امکان سنجی کاربرد روشهای مختلف پایش آلاینده‌های نفتی در خاک و ارائه الگوریتم بر اساس روش پایش

سهیلا ابراهیمی*[۱]، شیوا لادن[۲] و محمد جعفر ملکوتی[۳]

[۱]دانشجوی دکتری خاکشناسی، [۲] دانشجوی کارشناسی‌ارشد خاکشناسی، [۳] استاد گروه خاکشناسی دانشگاه‌تربیت مدرس

مقدمه

از بدو شناسایی و استحصال نفت از سده گذشته، مشکل آلودگی خاک با ترکیبات نفتی ایجاد شده که هیچگاه جدی تلقی نشده تا جایی‌که این انباشت آلودگی به مرور زمان باعث بروز اختلال و دگرگونی در شرایط تعادلی و متعارف منابع پایه، به ویژه خاک و آب، افت تولید و بحران‌های زیست محیطی شده‌است. در همین راستا، اندیشیدن تمهیداتی خاص و بکار بردن استراتژی هدفمند و هماهنگ با امکانات و شرایط موجود، جهت جبران خسارات گذشته و ایجاد مدیریت صحیح به منظور حفظ پالودن منابع آب و خاک و جلوگیری از نشر و بسط آلودگی و دستیابی به روشهای کارآمد در مقیاس صنعتی لازم و ضروری مینماید. در این پژوهش امکان سنجی کاربرد روشهای مختلف پایش آلاینده های هیدروکربوری(نفتی) خاک بر اساس نوع روش به‌کار برده شده بررسی می‌گردد.

مواد و روشها

روش‌های متعدد رفع آلودگی خاک زیرمجموعهٔ روش‌های پایش فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی می‌باشد[۳]. روشهای اصلاح فیزیکی شامل روش‌هایی متعدد مانند حفاری و خاک برداری، دفن کردن، پوشش دادن (با یک ماده پوشاننده مانند آسفالت، بتون یا حتی خاک تمیز)، شستشوی خاک(با مواد آبدوست غیر فرار و مواد آلی آبگریز)، جاری کردن و راندن خاک آلوده (جداسازی و کاهش حجم آلاینده‌های خاک بصورت درجا)، روش الکتریکی (با یک یا چند رشته الکترود باردار)، جداسازی روغن و آب (فاز آزاد و روغن امولوسیون شده و جداسازی بر مبنای وزن)، دفع توسط هوا (برای آلاینده‌های فرار غیرقابل‌حل در آب)، جذب کربنی(جذب سطحی)، جداسازی آلاینده‌ها بر اساس اندازه ذرات (جداسازی بر اساس نیروی جاذبه و با فرض همراهی آلاینده‌ها با ریزترین ذرات خاک)، تخلیه بخارات تحت خلأ (شستشوی خاک با هوا و مناسب برای مواد شیمیایی خالص، حلال‌ها و مواد فرار)، استخراج با مواد فعال‌کننده سطحی، استخراج توسط سیالات فوق بحرانی (حذف هیدروکربنهای آروماتیک چند حلقه‌ای مثل نفتالین، آترازین، سیانازین و عمدتاً با دی‌اکسید کربن) می‌باشند[۱، ۳]. روشهای اصلاح شیمیایی نیز روشهایی متنوع نظیر خنثی کردن (کاهش واکنش‌دهندگی و خورندگی سیستم‌های حاوی اسید و باز)، اکسیداسیون (فرآیند درجا برای رفع آلاینده‌های اکسید شدنی)، استفاده از تشعشع (استفاده از یک واکنش شیمیایی و عمدتا نور خورشید)، ترسیب(جداسازی، کاهش حجم و تثبیت فلزات و آنیون‌های خاص به تشکیلات رسوبات نامحلول)، احیا کردن، جذب سطحی کربن (آلاینده‌های آلی با وزن‌مولکولی و نقطه‌جوش بالا و حلالیت کم)، تبادل یونی، اکسیداسیون با استفاده از اشعه ماوراء بنفش(تجزیه هیدروکربن‌ها به دی اکسیدکربن و آب) می‌باشد[۵، ۶، ۹]. روشهای اصلاح بیولوژیکی (زیست درمانی) فرآیندی است که در آن روش‌های بیولوژیک برای تبدیل یا تثبیت مواد آلاینده در خاک یا آب استفاده می‌شود. هدف نهایی آن، تبدیل مواد آلاینده به مواد معدنی و تبدیل مواد مضر به ترکیباتی کم خطرتر است و شیوه‌های آن شامل کشت زمین (هوادهی و اختلاط آلاینده‌ها در خاک)، کمپوست کردن (تصفیه ترموفیلیک هوازی)، بیورآکتور (تجزیه بیولوژیکی برای تصفیه مایعات و یا خاک به صورت دوغاب)، تهویه بیولوژیکی (دمیدن اکسیژن برای تحریک فعالیت های میکروبی)، بیو فیلتر (استفاده از ستون میکروبی)، افزودن میکروب، تحریک بیولوژیکی (تامین مواد مغذی مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها)، احیا بیولوژیکی ذاتی (بدون مشّدد)، روش پمپاژ (انتقال آب‌های زیرزمینی به سطح زمین برای تصفیه و تزریق مجدد) می‌باشد[۷، ۸]. انتخاب مناسبترین روش پایش تابع میزان نیاز به پایش، امکان پاکسازی درجا یا خارج از محل، زمان،

چگونگی تاثیر بر نواحی مجاور، امکان بکارگیری ترکیبی روشهای پایش برای بهینه سازی بازدهی عملیات با رعایت استانداردها و توجیه اقتصادی است[۹].

امکان سنجی روش های مختلف پایش: در فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی علاوه بر صرف هزینهٔ بالا، امکان ایجاد خطرات زیست محیطی وجود دارد که بعضاً جبران ناپذیرند. از جمله مشکلات روش حفاری و خاک برداری افزایش آلودگی زیست‌بوم در اثر تخریب ستون خاک، تردد زیاد و سرو صدا می‌باشد. در دفن‌کردن، جابه‌جایی آلودگی به محل جدید و نیز حرکت آلاینده‌ها ، مطرح است. در پوشاندن خاک‌های آلوده، عدم رفع آلودگی از خاک پوشش داده شده و احتمال مهاجرت مجدد آلاینده‌ها در اثر نفوذ آبهای سطحی و زیرزمینی موجود است[۴]. شستشوی خاک برای خاکهایی مناسب است که با مواد آبدوست غیر فرار و مواد آلی آبگریز و فلزات سنگین آلوده شده باشد. در روش الکتریکی، محدودیت جریان الکتریکی و زمان لازم برای انجام فرآیند، مشکل ساز است. در استخراج آلاینده‌های خاک تحت خلأ، مشکل کار کردن با مواد نا همگن و خاک اشباع میباشد. هم چنین انجام این فرآیندها مقرون به صرفه نیست. مشکل روش جداسازی آلاینده‌ها بر اساس اندازه ذرات، پیچیدگی آن و پاکسازی ذرات ریز است. از سوی دیگر روش‌های فیزیکی،سریع و پر بازده ابوده و اکثراً در مواقع ضروری به کار گرفته می شوند، اما این روش‌ها به خودی خود آلاینده را به طور کامل حذف نمی‌کنند و بعضاً فقط با انتقال آلاینده از یک نقطه به نقطه ی دیگر از گسترش آلاینده جلوگیری می کنند[۲]. در روش خنثی کردن عدم وجود ساز و کار مورد نیاز جهت جلوگیری از تشکیل مواد سمّی‌تر وجود دارد. در فرآیند اکسیداسیون، مشکلات عمده شامل انجام واکنش های انفجاری و طبیعت غیرانتخابی فرآیند است. استفاده از تشعشع در پایش آلاینده‌های نیتراته و دی‌اکسین استفاده می‌شود و ناتوانی نور در نفوذ به عمق خاک، عمده‌ترین مشکل این روش است. اثر درازمدت روش ترسیب هنوز بررسی نشده و استفاده از آن می‌تواند اثرات نامطلوبی بر نفوذپذیری خاک داشته باشد. در فرآیند احیا کردن، خطر واکنش‌های انفجاری احتمالی و تولید مواد سّمی‌تر و اثر احتمالی آن بر روی مواد دیگر وجود دارد. در تبادل یونی، امکان استفاده برای تعدادی اندک از آلاینده های خاک و مشکل کنترل **pH** موجود می‌باشد[۵، ۹]. در فرآیندهای پایش بیولوژیک مهمترین مزیت سادگی و عملی بودن است که این مسأله با صرف هزینه کم در پاکسازی همراه است. قابلیت تجزیه بالای هیدروکربن‌های نفتی سبب شده روش درمان بیولوژیکی پاکسازی موثری برای این گروه از آلاینده‌ها باشد. این تصفیه می‌تواند به صورت درجا یا باحداقل فاصله از منطقه آلوده صورت گیرد و ترکیبات فرار کمتری در محیط پخش شوند. مزیت مهم دیگر بی‌خطر بودن این شیوه است. میکروارگانیسم ها توانایی تبدیل یک تعداد مشخص از ضایعات را به دی اکسید کربن، آب و توده ی سلولی دارند و در صورتی که در اثر پاکسازی های زیستی، آلاینده‌ها کاملا حذف نشوند، عمدتاً به مواد کم ضررتر تبدیل می شوند که با استفاده از میکروارگانیسم‌های دستورزی شدهٔ ژنتیکی[1] راندمان پایش افزایش می‌یابد. روش پاکسازی زیستی از لحاظ فیزیکی حداقل تخریب را در بردارد و میکروارگانیسم(یا فرآورده های آنها) همراه با آب‌های آلوده حرکت می‌کنند و بنابراین منطقه‌ای که توسط این روش مورد پوشش قرار می‌گیرد، در مقایسه با روش‌های دیگر بسیار وسیع‌تر است. این روش پایداری آلاینده‌ها و احتمال حضور طولانی مدت آنها را کاهش و پذیرش عمومی بیشتری دارد. از سویی، فرایند احیاء بیولوژیکی می‌تواند با سایر روشهای تصفیه فیزیکی و شیمیایی همراه شود. از مشکلات روش‌های زیستی سرعت نسبتاً پایین و زمان‌بر بودن در مقابل روش‌های دیگر است [۶].

برآورد اقتصادی امکان سنجی روشهای مختلف پایش: هزینه تکنولوژیهای پاکسازی تابع اندازه محل و میزان پاکسازی است. مقایسه برخی هزینه‌های تکنولوژیهای پایش آلودگی براساس نوع روش اصلاحی در جدول زیر نشان می‌دهد روشهای بیولوژیک ضمن توانایی رقابت با سایر روشها، هزینه پایینتری را در برمی‌گیرد. علاوه بر آن، میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده هیدروکربنها عموما در محل آلودگی موجودند.

[1] Genetically Engineered Microorganisms

جدول۱- مقایسه هزینه های برخی تکنولوژیهای پایش آلودگیهای نفتی[9]

روش اصلاحی	هزینه(هکتار)	منبع
اصلاح بیولوژیکی (درجا)	$۶۷	سازمان اطلاعاتی فروشنده تکنولوژی های درمانی جدید(VISIT)، اداره زباله جامد، EPA
اصلاح بیولوژیکی (خارج محل)	$۷۶	(VISITT)
کلرزدایی	$۱۹۳	ارزیابی اقتصادی قانون شناسایی زباله پر خطر مطرح شده برای محیط آلوده، ایالات متحده.EPA، اداره زباله جامد و پاسخگویی فوری، بخش برنامه و بودجه، ارتباطات، ۱۹۹۶.
بی حرکت سازی (درجا)	$۵۴	تحلیل تاثیر تنظیمی : کاربرد فاز ۴ ممنوعیت استفاده زمین برای زباله های در حال فرآوری معدنی تازه شناخته شده. ایالات متحده.EPA، اداره زباله جامد ، ژانویه ۱۹۹۸.
بی‌حرکت سازی (خارج محل)	$۱۶۴	تحلیل تاثیر تنظیمی : کاربرد فاز ۴ ممنوعیت استفاده زمین برای زباله های در حال فرآوری معدنی تازه شناخته شده. ایالات متحده.EPA، اداره زباله جامد ، ژانویه ۱۹۹۸.
سوزاندن	$۱،۳۷۵	ارزیابی اقتصادی قانون شناسایی زباله پر خطرمطرح شده برای محیط آلوده
بی حرکت سازی خاکستر	$۱،۳۸۲	ارزیابی اقتصادی قانون شناسایی زباله پر خطرمطرح شده برای محیط آلوده
شستشوی خاک	$۱۱۹	(VISITT)
دفع حرارتی	$۱۱۰	(VISITT). تکنولوژی های درمان خاک آلوده، تحلیل اطلاعات توانایی درمان، فراهم شده توسط EPA .ICF ، قرارداد EPA ۶۸-W2-۰۰۸, سند کاری۲۳۲، ۱۹۹۷.
استخراج تحت خلأ	$۱۵۰	ارزیابی اقتصادی قانون شناسایی زباله پر خطرمطرح شده برای محیط آلوده

نتایج و بحث

نفت‌خام حاوی ترکیبات شیمیایی متعددی است که هر کدام به نوعی در ردیف ترکیبات ضد حیات[1] قرار دارند، لذا حضور نفت خام در اکوسیستم‌های خاک و آب یکی از مهم رین منابع آلوده کنندهٔ محیط زیست به‌شمار می‌آید. خوشبختانه مهمترین جزء هیدروکربن‌های نفتی (بخش قابل حل در آب) ذاتاً قابلیت تجزیهٔ بیولوژیکی بالایی دارند که سبب شده روش درمان بیولوژیکی پاکسازی موثری برای این گروه از آلاینده ها به حساب‌آید. مقایسه صرفه اقتصادی و مزایای دیگر روش بیولوژیک آن را متمایز و ممتاز بر روش‌های دیگر قرار می‌دهد. از این رو در راستای گزینش سیاستهای سازگار و راه‌حلهای منطقی برای پاکسازی محیط زیست در مسیری هماهنگ با ملاحظات زیست محیطی، روشهای اصلاح بیولوژیک بعنوان راهبردی کارآمد برای تخفیف، درمان و اصلاح و پالودگی آلاینده‌های هیدروکربوری (نفتی) توصیه می‌گردد. این روش اصلاحی علاوه بر سادگی و عملی بودن با صرف هزینه کم (در برابر روشهای اصلاحی فیزیکی و شیمیایی) و توجیه اقتصادی در بعد صنعتی (فراتر از آزمایشگاه و پایلوت) در پاکسازی همراه است.

منابع

Delleur, J. (2000). Handbook of Ground water engineering, springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Frind, E.O., Malson, J.M. and Schimer, M. (1999). Dissolution and mass transfer of multiple orgsnics under field conditions: The borden emplaced source. Journal of Water Resource Research, 35: 683-694.

U.S. Environmental Protection Agency. (1998). Technical support document for 194.23: Groundwater flow and contaminant transport modeling at WIPP, EPA Docket, A-93-02, V-B-7.

[1] xenobioties

Elben, R. and Elben, W. (2003). The encyclopedia of the environment, Houghton Mifflin Company.
Handbook of Ground water, EPA/625/6-90/016b, volume II (Metology), 1991.
National Research Council. (1994). Alternatives for Ground Water Cleanup, National Academy Press, Washington, DC.
Handbook of Ground water, EPA/625/6-90/016b, volume I (Ground water and contamination), 1990.
Cirpka, O. A., Frind, E.O. and Helming, R. (1999). Numerical simulation of biodegradation controlled by transverse mixing. Journal of Contaminated Hydrology, 40: 159-182.
http://www.epa.gov/empact/