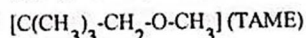


## MTBE و پیامدهای زیست محیطی آن

ترجمه: ماشا... توحیدی

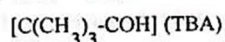
تردد خودروها مهمترین عامل آلودگی هوای شهرها

۴- ترشیری آمیل متیل اتر

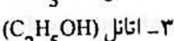


ب- افزودنیهای الکلی از قبیل

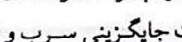
۱- ترشیری بوتیل الکل



۲- متانل



۳- اتانل



اول بار حدود سال ۱۹۷۹، MTBE

جهت جایگزینی سرب و افزایش اکتان

بنزین با بنزین مخلوط گردید و طی ده

سال، به سرعت مصرف آن رو به افزایش

نهاد. از سال ۱۹۸۸ در بسیاری از مناطق

ایالات متحده آمریکا، سوختهای اکسیژنه

جهت بهسازی کیفیت هوا، مورد استفاده

قرار گرفت (Begley and Rotman, 1993).

اکثر این افزودنیها در محلها و زمانهایی (به

خصوص زمستانها) که غلظت کربن

منواکسید (CO) رو به افزایش می گذارد،

الزامی می شد. به طوری که متممهای

قانون هوای پاک ۱۹۹۰ آمریکا ملزم

می نمایند در مناطقی که دارای آلودگی ازن

شدیدی می باشند از بنزین اصلاح شده

(Reformulated Gasoline) که حاوی

افزودنیهای اکسیژنه می باشند استفاده

سوختهای اکسیژنه (Oxygenated fuels) و

بنزین اکسیژنه (Oxygenated Gasoline)

یکی از راه حل های مطرح، در این رابطه

است.

### سوختهای اکسیژنه

به دنبال پیامدهای مصرف تترا تیل

سرب (TEL)، به عنوان افزایش اکتان بنزین

و تشدید آلودگی هوای حاصله از افزایش

کربن منواکسید ناشی از عدم احتراق بهینه

بنزین (الزاماً افزایش هیدروکربنهای پلی

آروماتیک سرطاناتازاز جمله بنزو

آلفا پیرن)، تلاش شد با به کارگیری

سوختهای اکسیژنه، پیامدهای

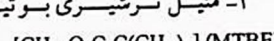
زیست محیطی ناشی از مصرف سوختهای

فسیلی، کاسته شود. در این رابطه دو دسته

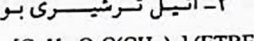
افزودنی مطرح گردیدند:

الف- افزودنیهای اتری از قبیل

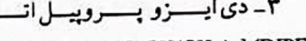
۱- متیل ترشیری بوتیل اتر



۲- اتیل ترشیری بوتیل اتر



۳- دی ایزو پروپیل اتر



مسئله آلودگی هوا، به خصوص در

شهرهای بزرگ که از تنوع منابع آلاینده

هوا، از قبیل خودروها، صنایع، وسایل

گرمایشی و منابع متفرقه از قبیل سوزاندن

پسماندها، فعالیتهای ساختمانی و

تجاری، برخوردار می باشند. طی چند دهه

اخیر، تشدید گردیده و الزاماً نگرانیهای

عمیقی را سبب گردیده است. در بین این

منابع، خودروها، بیشترین نقش را در

تشدید آلودگی هوا، داشته اند.

با توجه به این که سه عرصه آب، هوا

و خاک، پیوسته در حال تبادل متقابل

می باشند، در نتیجه آلودگی یک عرصه، به

آلودگی دو عرصه دیگر منتهی می گردد. با

توجه به این امر، تشدید آلودگی هوا به

تشدید آلودگی آب و خاک نیز منجر

می گردد.

برای کاهش آلودگی هوا، تلاشهای

بسیاری صورت گرفته است. با توجه به

اینکه عدم احتراق بهینه سوختهای فسیلی

به خصوص توسط خودروها، مهمترین

مشغولیت ذهنی در این رابطه بوده، سعی

شده با اصلاح سوختهای مصرفی، گامی

در این رابطه برداشته شود. استفاده از

شود. مصرف اینگونه افزودنی‌ها در آمریکا تا بیش از ۳۰ درصد بنزین مورد استفاده افزایش یافت (U.S. Environmental Protection Agency, 1994) و ممکن است تا سال ۲۰۰۰ به میزان ۷۰ درصد بنزین مصرفی برسد (Shelly and Fouhy, 1994). به دلیل هزینه پایین، سهولت تولید انتقال و ویژگی‌های اختلاط مطلوب، MTBE معمولترین افزودنی اکسیژنه می‌باشد (Ainsworth, 1992, Shelly and Fouhy, 1994). در پالایشگاه‌ها به راحتی تولید، بدون اینکه از بنزین جدا شود، به راحتی با آن مخلوط، و از طریق خط لوله منتقل می‌گردد. اتانل دومین افزودنی انتخابی می‌باشد. دیگر افزودنی‌های اکسیژنه از محدودیت اقتصادی برخوردار هستند. EPA آمریکا به شکل تجربی، MTBE را به عنوان یک سرطانزای احتمالی انسان، طبقه‌بندی نموده، لیکن مقرراتی در رابطه با آب آشامیدنی برقرار نگردیده است (U.S. EPA, 1997). با این وجود EPA غلظت ۴۰-۲۰ میکروگرم MTBE در یک لیتر آب آشامیدنی را توصیه می‌نماید. این توصیه بر آستانه‌های بو و طعم متکی بوده و در محدوده غیر سرطانزایی قرار دارد. از میان ۶۰ ترکیب آلی تبخیر شونده (VOCs) تجزیه شده در نمونه آبهای کم عمق محیط اطراف که از ۸ منطقه طی ۹۴-۱۹۹۳ در آمریکا، برداشته شدند، MTBE بعد از کلروفرم، دومین ماده‌ای بود که به تکرار، یافت شد (Squillace et al., 1996). در ۲۷ درصد از ۲۱۰ چاه و چشمه نمونه برداری شده، غلظت MTBE، ۰/۲ میکروگرم در لیتر گزارش شد. غلظت‌های قابل اندازه‌گیری MTBE در تعدادی از ۵۹۲ نمونه سیلاب جمع‌آوری شده توسط طرح بررسی ژئولوژیکی ایالات متحده در ۱۶ شهر، نیز یافت شد (Delzer et al., 1996). MTBE هفتمین VOC پیدا شده در ۶/۹ درصد نمونه‌ها

بود. در اکثر نمونه‌ها، MTBE دارای مقدار بیشتر ۱/۰ میکروگرم لیتر بود. MTBE همراه با ترکیبات BTEX (بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و کزیلن)، که در تمامی بنزینها موجود هستند، از سمی‌ترین و قابل حل‌ترین ترکیبات موجود در بنزین می‌باشند.

### وضعیت MTBE در هوا، آب و خاک

تبخیر و تغلیظ، فرایندهایی می‌باشند که تبادل MTBE بین سطوح تماس آب و هوا را امکان‌پذیر می‌سازد. منظور از تبخیر، جابجایی MTBE از آب به هوا و منظور از تغلیظ، ورود این ماده از هوا، به داخل آب می‌باشد. هر دو فرایند به گرا دیان غلظتی بین فازهای آبی و هوایی بستگی دارند.

برخلاف بنزن، اگر هوای آلوده در تماس با آب غیرآلوده، آورده شود، MTBE شدیداً میل دارد از فاز گازی به فاز آبی تبدیل شود. با صرف زمان کافی، تعادل می‌تواند بین غلظت‌های MTBE در هوا و آب برحسب قانون هنری که به دما بستگی دارد، برقرار گردد. مقدار ثابت هنری برای MTBE در ۲۵ درجه سانتیگراد ۰/۲۲ می‌باشد (Robbinson et al., 1993). یک مخلوط آبی با مقدار ۰/۰۵ یا بیشتر به مقدار زیادی از آب تبخیر می‌شود. در نتیجه، MTBE بیشتر میل دارد در فاز آبی باقی بماند. این امر مبین این است که زدودن MTBE از آب از طریق هوادهی، تا اندازه‌ای مشکل می‌باشد. این در حالیتی که ثابت هنری برای بنزن ۰/۲۲ است (Howard et al., 1990)، که این امر مبین این مسأله است که بنزن از آب تبخیر و از طریق هوادهی، می‌تواند از آب زدوده شود. لیکن ثابت هنری به تنهایی نمی‌تواند برای پیش‌بینی، تبخیرپذیری MTBE از آب طبیعی، مورد استفاده قرار

گیرد. چرا که تبخیرپذیری به دیگر متغیرهای زیست‌محیطی از قبیل اغتشاش آب سطحی و تا اندازه‌ای سرعت باد، بستگی دارد.

حلالیت احتمالاً مهمترین ویژگی شیمیایی می‌باشد که بر جدایی ترکیب آلی بین آب و خاک تأثیر می‌گذارد. حلالیت بسیاری از ترکیبات آلی در آب در دامنه میلی گرم تا میکروگرم در لیتر می‌باشد. به طور کلی حلالیت اندک، وابستگی شدید به کرن آلی همراه خاک‌های تحت سطحی را نشان می‌دهد. لیکن MTBE در مقایسه با ترکیبات BTEX و دیگر ترکیبات موجود در بنزین، در آب بسیار محلول‌تر است. حلالیت MTBE مایع خالص در آب حدود ۵۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر می‌باشد. در حالی که جز بسیار محلول دیگر بنزین، یعنی بنزن دارای حلالیت ۱۷۸۰ میلی گرم در لیتر می‌باشد (Mackay et al., 1992). (1993).

### منابع احتمالی MTBE و پیامدهای آنها روی آبهای سطحی و زیرزمینی

منابع MTBE به شکل نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای وجود دارند که بر کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی، تأثیر می‌گذارند. غلظت‌های این ماده در آب ناشی از ریزش‌های نقطه‌ای، می‌تواند بسیار زیاد باشد. ریزش بنزین بر سطح زمین، نشأت از مخازن و لوله‌های رو و زیرزمینی، منابع نقطه‌ای آلودگی MTBE می‌باشند. همچنان که قبلاً اعلام شد، در دمای هوای آزاد، حلالیت MTBE خالص در آب حدود ۵۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر می‌باشد. لیکن انحلال MTBE در آب، هنگامی که دیگر ترکیبات آلی حضور دارند، کاهش پیدا می‌کند، چرا که MTBE بین محلول آلی و آبی تقسیم می‌گردد. بنزین که ۱۰ درصد وزنی آن MTBE می‌باشد، حلالیت

MTBE در آب راه ۵۰۰۰ میلی گرم در لیتر در دمای محل (25 C) کاهش می دهد (Zogorski et.al., 1997, Squillace et.al., 1997, Barker et.al., 1991).

در مقایسه، در رابطه با بنزین عاری از افزودنی اکسیژنه، کل حلالیت هیدروکربن در آب، به شکل نمونه حدود ۱۲۰ میلی گرم در لیتر می باشد (Poulsen et.al., 1992). حلالیت زیاد MTBE در آب، با غلظت زیاد در بنزینهای حاوی افزودنی اکسیژنه می تواند به غلظت زیاد در آبهای سطحی و زیرزمینی ناشی از منابع نقطه ای، منتهی شود. بنزین حاوی MTBE می تواند مقادیر زیادی آب را آلوده کند. یک گالن بنزین اصلاح شده، هنگامی که با ۴ میلیون گالن آب مخلوط شود به آلودگی ۲۰ میکروگرم در لیتر MTBE در آب، منتهی می شود (Squillace et.al., 1997).

منابع غیر نقطه ای احتمالی MTBE، عبارت است از بارندگی، شستشوی معابر شهری، شناورهای آبی موتوری. با جابجایی آب حاوی MTBE، انتظار می رود این ماده از آبهای سطحی به آبهای زیرزمینی نفوذ نماید. غلظت محلی فاز گازی MTBE، می تواند جهت پیش بینی غلظت MTBE در بارندگیهای محلی مورد استفاده قرار گیرد. مقدار MTBE زدوده شده از هوا از طریق بارندگی، به شکل قابل ملاحظه ای غلظت فاز گازی MTBE را در هوا کاهش نمی دهد. ۲/۵ سانتیمتر بارندگی کمتر از ۵/۵ درصد MTBE را در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد، خواهد زدود. این افت ممکن است به عنوان یک منبع غیر نقطه ای برای آب، با اهمیت باشد. گرچه غلظت MTBE در هوا، اکثراً اندازه گیری نمی شود، لیکن به نظر می رسد این غلظت حدود ۱ ppb-v یا کمتر باشد (Zogorski et.al., 1997). غلظت معادل مشابه در بارندگی در یک دمای زمستانی ۵ درجه سانتیگراد، یک میکروگرم در لیتر یا

کمتر خواهد بود. غلظتهای بیشتری همچون ۷-۳ ppb، غلظت معادل ۳ میکروگرم در لیتر آب را سبب می گردد (Squillace et.al., 1996). حتی غلظتهای بیشتر ۳۰ ppb-v منجر به غلظت معادل حدود ۳۰ میکروگرم در لیتر آب، خواهد شد. غلظتهای زیاد MTBE در هوای مجاور منابع محلی (مثلاً بزرگراهها، پمپ بنزینها، پارکینگها و پالایشگاهها) به افزایش غلظت در بارندگیها در متوسط گیریهای ماهانه یا سالانه، منتهی خواهد شد.

### چگونگی یافتن منابع انتشار MTBE

غلظتهای MTBE و ترکیبات BTEX می توانند به این منتهی شود که شخص به یک منبع نقطه ای یا غیر نقطه ای آلودگی، مشکوک شود. در محلی که غلظت این مواد، بیشتر از ۳۰ میکروگرم در لیتر در آبهای زیرزمینی می باشد، باید احتمال داد که یک منبع نقطه ای از قبیل نشت مخزن زیرزمینی، وجود دارد. غلظتهای MTBE ناشی از یک منبع نقطه ای می تواند زیاد باشد (۲۰۰ میلی گرم در لیتر در آب زیرزمینی اندازه گیری شده است) (Garret et.al., 1986).

هنگامی که غلظتهای اندک (۳-۲) میکروگرم در لیتر MTBE در آب زیرزمینی مشاهده می شود، ممکن است منبع نقطه ای باشد، لیکن احتمال یک منبع غیر نقطه ای از قبیل شستشوی آتmosphری نیز وجود دارد. یک پلوم (Plume) MTBE ناشی از منبع نقطه ای بنزین، در مقایسه با ترکیبات BTEX، معمولاً در سطح، وسعت زیادی را اشغال می نماید. غلظتهای MTBE در لبه پلوم آلوده کننده، اندک بوده، لیکن اغلب با گذشت زمان زیاد می شود. بنابراین اگر غلظت نمونه ها با گذشت زمان افزایش یافت، باید احتمال

داد یک منبع نقطه ای وجود دارد. شستشوی آتmosphری و واکنش متقابل آن با سطوح آلوده خیابانها و جاده ها، می تواند منبع غیر نقطه ای MTBE را برای آبهای سطحی، تشکیل دهد، لیکن غلظت ناشی از این منبع، معمولاً اندک می باشد. همچنانکه قبلاً اعلام شد، غلظتهای MTBE و BTEX در ۵۹۲ نمونه آبی جمع آوری شده در مطالعه زمین شناسی آمریکا در ۱۶ منطقه شهری، مناطق را ملزم به اخذ مجوزهای ملی سیستم دفع تخلیه آلودگی نمود (Delzer et.al., 1996). بیشترین غلظت MTBE، کمتر از ۱۰ میکروگرم در لیتر و مجموع ترکیبات BTEX در هر نمونه آبی کمتر از ۲۰ میکروگرم در لیتر بود.

### تجزیه طبیعی MTBE و سرعت آن

تجزیه یک ترکیب آلی به تغییرات ناشی از واکنشهای حیاتی و غیر حیاتی مربوط می شود. تجزیه ترکیبات آلی، معمولاً به تشکیل دیگر ترکیبات آلی، منتهی می شود. معدنی شدن نهایی (تجزیه کامل) یک ترکیب آلی به کربن دی اکسید و آب، شامل واکنشهای زیاد و دوره زمانی طولانی می گردد. MTBE در آتmosphری می تواند از طریق فرایندهای مختلفی از قبیل تجزیه نوری (Photolysis)، واکنش با رادیکالهای هیدروکسیل، ازون و رادیکالهای نیترات، تجزیه شود. واکنش MTBE با رادیکال هیدروکسیل، غالب ترین واکنش می باشد (Smith et.al., 1988, Wallington et.al., 1991). تغییر و تبدیلهای حیاتی، میرهای تجزیه غالب در آب و خاک می باشند و معدنی شدن یک ملکول آلی در آب و خاک تقریباً همیشه نتیجه فعالیت میکروبی می باشد (Alenander, 1981, Schnoor et.al., 1987).

مقادیر تقریبی نیم عمر آتمسفری MTBE (زمان لازم برای تجزیه نیمی از مقدار یک ماده)، در یک ناحیه هوایی، به کوتاهی سه روز می باشد (Smith et al., 1991, Wallington and et al., 1988, Zogorski, 1977). این نیم عمر تقریبی، مشروط به وجود رادیکال هیدروکسیل با غلظت  $10^6$  رادیکال در سانتیمتر مکعب هوای محل می باشد. لیکن غلظت رادیکال هیدروکسیل می تواند در هوای نزدیک مناطق شهری کمتر باشد و با این ترکیب MTBE می تواند در مقابل تجزیه مقاومت نماید تا انتقال افقی (Advection)، MTBE را به خارج منطقه شهری، حمل نماید. فرآورد عمده تجزیه MTBE در آتمسفر، فرمیات ترشیری بوتیل (Tertbutyl formate) می باشد. دیگر فرآورده های تجزیه شامل متیل استات (اسید استیک)، استن، ترشیری بوتیل الکل و فرم آلدنید می باشد (Howard et al., 1995). ترکیبات BTEX در آب متحمل تغییرات بیولوژیکی می گردند، لیکن مطالعات بسیاری نشان داده اند که MTBE تحت شرایط زیست محیطی مختلف به آسانی تجزیه بیولوژیکی نمی شوند. اگر مطالعه و تحقیقی نشان داد که ترکیبی تجزیه نمی شود، نیم عمری برای آن گزارش نشده و ترکیب به عنوان نافرمان و متمرده (Recalcitrant)، طبقه بندی می گردد. MTBE عموماً به عنوان متمرده گزارش می شود و نیم عمرهای تقریبی پذیرفته شده ای، برای آن وجود ندارد. محققین گزارش کرده اند که MTBE در مطالعات آزمایشگاهی غیر هوایی، از جمله شرایط ازت زدایی (Denitrifying) و احیای سولفات (Sulfate Reducing)، احیای متانوژنیک و غیره از مواد سفره آبی، خاک و لجن ناشی از دفن مواد "متمرده"، می باشد. (Fuji Wara et al., 1984, Jensen and Arvin, 1990, Yeh

and Novak, 1991, ...)

Novak, yeh (1995) نیز گزارش کرده اند که MTBE بعد از ۱۰۰ روز کشت در یک مطالعه آزمایشگاهی هوایی، هیچ تجزیه ای را نشان نداد. با وجود این، گاهی تجزیه MTBE گزارش شده و این نشان می دهد که میکروارگانیسمهایی قادر به تجزیه MTBE می باشند (Thomas et al., 1995, Daniel, 1988). تجزیه در آبهای زیرزمینی می تواند به تشکیل ترشیری بوتیل الکل منتهی شود، که این ترکیب در حیوانات آزمایشگاهی موجب برخی فعالیت های سرطانی می شود (Girvello et al., 1995).

### جابجایی MTBE در مسیرهای آبی و تبخیر آن

گرچه MTBE می تواند از آب تبخیر شود، نیم عمرهای آن در رودخانه ها و نهرها، می تواند بیش از یک روز باشد، و قبل از اینکه نیمی از آن تبخیر شود فواصل جابجایی اش از  $1/8$  کیلومتر در نهروهای کم عمق تا ۹۰۰ کیلومتر در رودخانه های عمیق می تواند تغییر نماید (Pankow et al., 1996). یخ روی رودخانه ها و شهرها از تبخیر تمامی MTBE از آب جلوگیری می نماید. فاکتورهایی که بر سرعت تبخیر MTBE از آبهای سطحی تأثیر می گذارد، شامل سرعت آب، عمق و دمای آب، سرعت باد و دمای هوا می باشد، در بسیاری موارد MTBE در سرعتهایی تبخیر می شود که بیشتر به عمق و سرعت جریان متکی می باشد. هیچ سرعت تبخیر منفردی، روند کاهش از نهرا و رودخانه ها را نشان نمی دهد. در جریانهای آهسته و عمیق، در سرعت مشابه ترکیبات BTEX، تبخیر می گردد. در جریانهای کم عمق و سریع، MTBE در سرعتهایی به شکل جزئی آهسته تر از سرعت ترکیبات BTEX، تبخیر می گردد

(Pankow et al., 1996).

### سرعت ورود MTBE در آبهای زیرزمینی و جابجایی در آن

چون MTBE مایل به ماندن در آب و عدم جذب توسط سطوح جامدات می باشد، لذا می تواند تقریباً با همان سرعت جریان آب، جابجا شود، سرعت و زمان فرو رفتن آب تحمل شده و سطح ایستابی (Water table) در سرتاسر ایالات متحده، فوق العاده متغیر و به فاکتورهای بسیاری از قبیل بارندگی، تبخیر، هدایت هیدرولیکی مواد در محدوده غیر اشباع و ضخامت این محدوده وابسته می باشد. در برخی مناطق ایالات متحده، که عمق آب کمتر از ۳ متر و محدوده غیر اشباع، قابل نفوذ می باشد. آبهای ناشی از بارندگی در فاصله چند روز یا کمتر می تواند به سفره های زیرزمینی برسد. در دیگر مناطق ممکن است آب ناشی از بارندگی هرگز به سفره های آب زیرزمینی نرسد، لیکن احداث حوضچه های نگهداری و چاههای شارژ سیلابها سرعت اینگونه آبها به سفره های زیرزمینی را افزایش می دهد. هنگامیکه MTBE در آب زیرزمینی وارد می شود، در واقع با همان سرعت آب، حرکت می نماید. به همین دلیل پلوم MTBE در مقایسه با پلوم ترکیبات BTEX بخش عظیمی از سطح را اشغال می نماید. نسبت سرعت آب زیرزمینی به سرعت ماده ای که در آن قرار دارد و با آن منتقل می گردد، ضریب تأخیر (Retardation Factor) نامیده می شود. ضریب تأخیر به خصوصیات سفره آبی، همچون تخلخل و موجودی کربن آلی، وابسته می باشد. برای MTBE، ضریب تأخیر به ۱ بسیار نزدیک است در حالی که این ضریب برای ترکیبات BTEX در دامنه ۱-۲ قرار دارد (Zogorski et al., 1997). ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی نشان می دهد که تحرک ترکیبات عموماً به شکل زیر افزایش پیدا

می‌کند: کزین، اتیل بنزن، تولوئن، بنزین، MTBE (Odermatt, 1994).  
سرعت‌های آب زیرزمینی فوق‌العاده متغیر بوده و به نفوذپذیری، تخلخل و گرادیان هیدرولیک سفره آبی، بستگی دارد. سرعت‌ها، تحت گرادیان‌های هیدرولیک نشوعی، می‌تواند از چند میلی‌متر در سال تا یک متر در روز تغییر نماید. سرعت‌های آب زیرزمینی در نزدیکی چاه‌های پمپاژ، به دلیل گرادیان‌های هیدرولیک موجود در نزدیک این چاه‌ها، می‌تواند بسیار بیشتر باشد.

### روندهای زیست‌محیطی تغلیظ کننده MTBE

تاکنون هیچ روند زیست‌محیطی شناخته شده است که به تغلیظ MTBE در آب یا هوا، بپردازد، لیکن این ماده بین آب و هوا، جابجایی می‌شود تا بین آنها، تعادل برقرار گردد. بنابراین غلظت این ماده در آب و هوا، تا حصول تبادل، در حال تغییر خواهد بود. بعلاوه افزایش استفاده از آن می‌تواند تعادل برقرار شده را از طریق تغییر غلظت‌های آتمسفری MTBE بر هم بزند. به طور کلی مناطق شهری که MTBE را صرفاً به عنوان افزایشده اکتان مصرف می‌نمایند احتمالاً دارای غلظت آتمسفری کمتری از این ماده نسبت به مناطقی می‌باشند که MTBE به تمامی بنزینها اضافه می‌گردد تا ضرورت‌های متمم قانون هوای پاک ۱۹۹۰ رعایت گردد.

### پیامدهای دیگر ترکیبات اکسیژنه اتر الکیلی

اطلاعات محدودی درباره رفتار و سرانجام دیگر ترکیبات اکسیژنه اتر الکیلی وجود دارد. لیکن اطلاعات موجود درباره ویژگی‌های شیمیایی این مواد، نشان می‌دهد که حلالیت دیگر اترها نیز بالا می‌باشد. بنابراین ضرایب تأخیر سطحی، در یک

محیط نمونه، مشابه MTBE می‌باشد. انتظار می‌رود سرعت‌های تبخیر از آب مشابه MTBE باشد. تمامی این ضرایب نشان می‌دهند که دیگر ترکیبات اکسیژنه اتر الکیلی مشابه MTBE بین هوا، آب و خاک تقسیم گردند. نیم عمرهای احتمالی این ترکیبات نیز در هوا مشابه MTBE می‌باشند و تجزیه بیولوژیکی آنها نیز به همین نحوه محدود می‌شود.

### چگونگی زدودن MTBE از آب آشامیدنی

قابلیت انحلال زیاد MTBE در آب و مقاومت در مقابل تجزیه بیولوژیکی، زدودن این ماده از آب را مشکل و پیچیده می‌سازد. ارزیابی چندین از تکنولوژیهای بهسازی آب وجود دارد. لیکن این ارزیابیها نشان داده‌اند که دارای بازده اندک و هزینه‌های زیاد می‌باشند. مثلاً گارت و همکاران (Garret et al., 1986) نتیجه گرفتند که فیلتراسیون آبهای زیرزمینی حاوی MTBE با کمک کربن فعال اقتصادی نبوده است. یک بستر ۰/۰۶ مترمکعبی از کربن فعال صرفاً یک ماه یا کمتر در سیستم تصفیه‌خانگی که دارای یک فلوی MTBE با غلظت صرفاً چند میلی‌گرم در مترمکعب می‌باشد دوام می‌آورد. در دیگر مطالعات، آب حاوی MTBE تصفیه گردید (Remediated)، در نتیجه استریپینگ هوایی (Air stripping) یا بدون جذب سطحی کربن کمترین هزینه را دارا بود (International Technology corporation, 1991 Truong and pamele, 1992). اخیراً بررسی ۱۵ واحد تصفیه استریپینگ هوایی، نشان داد ۵۶ تا ۹۹/۹ درصد MTBE زدوده شده است، سرعت زدودن حد واسط (Median)، ۹۱ درصد بود (Ground Water Technology Inc., 1990). به دلیل بازده به نسبت پایین استریپینگ هوایی MTBE، افزایش ثابت

قانون هانری از طریق گرم کردن آب فرایند، ممکن است موجب پرهزینه شدن راه‌حل انتخابی گردد (Butilo et al., 1994). در خصوص زدودن MTBE از آب، گرم کردن جریان آب استریپر هوایی تا ۲۷ درجه سانتیگراد در یک ستون ۹ متری که با کربن فعال پر شده است، با آب ۱۰ درجه سانتیگراد یک ستون ۱۸ متری که مجدداً با کربن فعال پر شده است، معادل می‌باشد. هنگامی که انتشارات هوایی نمی‌تواند وجود داشته باشد، استفاده از اکسیداسیون یانور ماوراءبنفش / پراکسید / ازون، نیز یک گزینه عملی تصفیه آب می‌باشد. لیکن این راه‌حل سرمایه‌گذاری و هزینه راه‌اندازی زیادی نسبت به دیگر تصفیه‌ها دارا می‌باشد (Zogorski et al., 1997).

هیدروژن پراکسید، که در ابتدا به عنوان منبعی از اکسیژن جهت تقویت تجزیه میکروبی تدارک دیده شده بود می‌تواند با تشکیل بلادرنگ ترشیری بوتیل الکل و مقداری استن، MTBE راهیدرولیز نمایند (Yeh and Novak, 1995). واکنش، صرفاً هنگامی اتفاق می‌افتد که آهن به عنوان کاتالیزور جهت آزاد کردن رادیکال‌های هیدروکسیل از هیدروژن پراکسید اضافه گردد. لیکن واکنش، کاربرد زیادی ندارد، چرا که در محیط‌های هوایی یا نزدیک به خنثی (pH بزرگتر از ۶/۵) تا محیط‌های قلیایی، غیر مؤثر می‌باشد. علی‌رغم مقاومت MTBE در مقابل باکتریهای بومی (Indigenous)، روش‌های تصفیه بیولوژیکی ممکن است، مورد استفاده قرار گیرد. تحقیقات اخیر نشان داده است که اجتماعاتی از باکتریها و انواعی از باکتریهای خالص هنگامی که از لجن‌های تصفیه بیولوژیکی و دیگر منابع مجزا شده‌اند توانایی دارند MTBE را به عنوان منبع کربن مصرف نمایند (Salanitro et al., 1994; Moand et al., 1995).