پایداری، توسعه و محیط زیست، دوره دوم، شماره ۱، بهار ۹۴

معرفی پسماندهای خطرناک طبق کنوانسیون بازل و کاهش اثرات آنها با استفاده از تکنولوژیهای پاک

نادر جعفرزاده*[۱]

n.jafarzadeh@gmail.com

چکیده

در سالهای اخیر با گسترش روزافزون جمعیت، تکنولوژی رشد سریعی یافته و تولید مواد شیمیایی جدید باعث تولید مقادیر زیادی پسماند صنعتی خطرناک شده است. این پسماندهای خطرناک هم زیانهای مزمن و حادی برای خود انسان داشته و هم از تهدیدکننده‌های اصلی محیط زیست می باشند، بنابراین باید ارگانهای نظارتی برای کنترل و مدیریت علمی آنها قوانین لازم را اجرا نمایند. مقاله حاضر معرفی کلی صنایع تولید کننده پسماندهای خطرناک، تعیین مشخصات خطر و همچنین روشهای دفع و بازیافت آنها بر اساس معاهده بین المللی بازل می باشد. بر اساس کنواسیون بازل پسماندهای خطرناک حاصل از انواع صنایع در ۴۵ گروه طبقه بندی شده اند. هر کدام از این گروهها با علامت اختصاری Y نشان داده می شوند (Y_1-Y_{45}) و هر Y کد بیانگر پسماندهای حاصل از یک پروسه صنعتی می باشد. مشخصات خطر این پسماندها که بیان کننده خصوصیات فیزیکوشیمیایی آنها است، با H کدها (H_1-H_{13}) بیان شده است. روشهای دفع و بازیافت این پسماندها نیز به ترتیب تحت عناوین D کد (D_1-D_{15}) و R کد (R_1-R_{13}) معرفی شده اند. برای کاهش میزان تولید و اثرات مضر پسماندهای خطرناک استفاده از تکنولوژیهای پاک پیشنهاد شده است که طی آنها در ابتدا استفاده از مواد خطرناک شیمیایی کاهش یافته و در صورت امکان کاملاً حذف می شود تا نگرانیهای موجود از بین برود.

کلمات کلیدی: پسماندهای خطرناک، کنوانسیون بازل، تکنولوژی پاک، محیط زیست، Y کد.

۱- استادیار، گروه شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میانه، ایران(مسئول مکاتبات).

مقدمه

علم و فن آوری، با توجه به نقش مهمی که در توسعه اقتصادی و اجتماعی ایفا می‌کنند باید برای شناسایی و اجتناب از مخاطرات زیست محیطی، کنترل آنها و دفع مسائل زیست محیطی به نفع نوع بشر، به کار بسته شود (اصل ۱۸ قطعنامه کنفرانس جهانی محیط زیست- استکهلم ۱۹۷۲).

محیط زیست و عوامل وابسته به آن یکی از مؤلفه های اصلی توسعه پایدار[1] یک کشور محسوب می‌شوند. توسعه پایدار به معنی تأمین نیازهای نسل فعلی بدون صدمه زدن به تواناییهای نسلهای آتی برای تأمین نیازهای خود می باشد(۱).

یکی از مشکلات عمده زیست محیطی تولید بی سابقه و دفع انواع زباله از جوامع بشری است. به دلیل گستردگی محیط زیست، ارتباطات چندگانه و پیچیدگی مکانیسمهای تأخیری فرآیندهای مضر زیست محیطی، درک صحیح تأثیر آلودگیها در محیط به سختی میسر است. حفاظت از محیط زیست، تأمین سلامت انسانی و ایمنی صنعتی نه تنها از ضروریات توسعه پایدار است بلکه به عنوان ارزش بنیادین مورد نیاز نسل امروز مطرح است(۲).

منابع طبیعی تأمین کننده نیازهای اولیه و رفاهی انسان محدود بوده و با گذشت زمان نه این که افزایش نمی‌یابند بلکه رو به کاهش هستند. از طرف دیگر جمعیت انسان به عنوان مهمترین مصرف کننده و حتی ضایع کننده این منابع به صورت فزآینده‌ای رو به افزایش است. رشد فزآینده جمعیت، افزایش تنوع نیازهای جوامع انسانی و به تبع آن رشد تکنولوژی و تولید، سبب ارتقای سطح زندگی و رفاه عمومی مردم در سراسر جهان گردیده است. یعنی در مجموع تولید بیشتر، مصرف بیشتر و به دنبال آن زایدات (پسماند) صنعتی به جای مانده بیشتر و به همراه اینها تولید پسماندهای خطرناک صنعتی بیشتر.

پسماندهای خطرناک در مقادیر کم نیز با اثرات مخرب زیست محیطی همراه هستند پس باید راهکارهای علمی و عملی جهت مدیریت اصولی این پسماندها توسط ارگانهای مسئول دولتی و یا خصوصی (NGO ها) تدوین و ارایه شود.

طبق قانون "جلوگیری از آلودگی" ایالات متحده آمریکا، کاهش آلودگیهای محیط زیست در منشأ اساساً متفاوت و مطلوبتر از مدیریت زباله ها (پسماندهای خطرناک) و کنترل آلودگی است (۳). سیاستهای راهبردی برای کاهش آلودگیهای محیط زیست عمدتاً متکی به استفاده از تکنولوژیهای نوین پاک، کاهش مقدار پسماندهای خطرناک و درجه سمیت آنها، بازیافت، تصفیه و... است.

اصطلاح تکنولوژی پاک در رابطه با طراحی محصولات و فرآیندهایی است که تولید و استفاده از مواد خطرناک را در ابتدا کاهش داده و در صورت امکان کاملاً از بین می برد تا آلودگی محیط زیست و ایمنی صنعتی تأمین شود. استفاده از تکنولوژیهای نوین پاک، عمده ترین روش کاهش آلودگیها است چرا که در اغلب موارد «پاک داشتن» به مراتب آسانتر از «پاک کردن» است، ما نیز باید قبل از این که کشورمان به ویژه منابع طبیعی‌مان آلوده شوند آنها را «پاک داریم» چون «پاک کردن» بسیار مشکل و پرهزینه است(۴).

روش بررسی

کار مطالعاتی حاضر مقاله ای توصیفی است که در آن به منظور شناخت بیشتر موضوع، جمع آوری اطلاعات و مدارک به دو شیوه مرسوم کتابخانه ای و میدانی صورت گرفته است. برای مطالعات کتابخانه ای از منابع فارسی و انگلیسی و سایتهای معتبر انگلیسی خصوصاً سایت اختصاصی کنوانسیون بین المللی بازل استفاده شد(۵).

جستجوهای میدانی نیز با توجه به سوابق کاری نگارنده ها در ارتباط با اکثر صنایع تولید کننده پسماندهای خطرناک در استانهای شمال غرب کشور خصوصاً تجارب کاری در همکاری در طرح مطالعاتی مکان یابی پسماندهای ویژه در منطقه شمال غرب کشور (کارفرما: سازمان حفاظت محیط زیست، مجری: معاونت پژوهش و فن آوری دانشگاه تبریز) و نیز همکاری با شرکت کیمیا پایش آب تبریز (آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست) صورت گرفته است.

1- Sustainable development

تعریف پسماند و پسماندهای خطرناک[1]: پسماند به مواد جامد، مایع و گاز (غیر از فاضلاب) گفته می شود که به طور مستقیم یا غیرمستقیم حاصل از فعالیت انسان بوده و از نظر تولید کننده، زاید تلقی می‌شود(۷). فعالیتهای صنایع مختلف و فعالیتهای غیر صنعتی از جمله خدمات بهداشتی و درمانی، فرهنگی از قبیل صنایع عکاسی، صنعت چاپ و... با این که باعث افزایش سطح زندگی و رفاهی جوامع بشری می گردند ولی با وجود تمام فعالیتهای صورت گرفته، موادی را به عنوان پسماند بر جای می‌گذارند که اگر به طور مطلوب و جامع مدیریت نگردند می‌توانند صدمات جبران ناپذیری به محیط زیست وارد آورند.

تعدادی از این پسماندها را نمی توان به روشهای معمول از قبیل تحویل به شهرداری و یا دفن در مناطق حومه شهر و... مدیریت کرد. این مواد به علت ساختار فیزیکی و شیمیایی خاص، اثرات سوء زیست محیطی دارند از این رو کنترل آنها نیاز به مدیریت ویژه و تخصصی دارد. به پسماندهای مذکور اصطلاحاً پسماندهای خطرناک اطلاق می گردد (۳).

نمونه هایی از خطرات این پسماندها به قرار زیر است:

در سال ۱۳۵۲ تخلیه پساب آبکاری حاوی مقادیر زیادی سیانور، کروم، مس، روی و بعضی فلزات سنگین دیگر در شمال ایران باعث تلف شدن حدود دو میلیون ماهی شد. مثال دیگر، آلودگی ناشی از تخلیه ترکیبات اورگانومرکوریک حاصل از یک کارخانه پلاستیک سازی به رودخانه Minamata ژاپن در حدود سال ۱۹۵۳ است که منجر به بروز عوارضی از قبیل خستگی و تندی مزاج مفرط، سردرد، بی حسی بازوان، مشکلات در بلعیدن غذا، تار شدن چشمها، سنگینی گوشها و مزه فلزی در دهان در حدود ۱۰۰۰۰۰ نفر و کشته شدن ۱۰۰ نفر و فلج شدن ۷۰۳ نفر گردید(۲).

در قانون مدیریت پسماندها (مصوب مجلس شورای اسلامی در سال ۱۳۸۳)، پسماندهای ویژه چنین تعریف شده است: به کلیه پسماندهایی که به دلیل بالا بودن حداقل یکی از خواص خطرناک از قبیل سمیت، بیماری‌زایی، قابلیت انفجار یا اشتعال، خورندگی و مشابه آن به مراقبت ویژه نیاز داشته باشد و آن دسته از پسماندهای پزشکی و نیز بخشی از پسماندهای عادی، صنعتی، کشاورزی که نیاز به مدیریت خاصی دارند جزو پسماندهای ویژه محسوب می‌شوند (۷).

پسماندهای خطرناک عمدتاً از ضایعات به جا مانده از صنایع شیمیایی و صنایع وابسته به آن ناشی شده و حاوی موادی هستند که از نظر ادامه حیات طبیعی انسان و سایر موجودات زنده خطرناک بوده و در برخی موارد نیز سمی هستند. همچنین پسماندهای حاصل از فعالیتهای بهداشتی، درمانی و مراکز بیمارستانی نیز پسماندهای خطرناک محسوب می شوند. برای پیش گیری از اثرات سوء زیست محیطی این پسماندها، نیازمند مدیریتی جامع هستیم تا بهداشت محیط، سلامت جامعه و ایمنی صنایع تأمین گردد. در کار مطالعاتی حاضر انواع صنایع تولید کننده پسماندهای خطرناک و نیز آن دسته از مواد شیمیایی که جزو این نوع پسماندها هستند معرفی شده اند. همچنین مشخصات خطر و روشهای دفع و بازیافت پسماندهای خطرناک برای هر نوع پسماند بر اساس معاهده بین المللی بازل ارایه شده است.

طبقه بندی پسماندهای خطرناک توسط معاهده بازل[2]:

در سال ۱۹۸۹ معاهده بین المللی بازل در کشور سوئیس با توجه به تلاشهای جهانی به منظور شناسایی بیش از پیش، کنترل حمل و نقل برون مرزی و در کل مدیریت صحیح پسماندهای خطرناک جهت کاهش آثار مخرب زیست محیطی آنها توسط ۳۵ کشور شرکت کننده به امضا رسید (تعداد کشورهای اعضای آن در حال حاضر به ۱۰۵ عضو رسیده است). کشور جمهوری اسلامی ایران از شهریور ماه ۱۳۷۱ به عضویت معاهده بین المللی بازل درآمده است و قانون مدیریت پسماندها شامل پسماندهای ویژه در سال ۱۳۸۳ به تصویب مجلس شورای اسلامی و تأیید شورای محترم نگهبان رسیده است.

طبق معاهده بازل پسماندهای حاصل از انواع صنایع بر اساس نوع فرآیند تولیدی و سایر فعالیتهای انسانی که با توجه به ماهیت مواد خطرناک و خواص مضر زیست محیطی در ردیف

1- Hazardous Wastes

2-Basel Convention

پسماندهای خطرناک می باشند به ۴۵ گروه طبقه بنـدی شـده اند که هر کدام از این گروهها با علامت اختصاری Y نشان داده می شوند (Y_1-Y_{45}) (۸).

از ۴۵ گروه Y کد، ۱۸ نوع از آنها (Y_1 الیY_{18}) صرفاً شامل جریان پسماند[1] مـی باشـد. جریـان پسـماند از مجموعـه فرآیندهای متنوع تولید در یک واحد صنعتی مشـخص مختلـف ناشی شده و مواد زایدی (جامد، مایع و گاز) را شامل مـی‌شـود که وجود آنها منجر به آلودگی شدید محیط زیسـت مـی شـود. یـک Y کـد از جریـان پسـماند بـه تنهـایی حـداقل یکـی از مشخصات خطر پسماندهای خطرناک را از قبیل سمیت، قابلیت اشـتعال، خورنـدگی و... را دارا اسـت. در جـدول ۱ صـنایع و مجموعه فعالیتهای تولید کننده جریـان پسـماندهای خطرنـاک طبقه بندی و معرفی شده است. هر Y کد بیـانگر پسـماندهای حاصل از یک پروسه صنعتی مشخص می باشد.

1-Waste Stream

جدول۱- طبقه بندی جریان پسماندهای خطرناک

Y-code	Waste Stream	جریان پسماند
Y_1	Clinical wastes from medical care in hospitals, medical centers and clinics	پسماندهای حاصل از مراقبتهای پزشکی بیمارستانها و مراکز درمانی
Y_2	Wastes from the production and preparation of pharmaceuflcal products	پسماندهای حاصل از تولید و تهیه فرآورده های دارویی
Y_3	Waste pharmaceuticals, drugs and medicines	پسماندهای حاصل از ترکیبات دارویی، داروها و پزشکی
Y_4	Wastes from the production, formulabon and use of biocides and phytopharmaceuticals	پسماندهای حاصل از تولید، فرمولاسیون و کاربرد داروهای گیاهی و مواد کشنده میکروارگانیسمهای شامل سموم کشاورزی
Y_5	Wastes from the manufacture, formulation and use of wood preserving chemicals	پسماندهای حاصل از تولید، فرمولاسیون واستفاده از مواد شیمیایی نگهدارنده چوب
Y_6	Wastes from the production, formulation and use of organic solvents	پسماندهای حاصل از تولید، فرمولاسیون و استفاده حلالهای آلی
Y_7	Wastes from heat treatment and tempering operations containing cyanides	پسماندهای حاصل از عملیات حرارتی و آبکاری فلزات به وسیله سیانیدها
Y_8	Waste mineral oils unfit for their originally intended use	پسماند روغنهای معدنی که برای استفاده های رایج مناسب نیستند
Y_9	Waste oils/water, hydrocarbons/water mixtures, emulsions	پسماند مخلوط زاید روغن با آب و امولسیونها
Y_{10}	Waste substances and articles containing or contaminated with polychlorinated biphenyls (PCBs) and/or polychlorinated terphenyls (PCTs) and/or polybrominated biphenyls (PSBs)	پسماندها و مواد حاوی آلوده به بی فنیل های چند کلره (PCBs) تری فنیلهای چند کلره (PCTs) و یا بی فنیلهای چند برمه (PBBs)
Y_{11}	Waste tarry residues arising from refining, distillation and any pyrolytic treatment	پسماند مواد قیری زاید حاصل از پالایش تقطیر و تصفیه حرارتی
Y_{12}	Wastes from production, formulation and use of inks, dyes, pigments, paints, lacquers, varnish	پسماندهای حاصل از تولید، فرمولاسیون و استفاده جوهرها، رنگها، پیگمنتها، مواد رنگرزی، لاک و الکل و روغنهای جلا
Y_{13}	Wastes from production, formulation and use of resins, latex, plasticizers, glues/adhesives	پسماندهای حاصل از تولید، فرمولاسیون و استفاده رزینها، لاتکس، چسبها و نرم کننده‌ها
Y_{14}	Waste chemical substances arising from research and development or teaching activities which are not identified and/or are new and whose effects on man and/or the environment are not known	پسماندهای شیمیایی حاصل از فعالیتهای تحقیق و توسعه، عمرانی یا آموزشی که ناشناخته اند یا جدید بوده و اثراتشان بر روی انسان و محیط ناشناخته است
Y_{15}	Wastes of an explosive nature not subject to other legislation	پسماندهایی که ماهیت انفجاری دارند و مشمول سایر مقررات نیستند
Y_{16}	Wastes from production, formulation and use of photographic chemicals and processing materials	پسماندهای حاصل از تولید، فرمولاسیون و استفاده مواد شیمیایی مورد استفاده در عکاسی و چاپ و ظهور عکس
Y_{17}	Wastes resulting from surface treatment of metals and plastics	پسماندهای حاصل از پرداخت سطح فلزات و پلاستیک
Y_{18}	Residues arising from industrial waste disposal	مواد زاید حاصل از عملیات دفع پسماندهای صنعتی

۲۷ گروه Y کد دیگر (Y_{19} الیY_{45}) شامل پسماندهای حـاوی سازنده‌های خطرناک می‌شود(۸). این نوع پسماندها اکثراً مـواد شیمیایی آلی و برخی فلزات واسطه و ترکیبات آنها را شامل می شوند. در جدول ۲ پسماندهای حـاوی سـازنده هـای خطرنـاک منعکس شده است. اگر از مواد ذکر شده در جدول ۲ در مراحل مختلف تولید محصول یک پروسه صنعتی استفاده شود با توجه به این که خود این ترکیبات به تنهـایی خطرنـاک مـی باشـند، مواد زاید تولید شده از این فرآیند جـزو پسـماندهای خطرنـاک خواهند بود.

جدول ۲ - طبقه بندی پسماندهای حاوی سازنده‌های خطرناک

Y-code	Wastes having hazardous constituents	پسماندهای حاوی سازنده های خطرناک
Y_{19}	Metal carbonyls	کربونیلهای فلزی
Y_{20}	Beryllium; beryllium compounds	بریلیوم، ترکیبات بریلیوم
Y_{21}	Hexavalent chromium compounds	ترکیبات کرم شش ظرفیتی
Y_{22}	Copper compounds	ترکیبات مس
Y_{23}	Zinc compounds	ترکیبات روی
Y_{24}	Arsenic; arsenic compounds	آرسنیک، ترکیبات آرسنیکی
Y_{25}	Selenium; selenium compounds	سلنیم، ترکیبات سلنیم
Y_{26}	Cadmium; cadmium compounds	کادمیوم، ترکیبات کادمیوم
Y_{27}	Antimony; antimony compounds	آنتیموان، ترکیبات آنتیموان
Y_{28}	Tellurium; tellurium compounds	تلوریوم، ترکیبات تلوریوم
Y_{29}	Mercury; mercury compounds	جیوه، ترکیبات جیوه
Y_{30}	Thallium; thallium compounds	تالیوم، ترکیبات تالیوم
Y_{31}	Lead; lead compounds	سرب، ترکیبات سرب
Y_{32}	Inorganic fluorine compounds excluding calcium fluoride	ترکیبات فلوئور غیر آلی به جز کلسیم فلوراید
Y_{33}	Inorganic cyanides	سیانیدهای معدنی
Y_{34}	Acidic solutions or acids in solid form	محلولهای اسیدی یا اسید به حالت جامد
Y_{35}	Basic solutions or bases in solid form	محلولهای بازی یا باز به حالت جامد
Y_{36}	Asbestos (dust and fibers)	آزبست (پودر یا الیاف)
Y_{37}	Organic phosphorus compounds	ترکیبات آلی فسفره
Y_{38}	Organic cyanides	سیانیدهای آلی
Y_{39}	Phenols; phenol compounds including chlorophenols	فنلها و ترکیبات فنل ازجمله کلرو فنلها
Y_{40}	Ethers	اترها
Y_{41}	Halogenated organic solvents	حلالهای آلی هالوژندار
Y_{42}	Organic solvents excluding halogenated solvents	حلالهای آلی بدون هالوژن
Y_{43}	Any congenor of polychlorinated dibenzo-furan	ترکیبات گروه دی- بنزو- فورانهای چند کلره
Y_{44}	Any congenor of polychlorinated dibenzo -p-dioxin	ترکیبات گروه دی- بنزو- پی- دی اکسینهای چند کلره
Y_{45}	Organohalogen compounds other than substances referred to in this Annex (eg. Y_{39}, Y_{41}, Y_{42}, Y_{43}, Y_{44})	ترکیبات آلی هالوژندار علاوه بر مواردی که در بالا اشاره شد

مشخصات خطر پسماندهای خطرناک: مشخصات خطر پسماندهای خطرناک بنا به ماهیت ظاهری از قبیل سمیت و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آنها از قبیل خواص انفجار، اشتعال، اکساینده، خورنده و.... تعیین می شود. با توجه به این که مشخصه ویژه پسماندهای خطرناک، خطرات حاد و یا مزمن آنها برای انسان و سایر موجودات زنده است لزوم شناسایی و معرفی مشخصات خطر آنها جهت پیشگیری از صدمات احتمالی امری اجتناب ناپذیر می باشد. خطرهای مواد شیمیایی خطرناک را می توان با رابطه ۱ نشان داد.

رابطه (۱)

خطر = زیان آوری (حاد یا مزمن) × انتشار مواد خطرناک

با توجه به رابطه ۱ با کاهش انتشار مواد خطرناک می توان از خطرهای احتمالی مواد شیمیایی پر خطر کاست. این کار با وضع و اعمال محدودیتهای قانونی، استفاده از مواد شیمیایی کم خطر به عنوان مواد جایگزین (تکنولوژی پاک)، مجموعه عملیات دفع و تصفیه و ... انجام می شود. اما زیان آوری مواد شیمیایی خطرناک مبحث دیگری است که با مطالعه خصوصیات فیزیکوشیمیایی مواد مختلف، دسترسی به آنها امکان پذیر خواهد شد. در دستورالعمل کنوانسیون بین المللی بازل کدهای خاصی (H-Code) که بیان گر مشخصات خطر پسماندهای خطرناک می باشد، تعریف شده است (۴ و ۶). جدول ۳ مشخصات خطر ناشی از این پسماندها را نشان می دهد.

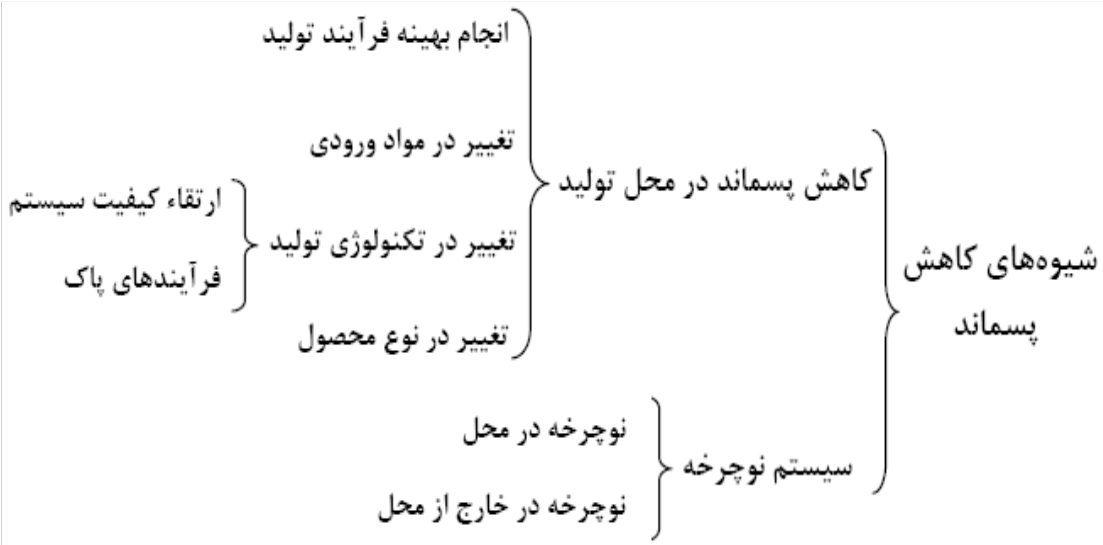
جدول ۳- مشخصات خطر پسماندهای خطرناک

H- Code	مشخصات
H_1	منفجر شونده
H_3	مایعات قابل اشتعال
$H_{4.1}$	مواد جامد قابل اشتعال
$H_{4.2}$	ترکیبات یا پسماندهایی که مستعد برای احتراق خود به خودی می باشند
$H_{4.3}$	ترکیبات یا پسماندهایی که در تماس با آب گازهای قابل اشتعال متصاعد می کنند
$H_{5.1}$	اکسید کننده
$H_{5.2}$	پراکسیدهای آلی
$H_{6.1}$	کشنده (سموم حاد)
$H_{6.2}$	ترکیبات فاسد کننده (مواد عفونت زا)
H_8	مواد خورنده
H_{10}	آزاد شدن گازهای سمی در اثر تماس با هوا و آب
H_{11}	سموم (مزمن)
H_{12}	مواد اکوسمی (مسموم کننده محیط زیست)
H_{13}	موادی که پس از دفع مستعد تبدیل به مواد خطرناک دیگر هستند

روشهای دفع[1] و بازیافت[2] پسماندهای خطرناک: استراتژی دولتها در مدیریت پایدار پسماندها به ترتیب بر چهار اصل کاهش[3]، استفاده مجدد[4]، بازیافت و در نهایت دفع آنها بنا نهاده شده است(۳). کاهش پسماند عبارت است از هر تکنیک، پروسه و یا فعالیتی که پسماند را در منبع تولید آن کاهش می‌دهد، از بین می‌برد و یا اصلاً از تولید پسماند جلوگیری می‌کند. کاهش

1 - Disposal Operations
2 - Recycling Operations
3- Reduction
4 - Re-use

پسماند هم از لحاظ زیست محیطی و هم از لحاظ اقتصادی برای کل جامعه و فعالیتهای اقتصادی آن سودمند است. شکل ۱ شیوه‌های کاهش پسماند را به صورت شماتیک نشان می‌دهد.



شکل ۱- شیوه های کاهش پسماند

با وجود تمام تدابیر، باز مقداری پسماندهای خطرناک باقی خواهد ماند که باید به نحوی مدیریت شوند. قدم نخست برای انجام این مهم حمل و جمع‌آوری این پسماندها در محل ویژه‌ای است که امکانات لازم برای دفن یا هر روش دیگر جهت دفع در آنجا وجود داشته باشد در ضمن باید پیش‌بینیها و ارزیابیهای علمی لازم در مورد عواقب این عملیات به عمل آمده باشد.

عملیات دفع از روشهای معمول کنترل پسماندهای خطرناک است از طرفی هرگونه عملیات دفع این پسماندها، پتانسیل به مخاطره انداختن تهدید محیط‌زیست و سلامتی انسان را دارد. بنابراین بایستی با تدابیر خاصی به اجرا درآید و به سطح بالایی از آگاهیهای فنی در طراحی، اجرا و پایش مکان دفع مورد نظر، نیاز است. در هر مورد که امکان دارد بایستی پسماندهای ویژه پیش تصفیه شوند تا ترکیبات کم‌خطر و یا بی‌خطر ایجاد نمایند. سوزاندن و پروسه‌های فیزیکوشیمیایی از روشهای متداول پیش تصفیه در دسترس هستند. در دستورالعمل کنوانسیون بین المللی بازل روشهای دفع (D-code) پسماندهای خطرناک با توجه به خصوصیات فیزیکو شیمیایی آنها ذکر شده و شامل ۱۵ نوع (D_1-D_{15}) عملیات مختلف بوده و عبارت از مجموعه عملیاتی است که منجر به احتمال بازیافت منابع، نوچرخه کردن، بازیابی، استفاده مجدد مستقیم یا مصارف جایگزین نشوند (۴ و ۷). در جدول ۴ انواع روشهای دفع پسماندهای خطرناک و کدهای مربوطه (معرفی شده توسط کنوانسیون بین المللی بازل) آورده شده اند.

جدول ۴- کد روشهای دفع پسماندهای خطرناک

روشهای دفع	D- Code
ذخیره سازی (در زیر زمین یا روی زمین)	D_1
تصفیه به کمک زمین (خاک)	D_2
تزریق عمیق	D_3
نگهداری سطحی	D_4
مناطق دفنی که با استفاده از روشهای ویژه مهندسی آماده شده اند	D_5
رهاسازی به منابع آب به جز دریاها و اقیانوسها	D_6
رهاسازی به دریاها و اقیانوسها	D_7
روشهای تصفیه بیولوژیکی به جز موارد ذکر شده	D_8
تصفیه فیزیکو شیمیایی به جز موارد ذکر شده	D_9
سوزاندن روی زمین	D_{10}
سوزاندن روی دریا	D_{11}
ذخیره سازی دایمی	D_{12}
تهیه مخلوط اولیه جهت ارایه به هریک از روشهای دفع مندرج در این بخش	D_{13}
بسته بندی مجدد جهت ارایه به هر یک از روشهای دفع مندرج در این بخش	D_{14}
ذخیره سازی در طی هر یک از روشهای دفع در این بخش	D_{15}

فرآیند بازیافت عبارت است از جمع‌آوری، جداسازی، پاکسازی و فراورش پسماندها به منظور تولید یک محصول و یا ماده قابل عرضه به بازار (۴). روشهای بازیافت (R-code) نیز شامل ۱۳ نوع (R_1-R_{13}) عملیات مختلف جهت بازیابی مجدد پسماندهای خطرناک می‌شود و عبارت است از مجموعه عملیاتی که منجر به احتمال بازیافت منابع، نوچرخه کردن، بازیابی، استفاده مجدد مستقیم یا مصارف جایگزین شود(۷). در جدول ۵ انواع روشهای بازیافت پسماندهای خطرناک آورده شده اند.

جدول ۵- روشهای بازیافت پسماندهای خطرناک

R- Code	عملیات دفع
R_1	استفاده به عنوان سوخت
R_2	احیای حلال
R_3	نوچرخه یا احیای ترکیبات آلی که به عنوان حلال استفاده نشده است
R_4	نوچرخه یا احیای فلزات و ترکیبات فلزات
R_5	نوچرخه یا احیای سایر ترکیبات معدنی
R_6	احیای اسیدها یا بازها
R_7	بازیابی ترکیباتی که برای پیشگیری از آلودگی استفاده شده است
R_8	بازیابی ترکیبات از کاتالیزورها
R_9	تصفیه روغنهای مصرف شده یا استفاده مجدد از آنها
R_{10}	تصفیه با استفاده از زمین مزروعی به منظور غنی سازی خاک کشاورزی یا بهبود اکولوژیکی
R_{11}	استفاده از باقیمانده موادی که از عملیات دفع R_1-R_{10} به دست می آید
R_{12}	تعویض پسماندها برای ارایه برای هر یک از عملیاتهای دفع R_1-R_{10}
R_{13}	ذخیره سازی موادی که برای عملیات دفع قسمت روشهای بازیافت انتخاب شده اند

شیمی و تکنولوژی پاک: واژه شیمی، اغلب با کلماتی نظیر صنعت، محصولات، تجارت و مهمتر از همه خطرات همراه است. کارخانجات شیمیایی محل تولید مواد ارزشمند بسیار زیادی از جمله داروها، مواد سوختی (بنزین، نفت و ....)، مواد پلیمری (پلاستیکها، پارچه های نایلونی و پلی استرها)، مواد کشاورزی شیمیایی (کودها و سموم دفع آفات نباتی) هستند. در چهار دهه گذشته ساخت و تولید مواد جدید به ویژه مواد شیمیایی به شدت اوج گرفته است، به طوری که فقط در کشور ایالات متحده آمریکا سالانه نزدیک به هزار نوع مواد شیمیایی جدید وارد بازار می‌شوند. در این کشور هر سال ۱۵۰ میلیون تن پسماندهای خطرناک شیمیایی تولید می شوند(۵).

در گذشته نه چندان دور قسمت اعظم این پسماندها بدون رعایت نکات ایمنی و زیست محیطی به محیط تخلیه می شدند. در حال حاضر آثار سوء این گونه عملیات و سایر دستکاریهای انسان در اکوسیستم جهانی باعث عوارض سوء از قبیل تخریب لایه ازن، گرم شدن تدریجی زمین، اثر گازهای گلخانه ای، بارانهای اسیدی، بیابان زایی و... شده است.

تکنولوژی پاک طراحی فرآیندهایی است که استفاده از مواد خطرناک شیمیایی را در وهله اول کاهش داده و در صورت امکان کاملاً از بین می برد تا نگرانیهای ناشی از آلودگی محیط زیست از بین برود. همچنین با استفاده از این تکنولوژیها می توان از آلودگی آب و هوا جلوگیری کرده و مواد جدیدی که سازگار با محیط زیست هستند عرضه نمود اما در عین حال

جهت نیل به سلامت انسانی، ایمنی صنعتی و کنترل مسائل زیست محیطی احتیاج به شناسایی و مدیریت مواد زاید خطرناک است.

شیمی سبز یا به عبارتی شیمی پاک از دوازده اصل به شرح زیر تشکیل شده است:

۱- پیشگیری از تولید فرآورده های بیهوده ۲- اقتصاد دایم، افزایش بهره وری از اتم ۳- طراحی فرآیندهای شیمیایی کم آسیب تر ۴- طراحی مواد و فرآورده های شیمیایی سالمتر ۵- بهره گیری از حلالها و شرایط واکنشی سالمتر ۶- افزایش بازده انرژی ۷- بهره گیری از مواد اولیه باز گردانی شدنی ۸- پرهیز از مشتقهای شیمیایی ۹- بهره گیری از کاتالیزگرها ۱۰ - طراحی برای تخریب پذیر بودن محصولات ۱۱- تخمین زمان واقعی یک واکنش برای پیشگیری از آلودگی ۱۲- کاهش احتمالی رویدادهای ناگوار(۹).

طبق اصول تکنولوژی پاک، بایستی شیمی دانها در طراحی یک واکنش پیش از استفاده از یک ماده شیمیایی یا تولید محصولات مرتبط با آن، به دانشی که در مورد خطرات احتمالی یک ماده شیمیایی برای سلامتی انسان و محیط زیست دارد، توجه زیادی کنند. به بیان دیگر، آنها خطری را که یکی از خواص ماده ایجاد می‌کند، که می‌بایست علاوه بر دیگر خواص شیمیایی و فیزیکی ماده مورد توجه قرار گیرد، را مورد بررسی قرار می‌دهند و موادی را انتخاب می کنند که این خطر را به حداقل رساند (۲). آرمانتا و همکاران در مورد معّرفهای سمی که در شیمی تجزیه استفاده می شد، دریافتند که اصول کلی برای کاهش صدمات این معّرفهای سمی، در وهله اول استفاده از مواد جایگزین و در مرحله ای که مجبور به استفاده از آنها هستیم اتوماتیک کردن روشهای استفاده برای کاهش مقادیر مصرف معّرفها و نیز مواد زاید تولیدی این مواد است(۱۰).

جهت نیل به تکنولوژی پاک بایستی چهار اصل رعایت و کابردی شوند: ۱- جایگزینی مواد یا فرآیندهای بی خطر و یا کم خطر به جای مواد خطرناک، ۲- کاهش مصرف مواد شیمیایی تا حد امکان، ۳- راه اندازی فرآیندهای بازیافت ۴- به کارگیری فرآیندهای تصفیه و پالایش.

شکل ۲ شمای کلی نیل به تکنولوژی پاک را نشان می دهد.

شکل ۲- دیاگرام نیل به تکنولوژی پاک

نتیجه گیری

طی سالهای آتی در سامانه تجارت جهانی تقسیم کار و تولید مابین کشورها براساس مزیتهای نسبی صورت خواهد گرفت. کشور ما دارای دو مزیت مهم یعنی وسعت زیاد و منابع عظیم کانیهای فسیلی، فلزی و غیرفلزی است از این رو باید انتظار داشته باشیم که در آینده در کشور ما صنایع شیمیایی، فلزی، نفت، پتروشیمی و صنایع پایین دستی آن رشد روزافزونی داشته باشند.

نکته قابل توجه در این است که صنایع مذکور حدود ۹۳ درصد از کل پسماندهای خطرناک صنعتی را تولید می‌کنند و این به این معنی است که ما در آینده با حجم عظیمی از پسماندهای صنعتی خطرناک روبه رو خواهیم بود (۱۱). این ضرورت وجود دارد که تکنولوژیهای پاک وارد چرخه تولید انواع صنایع شوند تا تولید پسماندهای خطرناک به حداقل برسد و در صورت تولید این پسماندها از هم‌اکنون در مورد شناسایی، معرفی و نحوهٔ مدیریت اصولی این پسماندها جهت برقراری ایمنی صنعتی و سازگاری محیط زیست مرتبط با آنها بیاندیشیم و برنامه‌ریزیهای لازم را معمول داریم.

در کشور ما سازمان حفاظت محیط زیست کشور متولی اصلی کنترل مسائل زیست محیطی خصوصاً در مورد پسماندهای خطرناک می باشد. جهت حسن اجرای قانون مدیریت پسماندها، آشنایی با نحوه طبقه بندی پسماندهای ویژه مندرج در کنوانسیونها و مقررات بین المللی خصوصاً برای مدیران صنایع، بسیار ضروری و لازم به نظر می رسد.

سپاس گزاری

نویسندگان صمیمانه از همکاری و کمکهای فراوان مدیریت و کارکنان شرکت کیمیا پایش آب تبریز کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع

۱. الیوت، دیوید، ۱۳۸۴، «انرژی، جامعه و محیط زیست»، انتشارات کمیته ملی توسعه پایدار.

۲. دانشور، ن، عابر، س، ۱۳۸۳، «فرهنگ حفاظت از محیط زیست توسعه پایدار و راههای نیل به آن»، اولین کنفرانس ملی راهکارهای توسعه فرهنگ محیط زیست، صفحات ۱۹۳-۲۰۵.

3. 3.http://usinfo.state.gov/persian/index/products/products_listing_ej/EnvironmentEJ.htm
4. Paul T. Williams, 1998, Waste Treatment and Disposal, John Wiley and Sons Ltd, 55-64.
5. http://www.basel.int

۶. بوتکین د، ترجمه: وهاب زاده ع، ۱۳۸۲، «شناخت محیط زیست زمین سیاره زنده»، انتشارات جهاد دانشگاهی.

۷. قانون مدیریت پسماندها (ماده دوم- بند ب)، فصلنامه آموزشی- پژوهشی مدیریت پسماندها، ۱۳۸۳، شماره چهارم.

8. Basel Convention Series, 1989, United Nations Environment Programme.
9. http://www.aftab.ir/articles/science_education/technical/c3c1131891177p1.php
10. S. Armenta, S. Garrigues, M. de la Guardia, 2008, Green Analytical Chemistry, Trends in Analytical Chemistry, Vol. 27, 497-511.

۱۱. جعفرزاده، ن، خسروی، م،« نیل به تکنولوژیهای پاک، راه کاهش اثرات مضّر زیست محیطی پسماندهای خطرناک»، اولین کنفرانس ملی حمل و نقل مواد خطرناک، ۱۳۸۷.