

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۳/۸/۳۰

تاریخ تجدید نظر: ۱۳۸۳/۱۲/۱۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۴/۳/۱۱

پژوهنده (مجله پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی)

سال ۱۰، شماره ۴۳، صفحات ۷ تا ۱۱، فروردین و اردیبهشت ۱۳۸۴

بررسی احتمال آلودگی آبهای زیرزمینی شهر تهران به متیل ترشری بوتیل اتر

در سال ۱۳۸۱ (MTBE)

دکتر ممدرضا مسعودی نژاد^{۱*}، مجتبی فطیپی^۲

خلاصه

سابقه و هدف: متیل ترشری بوتیل اتر (MTBE) یک ماده اکسیژن دار کننده و افزودنی به بنزین است. این ماده باعث احتراق بهتر سوخت شده و در نتیجه زمینه کاهش آلودگی هوا از ترکیبات آلی سرب دار را فراهم می نماید. نشت ترکیبات بنزین حاوی ماده فوق از طریق مخازن زیرزمینی موجود در پمپهای بنزین می تواند باعث آلودگی مخازن آبهای زیرزمینی و چاههای آب قابل شرب در شهرها شود. هدف از این تحقیق تعیین میزان آلودگی آبهای زیرزمینی شهر تهران به MTBE بود.

مواد و روشها: در ابتدا، با شناسایی جایگاه های پمپ بنزین و تطبیق محل جغرافیایی آن با نقشه های توپوگرافی و چینه شناسی، چاههای عمیق در معرض خطر آلودگی به MTBE مشخص شدند. با نمونه برداری از محل پمپ آب این چاهها مقدار MTBE آنها به روش کروماتوگرافی گازی تعیین گردید. در صورت آلوده بودن چاه از محل مصرف هر حوزه چاهی نمونه دیگری مورد بررسی قرار گرفت.

یافتهها: از ۳۸۴ حلقه چاه مورد بررسی، ۵۵ حلقه در معرض خطر آلودگی به MTBE بودند. مقادیر قابل اندازه گیری از MTBE در شش چاه وجود داشت. در بررسی نمونه های گرفته شده از حوزه مصرف چاههای فوق، آلودگی به MTBE مشاهده نشد.

نتیجه گیری و توصیهها: آزمایشات دوره ای MTBE از کلیه مناطق در معرض خطر توسط شرکت آب و فاضلاب استان تهران برای حفاظت از کیفیت آب آشامیدنی این شهر امری لازم و حیاتی به شمار می آید.

واژگان کلیدی: MTBE، مخازن آبهای زیرزمینی، پمپ بنزین، کروماتوگرافی گازی

مقدمه

از سال ۱۹۹۰ میلادی در پاسخ به اصلاحیه « قانون هوای پاک » سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا به جای ترکیبات آلی سرب دار از یک ماده اکسیژن دار کننده به نام MTBE (متیل ترشری بوتیل اتر) استفاده کرد. این ماده به غلظت ۷-۲ درصد حجمی به عنوان جایگزین ترکیبات سرب دار و به منظور دستیابی به احتراق بهتر و نیز کاهش انتشار مونواکسید کربن (CO) به محصولات آلی حاصل از احتراق به کار گرفته می شد (۳، ۴). به دلیل تولید و اختلاط مطلوب با بنزین معمولی و قیمت ارزان، این ترکیب به سرعت مورد استفاده قرار گرفت. در ضمن این ماده باعث

ترکیبات آلی سرب دار مانند تترا تیل سرب و تترا متیل سرب به عنوان یک ماده افزودنی و به منظور افزایش بهسوزی بنزین در خودروها استفاده می شود. انتشار ترکیبات مختلف از نمکهای سرب در هوای شهرها تهدیدی جدی برای سلامتی کودکان به شمار می رود. این ترکیبات دارای خاصیت تجمع پذیری در سیستم کبدی و سیستم عصبی انسان و سایر موجودات می باشند (۱). وجود ۱۰ تا ۱۵ میکروگرم سرب در ۱۰۰ میلی گرم از خون کودکان سبب کاهش بهره هوشی، قدرت رشد و بلوغ در آنان می گردد (۲).

کاهش ذرات سیاه کننده در مناطق پرتراپیک شهرهای آلوده گردید (۵).

در سال ۱۳۷۹ ایران با توجه به آثار زیانبار ترکیبات سرب بر سلامتی افراد جامعه و به منظور کاهش آلودگی هوای شهرها، حذف بنزین سرب‌دار از شبکه سوخت کشور را آغاز و در سال ۱۳۸۱ کل بنزین مصرفی شهرهای ایران عاری از سرب گردید (۲).

بر طبق بررسی‌های انجام شده استفاده از بنزین‌های بدون سرب حاوی MTBE سهم بسزایی در بهبود کیفیت هوا به مخصوص کاهش میزان مونواکسیدکربن دارد (۶). اما گزارشات دیگر نشان داده‌اند که استفاده از بنزین بدون سرب تاثیری در کاهش میزان ازن ندارد (۷). همچنین تحقیقاتی که توسط آکادمی ملی علوم (NAS) ایالات متحده انجام گرفته نشان می‌دهد که استفاده از بنزین‌های بدون سرب میزان اکسیدهای ازت را (NOX) افزایش می‌دهد و هر میزان افزایش اکسیدهای ازت برای سلامتی انسان مضر می‌باشد (۸).

در فعل و انفعالاتی که در موتور اتومبیل در اثر مصرف بنزین حاوی MTBE رخ می‌دهد ترکیب بسیار سمی متیل‌نیتريت تولید می‌گردد (۹). مدارک اپیدمیولوژی نشان می‌دهد که بین مصرف سوخت‌های حاوی MTBE و میزان شیوع آسم در سنین مختلف به خصوص در بین کودکان رابطه مستقیمی مشاهده شده که این تحقیق در ایالت نیویورک همچنین در نواحی هاردفورد و کانتیکات به اثبات رسیده است (۹). با توجه به نتایج بررسی‌ها بر روی حیوانات آزمایشگاهی، بروز انواع حالات آلرژیک همچنین بیماری‌های نورولوژیک و بروز علائم سرطان خون و غدد لنفاوی بر روی حیوانات آزمایشگاهی به اثبات رسیده است (۸).

در ضمن منابع آب‌های زیرزمینی به دلیل انحلال بسیار بالا MTBE در معرض آلودگی شدید قرار دارند. هزینه پاک‌سازی منابع آب‌های زیرزمینی در ایالت نیویورک و کالیفرنیا در سال ۲۰۰۰ میلادی بالغ بر یک میلیون دلار بوده است (۱۰).

از خواص دیگر MTBE میزان جذب ناچیز در خاک و تجزیه بیولوژیکی بسیار کند آن است. بر این اساس MTBE نسبت به سایر هیدروکربن‌های موجود در بنزین نظیر بنزن، تولوئن، اتیل‌بنزن و گزین تا مکان‌های دورتری در آب‌های زیرزمینی سیر می‌کند (۱۱). بر اساس رهنمودهای EPA میزان MTBE در منابع آب‌های آشامیدنی باید در سطح ۴۰-۲۰ میکروگرم بر لیتر حفظ

شود و برای این کار پایش دائمی سیستم ضروری به نظر می‌رسد (۱۲).

منابع عمده آلودگی آب‌های زیرزمینی شامل؛ مخازن نگهداری سوخت در پمپ‌های بنزین، نشست سوخت از لوله‌های سوخت‌رسانی زیرزمینی، هدر رفتن بنزین در اطراف جایگاهها، شستشو از طریق آب باران، نظافت و شستشوی مکانیکی در سطح شهرها و بارندگی در مناطق شهری که با درجه بالای آلودگی هوا همراه است. همچنین آلودگی دریاچه‌ها و مخازن پشت سدها به MTBE بیشتر مربوط به حمل و نقل قایقها، تخلیه و شستشوی مخازن و تانکرهای حمل و نقل سوخت می‌باشد (۱۳).

حذف MTBE از آب بسیار مشکل بوده و نیاز به روش‌های پیشرفته تصفیه آب دارد. راهبردهای رایج‌تر حذف MTBE از آب آشامیدنی شامل هوادهی، جذب توسط انواع جاذبها مانند کربن فعال، زئولیت، سیلیکا، رزین Amberlite و انواع جاذب‌های دیگر است. همچنین فرآیندهای پیشرفته تصفیه آب از طریق فتواکسیداسیون با اشعه ماوراء بنفش (UV) و اکسیداسیون توسط ازن و آب اکسیژنه، می‌تواند مورد آزمایش قرار گیرد (۱۶-۱۴).

در یک تحقیق با استفاده از یک سری میکروارگانیزم‌های تربیت شده توسط سیستم بیوتکنولوژی یک شرکت تصفیه آب مدعی حذف کامل MTBE از منابع آب آشامیدنی در حدود صفر گردیده است که البته این تحقیق در حد آزمایشگاهی بوده و در رده صنعتی صورت نگرفته است (۱۷).

از سال ۱۳۸۱ بنزین‌های بدون سرب حاوی MTBE به صورت فراگیر در شهر تهران مصرف می‌شود. برخی از جایگاه‌های پمپ بنزین و مخازن سوخت آنها در برخی از نواحی تهران دارای طول عمر ۲۵ تا ۳۵ ساله می‌باشند. از طرفی بروز زلزله‌های متعدد در طی چند دهه اخیر در نواحی اطراف تهران و همچنین تاثیرات عوامل خورنده مانند خاک‌های سولفاته، خوردگی و عمر بتن در اثر تماس با آب‌های خورنده، افزایش گازکربنیک موجود در خاک و بسیاری عوامل وابسته به مکانیک خاک احتمال فرسایش دیواره این مخازن را افزایش داده است. به همین دلیل این تحقیق به منظور تعیین میزان آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی شهر تهران به MTBE انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ابتدا با مراجعه به اسناد انتشار یافته از طرف شرکت ملی نفت ایران کلیه جایگاه‌های توزیع سوخت در سطح شهر تهران شناسایی گردید (۱۸). بعد از حذف جایگاه‌های توزیع گاز مایع، به علت عدم احتمال آلودگی آنها به MTBE، محل جغرافیایی جایگاه‌های باقیمانده روی نقشه ۱/۳۵۰۰ سازمان گیتاشناسی مشخص شد (۱۹). مشخصات چاههای عمیق در وسعت ۲۵۰۰ کیلومتری شهر تهران از شرکت آب و فاضلاب استان تهران اخذ و محل جغرافیایی آنها روی نقشه قبلی منطبق گردید. نقشه اخیر بر اساس انتشارات سازمان زمین‌شناسی (۲۰) روی نقشه‌های توپوگرافی، چینه‌شناسی، حرکت ژئوهیدرولوژی در آبهای زیرزمینی، وضعیت عمق و ارتفاع آبخوان انتقال یافت. با این اقدامات کلیه چاههای عمیق در معرض خطر (چاههای عمیق مجاور جایگاه‌های توزیع سوخت مایع) شناسایی شدند.

با کسب مجوز از شرکت آب و فاضلاب و با استفاده از ظروف یک لیتری از جنس PVC با دو درب پوشش محافظ، ابتدا نمونه‌ای در محل پمپاژ چاه و سپس ۴ نمونه از اطراف آن (هر کدام یک لیتر) با روش یکسان گرفته شد.

پس از مخلوط کردن ۵ نمونه گرفته شده از هر چاه، نمونه‌های نهایی، در ظروف فوق در دمای ۵ درجه سانتیگراد به آزمایشگاه انتقال داده شدند. در صورت مثبت بودن نمونه‌ها از نظر MTBE نمونه دیگری از محل مصرف در حوزه هر چاه تهیه گردید.

برای اندازه‌گیری مقدار MTBE از دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل CP-3800 استفاده شد. این دستگاه دارای جستجو کننده FID در دمای ۲۶۰° درجه سانتیگراد بوده و ستون مورد استفاده در آن به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۵۳ میلیمتر با مواد پرکننده شامل ۵ درصد فنیل (Phenyl) و ۹۵ درصد Polydimethyl siloxane پر شده است. دستگاه مجهز به یک کوره دارای دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد و زمان تماس ۱۰ دقیقه می‌باشد. دمای نمونه تزریقی معادل ۱۴۰ درجه سانتیگراد و گاز حامل آن ازت با فشار ۸ پوند بر اینچ مربع می‌باشد. نمونه در مجاورت سولفات سدیم به مدت ۳۰ دقیقه در معرض حرارت معادل جوش قرار گرفته، سپس معادل یک میلی‌لیتر از لایه فوقانی تبخیر شده برداشت و به دستگاه تزریق می‌شود. حساسیت این دستگاه در حدود ۵ قسمت در بیلیون می‌باشد.

یافته‌ها

از ۳۸۴ حلقه چاه عمیق مورد بررسی ۵۵ حلقه در مناطق در معرض خطر (مجاور جایگاه های توزیع سوخت مایع) بودند (جدول ۱). در نمونه برداری اولیه از ایستگاه پمپاژ این چاهها تنها نمونه‌های مربوط به چاههای ۵۰۴ و ۵۰۷ در منطقه یافت آباد، جاده ساوه (با MTBE برابر ۴/۷ قسمت در بیلیون)، چاههای ۱۱ و ۹ در بزرگراه آیت اله سعیدی و شهرک شریعتی (با MTBE برابر ۱۰۶ قسمت در بیلیون) و چاههای شماره ۶۱۳ و ۶۳۶ در منطقه طرشت، ۲۴ متری خسروی (با MTBE برابر ۷/۱ قسمت در بیلیون) مقادیر قابل اندازه‌گیری از MTBE نشان دادند. در هیچ‌کدام از نمونه برداری های تکرار شده از مناطق آلوده در حوزه مصرف مقادیر MTBE قابل اندازه‌گیری مشاهده نشد.

بحث

با توجه به نتایج بدست آمده، می‌توان گفت که ۴ منطقه از ۳۰ منطقه تحت مطالعه دارای مقادیر قابل اندازه‌گیری از MTBE در آب آشامیدنی بودند. این مقادیر باتوجه به استاندارد ۲۰ قسمت در بیلیون در نواحی یافت آباد و طرشت کمتر از حد استاندارد و در نواحی بزرگراه آیت اله سعیدی و شهرک شریعتی بیشتر از حد استاندارد بود. در نمونه برداری از حوزه مصرف چاههای فوق، آلودگی قابل اندازه‌گیری مشاهده نگردید. یکی از علل این حالت می‌تواند مربوط به استفاده از مواد اکسید کننده نظیر کلر در شبکه تصفیه آب باشد که احتمالاً با اکسیداسیون ترکیب فوق باعث از بین رفتن آن می‌شود. از طرفی بدست آمدن نتایج مثبت برخی نمونه‌ها با توجه به قدمت مخازن نگهداری سوخت در بسیاری از جایگاهها، وضعیت حرکت آبهای زیرزمینی و شرایط توپوگرافی تهران و قابلیت انحلال بسیار بالای MTBE در آب، لزوم کنترل هرچه دقیقتر این چاهها توسط متخصصان شرکت آب و فاضلاب استان تهران را الزامی می‌سازد. همچنین با توجه به عمر کم استفاده از بنزین بدون سرب در ایران احتمال آلودگی مخازن نگهداری آبهای زیرزمینی و چاههای عمیق در سطح شهرها وجود دارد.

با توجه به تحقیقات کمیته تغییر ساختار سوخت در آمریکا به منظور جلوگیری از احتمال نشت MTBE از مخازن و افزایش احتمال آلودگی منابع آبهای زیرزمینی، توصیه‌هایی در رابطه با چند لایه کردن مخازن سوخت در بعضی از ایالات کشور آمریکا صورت

گرفته که به علت برآورد هزینه‌های بسیار بالا در اجرای ایزولاسیون چند لایه‌ای، طرح تعویض و استفاده از سوخت‌های بدون سرب و فاقد MTBE مطرح گردیده است (۷).

آژانس حفاظت محیط زیست کالیفرنیا استفاده از مواد جایگزین که دارای خواص اکسیژن خواهی همانند MTBE بوده اما خاصیت حلالیت بالا در منابع آب نداشته باشند را پیشنهاد کرده است (۱۰). به گزارش آکادمی ملی علوم (NAS) ایالت متحده در سال ۱۹۹۹، افزایش کاربرد استفاده از بنزین بدون سرب حاوی MTBE با وجود اینکه باعث کاهش ترکیبات مونواکسیدکربن می‌گردد اما ترکیباتی نظیر اکسیدهای ازت را که بر سلامتی انسان تاثیرات سوء می‌گذارد را افزایش می‌دهد (۶۸).

در ضمن تحقیقات انجام شده در ناحیه سانتامونیکا در ایالت کالیفرنیا در ماه ژوئن سال ۲۰۰۰ نشان داد که، طی ۶ سال استفاده از بنزین‌های حاوی MTBE مقادیری در حدود ۶۱۰ قسمت در بیلیون در بعضی از چاههای عمیق آب آشامیدنی این ناحیه مشاهده شده است (۱۷).

با توجه به این که حذف MTBE از آبهای زیرزمینی آلوده به این ماده بسیار مشکل و پرهزینه بوده و نیاز به تجهیزات پیشرفته نظیر انواع زئولیتها Amberlite و جاذبهای دیگر دارد و سیستمهای فعلی تصفیه آب کشور فاقد این تجهیزات پیشرفته می‌باشد، لذا تنها روش مقابله با این نوع آلودگی، استفاده از سیستم‌های جلوگیری از آلوده شدن آنها می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مدیریت محترم مرکز ملی تحقیقات علوم پزشکی کشور جناب آقای دکتر محمدی، ریاست محترم دانشکده بهداشت جناب آقای دکتر حاتمی، مدیریت محترم امور بهره‌برداری شرکت آب و فاضلاب استان تهران، مدیریت محترم شرکت پخش فرآورده‌های نفتی شرکت ملی نفت ایران، و جناب آقای دکتر لطیف گچکار مدیریت محترم امور پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تشکر و قدردانی می‌نمایم.

REFERENCES

1. Cater C, stephen R, et al. Reducing the threat of MTBE contaminated ground water: *Pollution Eng* 2000; 32(5): 36-44.
۲. گروه کارشناسان شرکت ملی نفت ایران، آشنایی با بنزین حاوی MTBE: انتشارات شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران. ویژه نامه خبری، ۱۳۸۱.
3. Gullick RW, Lecheuallier MW. Occurrence of MTBE in drinking water source: *AWWA J* 2002; 62(1): 100.
4. USEPA, MTBE fact sheet 1, over view of solid waste and energy response: Washington *WPA Sol* 1998; 97- 104.
5. Dole MS. MTBE occurrence and fate in source water supplies: *Mtg Chem Soc* 1997; 48-58.
6. Myron A, Mehlman W. Pollution by gasoline containing hazardous MTBE; *Arch of Envir Health* 1998; 53: 4.
7. National Research Council Committee on Ozone, Ozone forming potential of reformulated gasoline, *National Res Congress Acad Sciexess*, Washington; 1999: 147-55.
8. Bule ribbon Panel on oxygenates in gasoline, Report of the bule ribbon panel on oxygenates in gasoline, *EPA- AZO*. USA, washington: 1999: 21-8.
9. Joseph P, et al. Is urban asthma caused by MTBE. *Arch Envir Health* 2000; 55(1): 69-77.
10. *California Envir Pro Age*. MTBE Briefing Paper, 1998.
11. Bauman B. MTBE and groundwater quality: Bioremediation research, *EPA Oust Natl Conf Charlott* 1997; 1550-58.
12. Baehr A. Evaluation of atmosphere as a source of volatile organic compound in sallow water: *Water Research* 1999; 35-127.
13. The National Health, Two states will receive money to clean up MTBE. *National Health* 2000; 515-21.
14. Report to the government and legislature, *Health and Enviromental Assessment of MTBE*. California; 1998; 21-8.
15. Anderson M, Michel A. Removal of MTBE and other organic contaminant from water by sorption to high silica zoolites: *Envir Sci and tech* 2000; 34(4): 725-832.
16. Kharoune M. Aerobic biodegradation of an oxygenates mixture: ETBE, MTEB and TAME in and upflow fixed-bed reactor : *Water Research* 2001; 35(7): 1665- 74.
17. Tierney A, Kathleen F. Microbes combat MTBE contamination. *Pollution Engineering* 2000; 32(7): 10-17.
۱۸. گروه کارشناسان شرکت ملی نفت ایران و جایگاه‌های توزیع سوخت در تهران و حومه، انتشارات شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران. ویژه نامه خبری، ۱۳۸۰.
۱۹. سازمان گیتاشناسی و نقشه‌های ۱/۳۵۰۰۰ تهران با شرایط توپوگرافی و منحنی‌های تراز ارتفاعی، مؤسسه گیتاشناسی، ۱۳۸۰.
۲۰. سازمان زمین‌شناسی، نقشه‌های توپوگرافی، هیدروژئولوژی، توپوگرافی و چینه‌شناسی، انتشارات سازمان زمین‌شناسی، ۱۳۸۰.

سر صفحه ها

آلودگی آبهای زیر زمینی تهران با MTBE

۸/ دوماهنامه پژوهنده

دکتر محمد رضا مسعودی نژاد و دکتر مجتبی خطیبی / ۹

شماره ۴۳، فروردین و اردیبهشت ۱۳۸۴

آلودگی آبهای زیر زمینی تهران با MTBE

۱۰/ دوماهنامه پژوهنده

دکتر محمد رضا مسعودی نژاد و دکتر مجتبی خطیبی / ۱۱

شماره ۴۳، فروردین و اردیبهشت ۱۳۸۴

* نویسنده مسؤول، تهران - اوین - دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی - دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط، کد پستی: ۱۹۸۳۶

Email: m_massoudi2002@yahoo.com

۲ کارشناس بهداشت محیط