت متفاوت از گاز دفنگاه در شرایط دمای محیط و فشار اتمسفری بررسی شد. راندمان دستگاه برای غلظت (ppm) ۳۰ در دبی ۲ لیتر بر دقیقه، ۹۰ درصد می‌باشد.

واژه‌های کلیدی : گاز دفنگاه، سولفید هیدروژن، ورمی کمپوست، بیوفیلتر.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول : مقدمه
۱	۱-۱- تاریخچه دفنگاه
۲	۲-۱- دفنگاه‌های جدید
۴	۳-۱- ساختار و ترکیب دفنگاه
۵	۴-۱- چگونگی تولید گاز دفنگاه
۷	۵-۱- استفاده از گاز دفنگاه
۹	۶-۱- تصفیه گاز دفنگاه
۹	۱-۶-۱- روش‌های فیزیکی-شیمیایی
۱۰	۲-۶-۱- روش‌های بیولوژیکی
۱۴	۳-۶-۱- اصول روش تصفیه با بیوفیلتر
۲۰	فصل دوم : مروری بر تحقیقات گذشته
۳۰	فصل سوم : بررسی مدل‌های بیوفیلتر
۳۱	۱-۳- شرح تئوری مدل اوتنگراف
۳۳	۲-۳- شرح تئوری مدل زاروک
۳۴	۳-۳- بررسی مدل هوگ
۳۷	۴-۳- بررسی مدل لی
۴۰	۵-۳- تئوری و آنالیز مدل دشوسس
۴۳	۶-۳- پارامترهای طراحی
۴۳	۱-۶-۳- مدت تماس با بستر
۴۴	۲-۶-۳- بار سطحی
۴۴	۳-۶-۳- بار جرمی
۴۵	۴-۶-۳- ظرفیت حذف
۴۵	۵-۶-۳- بازدهی حذف
۴۶	فصل چهارم : روش تحقیق
۴۶	۱-۴- مواد و روش‌های اندازه‌گیری

صفحه	عنوان
۴۶	۱-۱-۴- میکروارگانیسم
۴۸	۱-۱-۴-۱- نحوه کشت باکتری
۵۲	۱-۴-۲- بستر مورد استفاده
۵۴	۱-۴-۳- گاز مورد تصفیه
۵۴	۱-۴-۴- ستون بیوفیلتر
۵۸	۱-۴-۵- روش‌های اندازه‌گیری
۵۹	۲-۴- روش انجام آزمایش
۶۱	فصل پنجم: نتایج، بحث و پیشنهادات
۶۸	فهرست منابع

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۵	(جدول ۱-۱) نمونه‌ای از ترکیب گاز دفنگاه
۱۱	(جدول ۲-۱) مشخصات سه سیستم بیولوژیکی
۱۶	(جدول ۳-۱) نمونه‌ای از بسترهای استفاده شده در بیوفیلتراسیون گازها
۱۹	(جدول ۴-۱) خصوصیات مهم باکتری‌های تجزیه‌کننده سولفید هیدروژن
۴۵	(جدول ۱-۳) پارامترهای عملیاتی بیوفیلتر
۴۸	(جدول ۱-۴) محیط کشت باکتری تیوباسیلوس تیوپاروس
۴۹	(جدول ۲-۴) ترکیب محلول ویتامین
۴۹	(جدول ۳-۴) ترکیب محلول عناصر کم اثر
۵۳	(جدول ۴-۴) ترکیب ورمی کمپوست دفنگاه شیراز
۵۴	(جدول ۵-۴) ترکیب گاز دفنگاه شهر شیراز (نمونه اول)
۵۴	(جدول ۶-۴) ترکیب گاز دفنگاه شهر شیراز (نمونه دوم)

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۳	(شکل ۱-۱) دفنگاه جدید
۷	(شکل ۲-۱) نمونه‌ای از فازهای تولید گاز دفنگاه
۹	(شکل ۳-۱) شماتیک سیستم جمع‌آوری فعال
۱۲	(شکل ۴-۱) نمای کلی گازشوی بیولوژیکی
۱۲	(شکل ۵-۱) نمای کلی بیوفیلتر چکنده
۱۳	(شکل ۶-۱) نمای کلی بیوفیلتر
	(شکل ۱-۳) شماتیک مفهوم مدل بیوفیلیم در یک مقطع عرضی
۳۱	در طول ستون بیوفیلتر
۳۵	(شکل ۲-۳) مدل بیوفیزیکی برای بیوفیلتر
۴۰	(شکل ۳-۳) ساختار کلی مدل برای بیوفیلتر
۴۱	(شکل ۴-۳) توضیح شماتیک مدل برای یک بخش ستون
۵۰	(شکل ۱-۴) مراحل تغییر رنگ در رشد باکتری
۵۱	(شکل ۲-۴) محیط کشت جامد
۵۲	(شکل ۳-۴) توده‌های باکتری
۵۶	(شکل ۴-۴) شماتیک بیوفیلتر
۵۷	(شکل ۵-۴) بیوفیلتر ساخته شده
۵۸	(شکل ۶-۴) سنسور گاز سولفید هیدروژن
۵۹	(شکل ۷-۴) دستگاه کروماتوگرافی گازی
۶۱	(شکل ۱-۵) تغییرات غلظت خروجی H_2S با دبی گاز در غلظت ورودی ۲۴(ppm)
۶۲	(شکل ۲-۵) تغییرات غلظت خروجی H_2S با دبی گاز در غلظت ورودی ۳۰(ppm)
۶۲	(شکل ۳-۵) تغییر ظرفیت حذف با بار ورودی H_2S در غلظت ورودی ۲۴(ppm)
۶۳	(شکل ۴-۵) تغییر ظرفیت حذف با بار ورودی H_2S در غلظت ورودی ۳۰(ppm)
۶۴	(شکل ۵-۵) تغییر بازدهی حذف با بار ورودی H_2S در غلظت ورودی ۲۴(ppm)

صفحه	عنوان
۶۴	(شکل ۵-۶) تغییر بازدهی حذف با بار ورودی H ₂ S در غلظت ورودی (۳۰ ppm)
۶۵	(شکل ۵-۷) تغییرات راندمان حذف با زمان اقامت در غلظت ورودی (۲۴ ppm)
۶۵	(شکل ۵-۸) تغییرات راندمان حذف با زمان اقامت در غلظت ورودی (۳۰ ppm)

فهرست نشانه‌های اختصاری

D'	ضریب نفوذ مؤثر (m^2/s)
δ	ضخامت کل لایه بیولوژیکی (m)
λ	ضخامت مؤثر لایه بیولوژیکی (m)
k	ثابت سرعت واکنش درجه صفر ($g/m^3 s$)
ϕ	عدد Thiele (بدون بعد)
σ	مختصه بی بعد طول (بدون بعد)
m	ضریب تقسیم (بدون بعد)
h	ارتفاع بستر بیوفیلتر (m)
A_s	سطح ویژه لایه بیولوژیکی (m^2/m^3)
U_g	سرعت ظاهری گاز (m/s)
C_g	غلظت آلاینده در فاز گاز (g/m^3)
C_{g0}	غلظت ورودی آلاینده در فاز گاز (g/m^3)
C_{ge}	غلظت خروجی آلاینده در فاز گاز (g/m^3)
C_l	غلظت آلاینده در فاز بیوفیلیم (g/m^3)
μ_m	ماکزیمم سرعت رشد ویژه بیومس (h^{-1})
μ^*	ثابت سینتیکی واکنش بیولوژیکی (h^{-1})
C_{l0}	غلظت اکسیژن در بیوفیلیم (g/m^3)
D	ضریب پراکندگی (cm^2/h)
V	سرعت درون شبکه‌ای محوری (cm/h)
θ	تخلخل ماده فیلتر (بدون بعد)
b_1	ثابت سرعت بیولوژیکی (h^{-1})
R_c	نسبت جرم دی‌اکسید کربن به جرم سوسترای تجزیه شده (بدون بعد)
L	طول بیوفیلتر (m)
$C_{g0,ave}$	متوسط غلظت ورودی آلاینده در فاز گازی (g/m^3)
H	ثابت هنری آلاینده

K_G	ضریب انتقال فیلم گاز-بیوفیلم (m/s)
a_d	سطح نفوذ مؤثر به ازای واحد حجم بستر (m^{-1})
τ_g	زمان اقامت (s)
\mathcal{E}	تخلخل بستر بیوفیلتر (بدون بعد)
R	شعاع متوسط ماده پکینگ بیوفیلتر (m)
D_b	قابلیت نفوذ در فاز بیوفیلم (m^2/s)
G	دبی کل گاز (m^3/s)
W	تعداد کل لایه‌ها
J	شار نفوذ ($kg/m^2 s$)
R_{sj}	سرعت تجزیه بیولوژیکی ($kg/m^3 s$)
N	تعداد کل زیربخش‌های بیوفیلم
K_i	ثابت بازدارندگی (kg/m^3)
EC	ظرفیت حذف ($mg/m^3/min$)

۱- مقدمه

۱-۱- تاریخچه دفنگاه

پیش از انقلاب صنعتی، زباله‌ها عمدتاً شامل خاکستر، چوب، استخوان، لاشه حیوانات و ضایعات سبزیجات بود. این مواد در خاک دفن می‌شدند و به عنوان کمپوست* عمل کرده و به تقویت خاک کمک می‌کرده‌اند. در گذشته هر آنچه که قابل استفاده مجدد بوده به کار گرفته می‌شد، جمعیت انسان‌ها کم بود و مردم در گروه‌های متمرکز کوچک زندگی می‌کرده‌اند، بنابراین تولید زباله مسئله مهمی محسوب نمی‌شد ولی با تحول زندگی انسان‌ها از دوره‌ی چادرنشینی به زندگی کشاورزی رها کردن زباله‌ها در محیط زندگی انسان تبدیل به مشکلی در حال رشد شد. بنابراین با افزایش جمعیت شهرها فضای کافی برای دفع زباله‌ها کاهش یافت و جوامع به فکر توسعه سیستم‌های دفع ضایعات افتادند [۱]. بدین ترتیب دفنگاه⁺ که ساختاری با طراحی دقیق، در زیر زمین یا روی خاک، برای جداسازی زباله و ضایعات از محیط اطراف می‌باشد، ساخته شد [۲].

بر اساس مدارک به دست آمده توسط علم باستان‌شناسی، دفن زباله‌ها از حدود پنج هزار سال پیش مرسوم بوده است [۳]. نزدیک به ۴۰۰۰ سال پیش اولین محل‌های دفنگاه ثبت شده، در جزیره کرت* شناخته شده‌اند که ضایعات در گودال‌های بزرگ جا داده شده و با خاک در لایه‌های مختلف پوشانده می‌شدند. همچنین تولید کود از زباله نیز، در چین همزمان با دوره‌ی سیستم بازیافت قراضه‌های برنزی در اروپا، رواج داشته است. بیش از ۲۵۰۰ سال پیش نیز، دولت یونان یک دفنگاه شهری در مجاورت شهر آتن ایجاد و حکم کرد که ضایعات باید حداقل به یک مایل دور از دروازه‌های شهر انتقال یابند [۱].

* compost

+ landfill

* cretan

۲-۱- دفنگاه‌های جدید

در گذشته مقررات خاصی در مورد مکان دفن زباله‌ها وضع نشده بود و دفنگاه‌ها مکان‌هایی بدبو و بدون پوشش بودند که معضلات زیست محیطی فراوانی ایجاد می‌کردند [۳] به عنوان مثال می‌توان به آلودگی آب‌های زیرزمینی و یا انتشار آلاینده‌هایی که اغلب بدبو نیز هستند، اشاره کرد [۴]. با پیشرفت روزافزون شهرها و کشورها و به دنبال آن افزایش نرخ تولید زباله‌های شهری، مقررات خاصی توسط آژانس حفاظت محیط زیست امریکا* در مورد تشکیل دفنگاه‌ها وضع گردید [۳]. با رشد آگاهی نسبت به تأثیر سوء دفنگاه‌های غیرمهندسی بر محیط زیست و وضع قوانین و مقررات خاص در این باره، بیش از دو دهه است که کشورهای مختلف موضوع دفن زباله‌ها در گودال‌های بدون پوشش را رها کرده و به تشکیل دفنگاه‌های مهندسی با رعایت قوانین و مقررات محیط زیست پرداخته‌اند [۳]. امروزه در بسیاری از دفنگاه‌ها از سیستم مانیتورینگ جهت تشخیص آلودگی آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شود. همچنین هر روز عملیات فشرده کردن و پوشش ضایعات با خاک به ضخامت چند اینچ یا دیگر مواد پوششی برای کاهش بوی دفنگاه، صورت می‌گیرد [۴]. برای پوشش می‌توان از خاک‌های نفوذناپذیر مانند رس و بنتونیت⁺، بتن آسفالتی، لایه‌های پلیمری بادوام مانند پلی‌اتیلن فشرده بهره گرفت. در کشورهای پیشرفته از سیستم‌های چند لایه‌ای مرکب استفاده می‌کنند. سیستم‌های چند لایه‌ای می‌تواند یک لایه خاک رس با یک لایه غشاء پلی‌اتیلن فشرده روی آن باشد و یا دو لایه خاک رس و یک لایه زهکش بین آنها که احتمالاً یک لایه پلی‌اتیلن روی لایه رس بالایی قرار می‌گیرد [۵]. نمونه‌ای از این دفنگاه‌های جدید در شکل (۱-۱) مشاهده می‌شود. به طور کلی نحوه دفن زباله در این دفنگاه‌های مدرن به دو روش حفر گودال* و دفن سطحی[•] انجام می‌گیرد [۳]. در روش حفر گودال زباله‌ها به صورت روزانه در گودال‌هایی که با توجه به حجم زباله روزانه طراحی شده‌اند دفن می‌شوند. این گودال‌ها به طور معمول دارای ابعاد حدود ۱۰۰ تا ۴۰۰ فوت طول، ۳ تا ۶ فوت عمق و ۱۵ تا ۲۵ فوت عرض می‌باشند. زباله‌ها به صورت لایه‌ای با ضخامت ۱/۵ تا ۲ فوت درون گودال‌ها پهن شده و سپس فشرده می‌شوند. این روش بیشتر در مکان‌های مسطح یا غیرمسطح با شیب کم و آب زیرزمینی کم مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳]. در روش دفن سطحی، زباله بر روی سطح زمین پهن می‌شود، بدین ترتیب که زباله در لایه‌هایی با ضخامت کمتر از ۲ فوت لایه‌بندی شده و قبل از پهن کردن لایه بعدی، فشرده می‌شود. این روش بیشتر مواقع در مناطقی که دارای تنگه‌ها و دره‌های فراوان است کاربرد دارد. همچنین

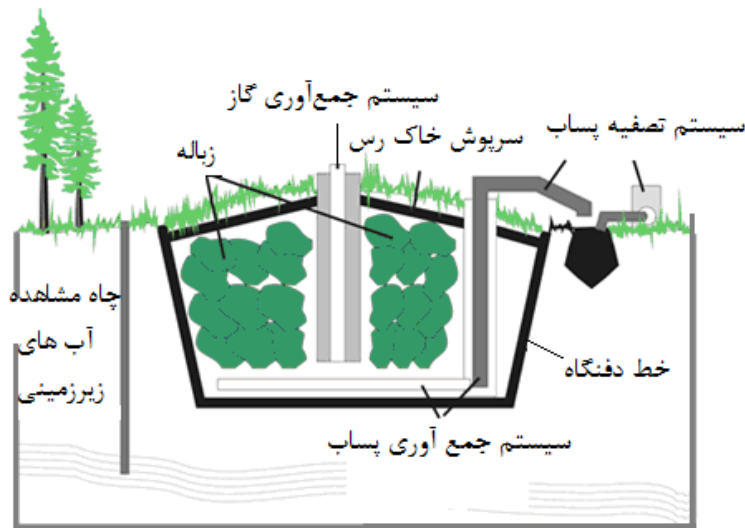
* United States Environmental Protection Agency

⁺ bentonite

* Trench Method

• Area Method

اگر مکان احداث دفن‌گاه دارای آب زیرزمینی فراوان و کم عمق باشد، استفاده از روش حفر گودال غیرممکن بوده و باید از این روش استفاده نمود [۳].



(شکل ۱-۱) دفن‌گاه جدید [۵۵]

در سال‌های اخیر بسیاری از کشورها اقدام به فعالیت‌هایی در جهت کاهش و بازیافت زباله-های شهری نموده‌اند. به عنوان نمونه در کشور آمریکا در سال ۲۰۰۹ میلادی بیش از ۴۰۰ میلیون تن زباله شهری تولید شده است که تقریباً معادل ۴/۳ پوند زباله به ازای هر فرد در روز می‌باشد. در این کشور در سال ۲۰۰۹ میلادی با استفاده از تکنولوژی‌های بازیافت و نیز تبدیل زباله به کود، از ورود ۳۰٪ کل زباله تولیدی (معادل حدود ۱۲۰ میلیون تن زباله) به دفن‌گاه‌ها و زباله‌سوزها جلوگیری شد. از مابقی زباله‌ها حدود ۲۰٪ در واحدهای سوزاننده زباله و ۵۰٪ باقیمانده نیز در دفن‌گاه‌های موجود دفن گردید [۳]. در ایران نیز در شهرهای مختلف از جمله مشهد، اصفهان، شیراز و غیره دفن‌گاه‌هایی در ابعاد متفاوت ایجاد شده است. به طور مثال اطلاعات موجود از وضعیت منطقه دفن زباله در شهر اصفهان نشان می‌دهد که دفن‌گاه‌هایی با ابعاد متفاوت از سال ۱۳۶۴ شروع به پر شدن نموده و تا به حال کار احداث ۳۰ دفن‌گاه انجام گردیده است [۳]. در شهر شیراز نیز از سال ۱۳۷۶ محل دفن پسماندها به مجموعه‌ای ۵۰۰۰ هکتاری در ۱۸ کیلومتری جنوب شرقی شهر شیراز انتقال یافت؛ که ۴۰ هکتار از این مساحت به دفن پسماندها، ۳۰ هکتار به احداث مجتمع صنعتی بازیافت و بخش باقیمانده از این فضا به احداث فضای سبز اختصاص داده شده که تا کنون بیش از ۱۲۰۰ هکتار از این فضا با درختان شمر و غیرمثمر پوشش داده شده است [۶]. در محل دفن‌گاه شهر شیراز ورمی کمپوست نیز تهیه می‌شود. در شهر مشهد نیز محل دفن زباله‌ها در حال حاضر در ۵ کیلومتر ۵ جاده مشهد-نیشابور جنب کارخانه کمپوست واقع شده است. جنس زمین محل، صخره‌ای و فاقد حصارکشی

بوده و در فاصله دو کیلومتری از سد «طرق» قرار دارد. البته محل دفع در مسیر آب نیست و عمق آب‌های زیرزمینی در این محل حدود ۲۰۰ متر است [۵].

۳-۱- ساختار و ترکیب دفنگاه

معمولاً دفنگاه برای انباشتن هر نوع ضایعات خانگی استفاده می‌شود. بنابراین شامل مخلوط فلزات، ضایعات آشپزخانه‌ای، کاغذ، پلاستیک، شیشه و دیگر مواد می‌باشد. در اصل نباید مواد سمی و خطرناک در دفنگاه جمع‌آوری شوند هرچند به دلیل بی‌توجهی برخی، مقداری از این مواد در محل دفنگاه وجود خواهد داشت [۷]. آنچه که در یک دفنگاه اتفاق می‌افتد تجزیه ضایعات آلی دفن شده در محل دفنگاه با گذشت زمان است. با فرض یک لایه غیرقابل نفوذ در زیر ضایعات، این مواد از آب اشباع شده و تجزیه‌ای اساساً بی‌هوازی رخ می‌دهد که منجر به تولید گازی می‌شود که بیشتر شامل متان است [۷]. گاز دفنگاه* شامل گازهای دیگر مثل دی‌اکسیدکربن که در اثر تجزیه هوازی تولید می‌شود، مقادیر کمی نیتروژن، اکسیژن، آمونیاک، سولفیدها، هیدروژن، مونواکسیدکربن و ترکیبات آلی غیر متان⁺ مثل تری‌کلرواتیلن و بنزن، نیز می‌باشد [۸]. این گاز می‌تواند شامل ۴۵ تا ۶۰ درصد حجمی متان و بین ۴۰ تا ۶۰ درصد حجمی دی‌اکسیدکربن باشد که این درصد ترکیب به نوع ضایعات بستگی دارد [۸]. در جدول (۱-۱) نمونه‌ای از ترکیب گاز دفنگاه آورده شده است.

* landfill gas

⁺ Non-Methane Organic Compounds (NMOC)

(جدول ۱-۱) نمونه‌ای از ترکیب گاز دفنگاه [۹]:

اجزاء	درصد حجمی (بر مبنای حجم خشک)
متان	۴۷/۵
دی‌اکسیدکربن	۴۷
نیتروژن	۳/۷
اکسیژن	۰/۸
هیدروکربن‌های پارافینی	۰/۱
هیدروکربن‌های آروماتیک و حلقوی	۰/۲
هیدروژن	۰/۱
سولفید هیدروژن	۰/۰۱
مونواکسیدکربن	۰/۱
ترکیبات کم مقدار	۰/۵

علاوه بر زیان‌های زیست‌محیطی، مهاجرت و انتشار گاز دفنگاه، به طور بالقوه اثرات متفاوتی در محیط‌ها دارد. مهمترین این اثرات عبارتند از:

- خطرات آتش‌سوزی و انفجار
- مخاطرات بهداشتی
- تخریب سبزیجات
- آلودگی آب‌های زیرزمینی
- تأثیرات جهانی آب و هوا
- انتشار بوی نامطبوع در محل.

۴-۱- چگونگی تولید گاز دفنگاه

سه فرآیند، تجزیه‌ی وابسته به باکتری، تبخیر، و واکنش‌های شیمیایی، منجر به تولید گاز دفنگاه می‌شوند [۸].

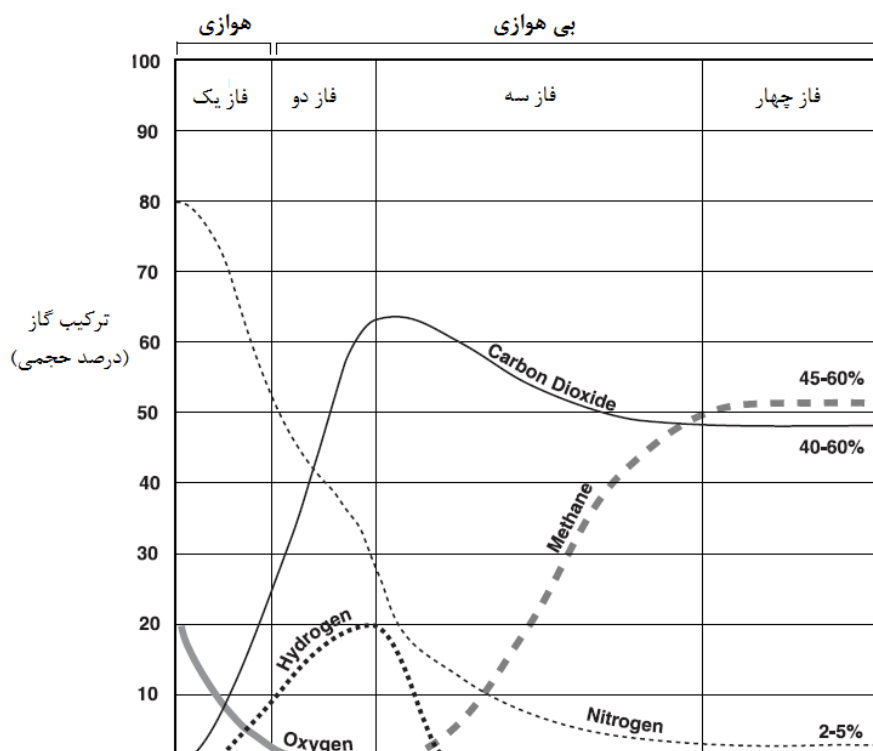
۱. تجزیه وابسته به باکتری: بیشتر گاز دفنگاه توسط تجزیه به وسیله باکتری‌ها تولید می‌شود، و این فرآیند زمانی رخ می‌دهد که ضایعات آلی توسط باکتری‌هایی که به طور طبیعی در ضایعات و در خاک پوشش‌دهنده دفنگاه وجود دارند، تجزیه می‌گردند. باکتری‌ها ضایعات آلی را در چهار فاز مختلف تجزیه می‌کنند که ترکیب گاز در هر فاز تغییر می‌کند. در شکل (۱-۲) این فازها نشان داده شده است. همانگونه که در شکل نیز مشاهده می‌شود، در اولین فاز تجزیه،

باکتری‌های هوازی، با مصرف اکسیژن زنجیره‌های طولانی مولکول‌های پیچیده کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، و چربی‌ها که ضایعات آلی را شامل می‌شوند، تجزیه می‌کنند. اولین محصول فرعی این فرآیند دی‌اکسیدکربن است. محتوای نیتروژن در ابتدای این فاز بالا می‌باشد ولی طی چهار فاز تولید، مقدار آن کاهش می‌یابد. فاز یک تا زمانی ادامه خواهد داشت که اکسیژن موجود کاهش یابد و با توجه به محتوای اکسیژن موجود در دفن‌گاه ممکن است روزها یا ماه‌ها این فاز تولید به طول انجامد. فاز دو تجزیه ضایعات، پس از آنکه اکسیژن در دفن‌گاه مصرف شد آغاز می‌شود. باکتری‌ها با استفاده از یک فرآیند بی‌هوازی، ترکیبات ایجاد شده توسط باکتری‌های هوازی را، به اسیدهای استیک، لاکتیک و فرمیک و الکل‌هایی مثل متانول و اتانول تبدیل می‌کنند. بنابراین دفن‌گاه به شدت اسیدی می‌شود. وقتی اسیدها با رطوبت موجود در دفن‌گاه ترکیب می‌شوند منجر به حل شدن مواد مغذی خاصی می‌گردند، که باعث می‌شود نیتروژن و فسفر موجود برای باکتری‌های مختلف در دفن‌گاه افزایش یابد. محصولات فرعی گازی این فرآیندها دی‌اکسیدکربن و هیدروژن است. اگر دفن‌گاه بهم زده شود یا اکسیژن به طریقی به دفن‌گاه تزریق شود فرآیندهای میکروبی به فاز یک بر خواهد گشت. فاز سه تجزیه زمانی آغاز می‌شود که انواع خاصی از باکتری‌های بی‌هوازی، اسیدهای آلی تولید شده در فاز دو را مصرف و استات، یک اسید آلی، را تولید می‌کنند. این فرآیند منجر می‌شود که دفن‌گاه تبدیل به محیطی مغذی گردد که باکتری‌های تولید کننده متان* می‌توانند در این محیط خود را تثبیت کنند. باکتری‌های تولید کننده اسید و متان رابطه‌ی همزیستی با هم دارند. باکتری‌های تولید کننده اسید، ترکیباتی را به وجود می‌آورند که باکتری‌های تولید کننده متان مصرف می‌کنند. باکتری‌های تولید کننده متان نیز، دی‌اکسیدکربن و استات را که مقدار بیش از حد آنها برای باکتری‌های تولید کننده اسید سمی است مصرف می‌کنند. زمان آغاز فاز چهارم تجزیه، هنگامی است که سرعت‌های ترکیب و تولید گاز دفن‌گاه نسبتاً ثابت باشد.

۲. تبخیر: گاز دفن‌گاه می‌تواند زمانی تولید شود که ضایعات خاصی، به خصوص ترکیبات آلی، از یک مایع یا یک جامد به بخار تغییر یابد. ترکیبات آلی غیر متان ممکن است نتیجه تبخیر ترکیبات شیمیایی خاصی در دفن‌گاه باشند.

۳. واکنش‌های شیمیایی: گاز دفن‌گاه ممکن است به وسیله واکنش مواد شیمیایی خاصی در ضایعات تولید گردد.

* Methanogenic bacteria



شکل ۱-۲) نمونه‌ای از فازهای تولید گاز دفن‌گاه [۸]

۵-۱- استفاده از گاز دفن‌گاه

همانند بیوگاز، متان بخش اصلی گاز دفن‌گاه را شامل می‌شود. این گاز به دلیل سبک‌تر بودن نسبت به هوا از میان فضاهای خالی و محدود زباله‌ها و خاک پوشاننده دفن‌گاه عبور کرده و به اتمسفر تخلیه می‌شود. متان گازی قابل اشتعال است و تحت شرایط خاص ترکیبی قابل احتراق تشکیل می‌دهد [۱۰]. به علاوه هر تن گاز متان منتشر شده در هوا به اندازه ۲۱ تن دی‌اکسید-کربن در طول یک دوره زمانی ۱۰۰ ساله، بر گرمایش آب و هوای جهانی اثر می‌گذارد [۱۱]؛ متان جزء اصلی گاز طبیعی است بنابراین می‌توان به جای تخلیه متان موجود در گاز دفن‌گاه به اتمسفر و تحمل شرایط مخرب آن، استفاده‌های مفیدتری از این گاز به عمل آورد مثل تولید مستقیم الکتریسیته و یا لوله‌کشی به مناطق صنعتی مجاور دفن‌گاه برای به کار گرفتن انرژی حرارتی آن در فرآیندهای مختلف. علاوه بر این هر تن زباله تا ۲۵ سال از خود گاز متصاعد می‌کند و با توجه به اینکه از هر ۱۵ کیلوگرم زباله یک متر مکعب بیوگاز به دست می‌آید بنابراین اگر دفع صحیح زباله صورت گیرد می‌توان از آن انرژی بیوگاز قابل توجهی به دست آورد [۱۵]. بدین ترتیب گاز دفن‌گاه قابلیت تبدیل شدن به منبعی وافر و پایدار از انرژی را دارد. به علاوه به علت تداوم تولید آن در یک بازه زمانی نسبتاً طولانی، این منبع انرژی به عنوان یک سوخت