پالایشگر زیستی خاکچال

دکتر ادوین صفری، عضو هیئت علمی دانشکدهٔ محیط زیست دانشگاه تهران
مهندس شهریار معتمدی، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکدهٔ محیط زیست دانشگاه تهران

مقدمه

زمین دفن بیوراکتوری از طرف سازمان مواد زائد آمریکای شمالی[1] به صورت زیر تعریف شده است:

«... (زمین دفن بیوراکتوری) یک زمین دفن بهداشتی است که به منظور تبدیل و پایدارسازی مواد زائد آلی با تجزیه‌پذیری متوسط به بالا (در مدت زمان پنج تا ده سال بعد از بسته شدن) با کنترل هدفدار افزایش فعالیتهای میکروبی طراحی و راهبری می‌شود. زمین دفن بیوراکتوری تا حد فراوانی تجزیهٔ مواد زائد، سرعت و نرخ تبدیل مواد زائد، بازده عملکرد و کارایی را افزایش می‌دهد».

محاسن تکنولوژی زمین دفن بیوراکتوری

غالباً چهار دلیل برای توجیه تکنولوژی بیوراکتور ذکر می‌شود:

۱. افزایش بازده تبدیل زباله به انرژی (افزایش پتانسیل استحصال انرژی از زباله)

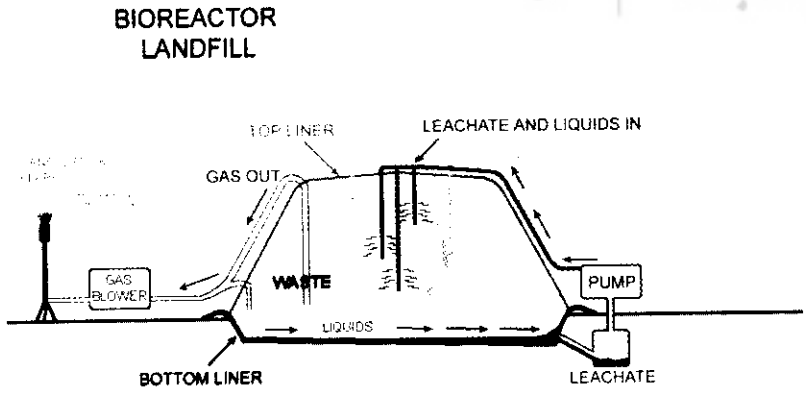
۲. امکان انباشت و عمل‌آوری شیرابه

۳. بازیافت فضاهای اشغال‌شدهٔ داخل زمین دفن (خالی از زباله) با هوا (ممکن است این فضاها به دلیل عدم تراکم مناسب زباله ایجاد شده باشند)

۴. اطمینان از پایداری و تحمل‌پذیری سیستم

از بین چهار دلیل بالا، دلیل چهارم (مبنی بر پایداری سیستم) از نظر سود اقتصادی ناشی از کاهش هزینه‌های پایش درازمدت و به تأخیر افتادن مکانیابی برای یک زمین دفن جدید پتانسیل بیشتری دارد.

در این مقاله راکتور زیستی خاکچال و ویژگیهای آن بیان می‌گردد.



کلیات

زمین دفن بیوراکتوری در طی سه دهۀ اخیر از حد یک موضوع آزمایشگاهی به ابزاری مدیریتی برای مواد زائد ارتقاء یافته است. اساس عملکرد راکتور زیستی خاکچال مبتنی بر بازچرخش شیرابۀ تولیدی در داخل خاکچال می‌باشد.

فواید عملکرد زمین دفن به صورت راکتور زیستی در آزمایشهای انجام گرفته در اوایل دهۀ ۱۹۷۰ به روشنی مشخص گردید.

بررسی انجمن مواد زائد جامد آمریکای شمالی[۲] در سال ۱۹۹۷ نشان داد که بیش از ۱۳۰ زمین دفن با بازچرخش شیرابه وجود دارد.

واقعیات تاریخی بیانگر این مطلب هستند که جستجو برای بهینه کردن فرآیند تجزیه در زمین دفن معمولاً به بازچرخش شیرابه محدود می‌گردد. عدم تمایل در به‌کارگیری تکنولوژی بیوراکتور می‌تواند به عوامل ذیل نسبت داده شود:

- نمایان و اثبات نشدن تکنولوژی مزبور
- موانع و مشکلات فنی
- نداشتن دلیل و توجیه اقتصادی و هزینه‌های واضح
- موانع قانونی و استانداردها

موضوعات فنی که در این باره باید در نظر گرفته شوند عبارتند از: استخراج (برداشت، استحصال) گاز، تصفیه و انباشت شیرابه، فضای زمین دفن و ظرفیتی که دوباره به کار می‌رود، حذف گازهای گلخانه‌ای، طراحی بیوراکتور، ملاحظات مربوط به چگالی مواد زائد جامد، نشست و پیش تصفیه زباله.

هر چند بیشتر تحقیقات دربارۀ زمینهای دفن بیوراکتوری در اروپا و ایالات متحده انجام گرفته است، اما در خارج از این مناطق نیز تمایل و علاقه‌ای روشن در زمینۀ به‌کارگیری این تکنولوژی به چشم می‌خورد (استرالیا، کانادا، آمریکای جنوبی، آفریقای جنوبی، ژاپن و نیوزلند).

به دلیل سادگی به‌کارگیری، انتظار می‌رود این تکنولوژی نقش چشمگیری در مدیریت زباله در جهان ایفا نماید. اجزای لازم برای عملکرد مناسب سیستم در این روش عبارتست از: سیستم جمع‌آوری شیرابه، لایه‌های آب‌بندی، سیستم جمع‌آوری گاز و رطوبت کنترل شده و افزوده شده به سیستم.

طراحی و راهبری بازچرخش شیرابه

تجارب و تحقیقات قبلی بیانگر این است که کنترل محتوای رطوبت زباله مهم‌ترین فاکتور (عامل) در تسریع تجزیۀ زباله در زمینهای دفن است. بازچرخش شیرابه به صورت عملی‌ترین و کاربردی‌ترین نگرش در کنترل محتوای رطوبتی زباله شناخته شده است. بنابراین، توجه و تمرکز روی تلاشهایی است که برای توسعۀ روشهای بیولوژیک (زیستی) در مقیاس کامل انجام می‌شود.

سیستم بازچرخش شیرابه و روش راهبری که به کار گرفته می‌شود، براساس توجه کافی به اهداف پروژه (از قبیل توزیع رطوبت، کمینه کردن تأثیرات شدید محیط و پیروی از قوانین) انتخاب می‌گردد.

ملاحظاتی عملیاتی

برای بهینه کردن عملکردهای راکتور زیستی، اپراتور

(فرد بهره‌بردار یا راهبر) باید قادر به کنترل میزان رطوبت سیستم باشد. رطوبت با نرخ افزایش شیرابه کنترل می‌شود که این نرخ تابعی است از میزان هدایت هیدرولیکی زباله و بازده تکنیک به کار رفته در افزودن (تزریق) شیرابه به سیستم.

تکنیکهای افزایش شیرابه شامل روشهای افزایش سطحی، تزریق از چاههای قائم و مجراهای افقی است. به منظور بیشینه کردن سطح تماس شیرابه با زباله، بازچرخش شیرابه باید از منطقه‌ای به منطقهٔ دیگر صورت گیرد. پمپاژ با نرخی نسبتاً زیاد در یک زمان کوتاه در یک منطقه و سپس در منطقه‌ای دیگر از زمین دفن انجام می‌شود.

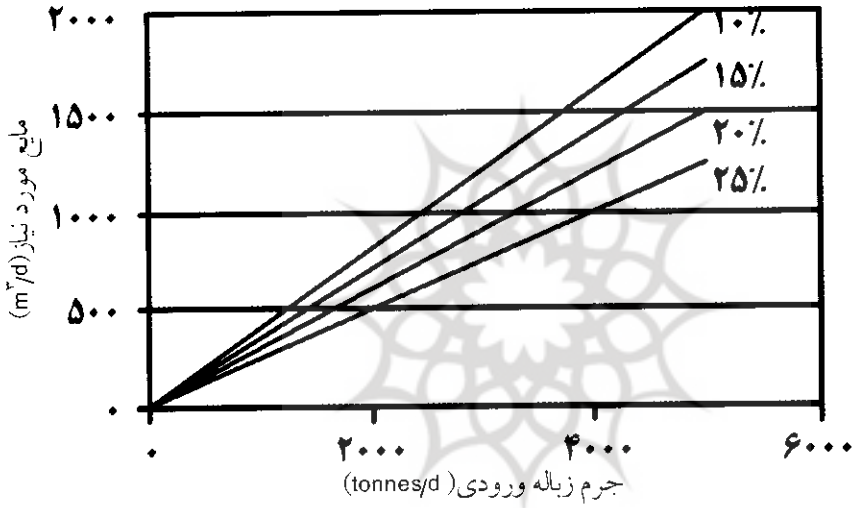
اطلاعات تجربی راهنمایی‌هایی برای نرخ افزایش رطوبت ورودی در اختیار قرار داده است.

به هرحال آزمایشها باید در محل و برای تعیین ظرفیت آن (سایت) انجام گیرد.

نکتهٔ مهمی که در طراحی راکتور زیستی خاکچال باید در نظر داشت این است که مقدار مایعی که باید فراهم شود تابعی است از شاخصهای زباله (ویژگیهای زباله) مثل محتوای رطوبتی و ظرفیت آبگیری.

در بعضی موارد رطوبت نفوذی، به سبب کاهش بارندگیها، برای تجزیهٔ بهینهٔ زباله کافی نیست. به همین سبب، باید مقدار رطوبت لازم را (مایع افزوده شدهٔ تکمیلی) از منابعی مثل شیرابهٔ نواحی دیگر، آب، فاضلاب یا جامدات بیولوژیک (لجن فاضلاب) تأمین کنیم.

باید برای تأمین اهداف پروژه منبع کافی مایع در دسترس باشد؛ برای مثال، توزیع رطوبت به نحوی باشد که در صورت نیاز تمام زباله را به ظرفیت میدانی برساند. در شکل ۱ حجم مایع موردنیاز را به منظور رسیدن به ۵۰٪ ظرفیت آبگیری (وزنی)، به صورت تابعی از جرم زبالهٔ ورودی



شکل ۱ - حجم مایع مورد نیاز به منظور رسیدن به ۵۰ ٪ ظرفیت آبگیری

برحسب تن در روز و محتوای رطوبتی اولیهٔ زباله، می‌بینیم.

این شکل با فرض رطوبت‌دهی به ۱۰۰٪ (تمام) زباله‌ای با چگالی ۱g/cm۳ به دست آمده است، هر چند این مرطوب شدن به تناوب ناقص مانده است. به علت ایجاد مسیرهای انتخابی جریان و بازده تجهیزات بازچرخش، در عمل مقدار مایع کمتری، نسبت به آنچه در شکل آمده است، نیازمندیم.

یکی از روشها و دیدگاههای با بازده فراوان برای رسیدن به ظرفیت آبگیری رطوبت رساندن (مرطوب کردن) در سطح فعال و پس از آن از طریق به‌کارگیری روش پخش مایع در سطح و یا تزریق به صورت یکنواخت است. اضافه کردن مایعات مکمل مقدار جریان تحتانی شیرابه را افزایش می‌دهد

که این افزایش جریان باید در طراحی در نظر گرفته شود؛ به‌خصوص، پس از بارندگیها که مقدار زیادی شیرابه تولید می‌شود.

بدین منظور، باید مخزنی با حجم کافی برای انباشت شیرابه فراهم گردد تا بدین طریق، از تولید ماکزیمم متعادل شیرابه اطمینان حاصل شود. طراحی و راهبری مناسب زمین دفن می‌تواند تغییرات حدی تولید شیرابه را مینیمم کند؛ با وجود این، در مواقع بارندگی، شیرابه‌ای بیش از مقدار موردنیاز برای بازچرخش تولید خواهد شد.

فاکتورهای دیگری از قبیل ساخت، نگهداری، قوانین و... ممکن است باعث شوند که نتوان شیرابه را از زمانی به زمان دیگر بازچرخاند؛ به همین دلیل، باید برای مدیریت حوادث غیرمترقبهٔ مربوط به شیرابهٔ بیرون از سایت برنامه‌ریزی کنیم تا در مواقعی که تولید شیرابه از ظرفیت ذخیرهٔ داخل سایت بیشتر شود بتوانیم از سیستمهای دیگری برای کنترل شیرابه استفاده کنیم.

بازچرخش شیرابه باید با هدف مینیمم کردن تغییرات شدید نامطلوب و بهینه‌سازی فرایندهای بیولوژیک، کنترل گردد. طبقه‌بندی پوشش به منظور هدایت شیرابه به صورت فاصله‌دار از شیبهای کناره‌ای، ایجاد فاصلهٔ کافی بین شیبها و محل تزریق شیرابه، حذف سوراخهای روی لوله‌های بازچرخش شیرابه در نزدیکی شیبها، و نیز اجتناب از به‌کارگیری پوششی که دارای ضریب هدایت هیدرولیکی خیلی متفاوت با زباله باشد می‌تواند جلو تراوش زمین دفن را بگیرد.

علاوه بر این، ممکن است، به منظور ایجاد سهولت در حرکت شیرابه از میان زباله، کاهش تراکم اولیهٔ زباله در بعضی موارد ضروری گردد. همچنین، باید همراه هر سیستم بازچرخش شیرابه‌ای که استفاده می‌شود، یک برنامهٔ پایش نیز برای تشخیص سریع حوادث غیرمترقبه داشته باشیم.

جایگزین‌های دیگری از قبیل پوشاندن هر چه سریع‌تر شیبهای کناره‌ای و نصب لایه‌های زهکش زیر سطح می‌تواند برای مینیمم کردن مشکل تراوش جانبی به کار گرفته شود.

در استاندارد آمریکایی، به منظور حفظ آبهای زیرزمینی، عمق شیرابهٔ روی لایه آب‌بند جزء ضوابط اصلی و اولیه برای گرفتن اجازه و تأیید طرح راکتور زیستی است.

برای این که بتوان فشار روی لایه آب‌بند را کنترل کرد باید امکانات ذیل در دسترس باشد:

- وجود سیستم جمع‌آوری شیرابه با طراحی مناسب
- وجود سیستمی برای اندازه‌گیری و پایش فشار روی لایه آب‌بند
- امکان نگهداری و انباشت شیرابه در خارج سایت
- توانایی و امکان حذف شیرابه با نرخی دو تا سه برابر نرخ معمول تولید شیرابه

ساخت، بهره‌برداری، راهبری و پایش سیستم بازچرخش شیرابه بر عملکردهای روزانهٔ زمین دفن تأثیر خواهد گذاشت. اگر قرار است سیستم بازچرخش شیرابه را به کار بگیریم، باید از آن به صورت بخشی مرتبط و یکپارچه با عملکردهای زمین دفن استفاده کنیم. نصب این سیستم باید با قرار گرفتن و دفن زباله متناسب باشد و هنگام برنامه‌ریزی برای مراحل مختلف پر کردن زمین دفن به آن توجه شود.

در یک برنامهٔ راهبری ـ عملکردی برای بازچرخش شیرابه در زمین دفن (با توجه به تمام موارد فوق) باید به انتخاب نوع تجهیزات به کار رفته برای تأمین مایع و استقرار و نصب آنها در زمین دفن نیز توجه کرد. البته اطلاعات اندکی دربارهٔ زمان استفادهٔ این تجهیزات در زمینهای دفن مختلف (در مقیاس واقعی) و در زمینهٔ راهبری و عملکرد آنها در دسترس است.

تا زمانی که اطلاعات بیشتری از عملکرد تجهیزات نداشته باشیم، طراحی سیستم (برای مثال، استقرار تجهیزات بازچرخش شیرابه) برپایهٔ معادلات متداول در زمینهٔ حرکت آب زیرزمینی یا شبیه‌سازی (مدلسازی) ریاضی، که برای مسیرهای حرکت شیرابه در جرم زباله اشتقاق یافته است، انجام می‌شود.

پاورقی:

1- America Working Group Waste Association of North

2- SWANA