

## مروری بر جنگ افزارهای بیولوژیک به عنوان تهدیدی برای منابع آب شرب

رضا صراف پور<sup>۱</sup>، \*دکتر داود فرج زاده<sup>۲</sup>

تاریخ اعلام قبولی مقاله: ۸۹/۲/۹

تاریخ اعلام وصول: ۸۸/۱۰/۳

### چکیده

**سابقه و هدف:** شبکه‌های شهری تأمین آب و غذا در طول تاریخ طی نزاعات نظامی همواره در معرض ایجاد خرابکاری و تهدید بوده است. این اقدامات با هدف ایجاد وحشت و کشتار افراد نظامی و غیر نظامی و در مواردی ایجاد بی ثباتی سیاسی بوده است. آلودگی‌های عمدی منابع آب شرب می‌تواند باعث بروز بیماری‌های مختلف در انسان و نیز حیوانات و همچنین اختلالات دراز مدت در شبکه‌های آبرسانی شود. از آنجا که آب شرب، غذا و دارو بطور دایم مورد استفاده مردم قرار می‌گیرند، می‌توانند آسان‌ترین راه برای وارد نمودن مقادیر کشنده یا ناتوان کننده از عوامل بیولوژیک و یا شیمیایی باشد. وارد کردن عوامل پاتوژنی و بیو توکسین‌ها، از نقاط مختلف یک سیستم آبرسانی از بالا دست تأسیسات آبگیر تا شبکه توزیع آب و هم چنین از طریق چاه‌های آب می‌تواند جمعیت زیادی را در فاصله زمانی کوتاه در معرض خطر و مرگ قرار دهد. متأسفانه سیستم‌های آبرسانی در حالت عادی از این نظر آسیب پذیر و آشکار سازی به موقع چنین آلودگی‌هایی نیز بسیار دشوار است.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه یک مطالعه توصیفی به روش کتابخانه‌ای است که در آن پتانسیل‌های تهدید بیولوژیکی، عوامل بیولوژیک، نقاط آسیب پذیر منابع و شبکه‌های آبرسانی، راه‌های احتمالی آلوده سازی آنها، تشخیص و آشکار سازی عوامل، روش گندزدایی موثر و راه‌های پیشگیری و مقابله مورد مطالعه قرار گرفته است.

**بحث و نتیجه‌گیری:** برنامه‌های در نظر گرفته شده برای جلوگیری از خرابکاری در شبکه‌های آب شرب و مواد غذایی و یا سایر محصولات مورد مصرف عام، باید بر اساس پیشگیری، آشکار سازی و مقابله باشد. در تمام این موارد، آمادگی نقش اصلی را ایفا می‌کند. با توجه به لزوم شناخت دست اندرکاران و مسئولین آبرسانی بخصوص در مراکز نظامی از این مخاطرات و راه‌های پیشگیری و مقابله با آن از نقطه نظرهای امنیتی، سیاسی، اجتماعی و تأمین سلامت، پرداختن به این موضوع اهمیت بسیار زیادی دارد. در این مقاله ابعاد مختلف تک‌های بیوتروریستی به منابع و شبکه‌های آبرسانی، پتانسیل تهدید عوامل بیولوژیکی برای آب شرب و چالش‌های موجود در آشکار سازی این عوامل، راه‌های پیشگیری و کاهش آسیب پذیری مورد بررسی قرار گرفته است.

**کلمات کلیدی:** جنگ افزارهای بیولوژیک، بیوتروریسم، منابع آب شرب

### مقدمه

برای انسان بشمار می‌رود (۱) آلوده سازی عمدی چاهها، مخازن و سایر منابع آب جمعیت‌های نظامی و غیر نظامی به عنوان یک روش حمله بوسیله نیروهای متخاصم در طول تاریخ به کار گرفته شده است (۲). رومی‌ها منابع آب شرب را با لاشه‌ها و اجساد حیوانات آلوده می‌ساختند (۳). در نخستین موارد مستند از جنگ افزارهای

بیوتروریسم به معنی استفاده از میکروارگانیسم‌ها (باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها) یا توکسین‌ها برای کشتن انسان یا حیوان و گیاه یا ایجاد بیماری در آنهاست. عوامل بیولوژیکی طی بیش از ۲۵۰۰ سال به شکل جنگ افزار مور استفاده بوده است و هنوز هم تهدیدی

۱- مربی، ایران، تهران، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط  
۲- مربی، ایران، تهران، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، پژوهشکده طب رزمی، مرکز تحقیقات بهداشت نظامی (\*نویسنده مسول)  
تلفن: ۰۲۱-۲۲۲۸۱۹۵۳ آدرس الکترونیک: d.farajzadeh@gmail.com



زیست آمریکا (USEPA (U.S.Environmental Protection Agency) و تحقیقات انجام شده در ارتش آمریکا، ناتو و مقالات علمی موجود در ژورنال‌های تخصصی استفاده گردیده است.

### یافته‌ها

پتانسیل بیوتورریسم به عنوان یک تهدید برای امنیت جوامع به صورت یک نگرانی برای سیستم‌های آبرسانی وجود دارد (۸). ارگانسیم‌هایی که برای استفاده بالقوه به عنوان جنگ افزار بیولوژیکی مورد استفاده بوده و نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، به طور خلاصه در جدول (۱) که توسط ارتش آمریکا تهیه شده درج شده است (۹). در ستون اول جدول نام عوامل لیست شده، در ستون دوم نوع ارگانسیم و در ستون سوم توان جنگ افراشدن این عوامل مشخص گردیده است. از ۲۷ عامل لیست شده ۷ مورد پتانسیل جنگ افراشدن را داراست و برای چهارده مورد دیگر یا امکان پذیر بوده و یا محتمل بنظر می‌رسد. بیشتر عوامل باکتریایی، پتانسیل استفاده به عنوان یک تهدید قابل انتقال بوسیله آب را به دلیل پایداری آنها در محیط دارند. برای مثال معلوم شده که اسپوره‌های *B. Anthracis* برای مدت تا دو سال در آب برکه‌ها قابلیت ادامه حیات دارد (۱۰). و بیریو کلرا بارزترین پاتوژن محیط‌های آبی می‌تواند تا شش هفته در محیط‌های آبی حاوی مواد آلی زنده بماند و *F. tolaensis* که در وهله اول یک بیماری اپی زوتیک حیوانی است که می‌تواند برای ماه‌ها در آب و گل زنده بماند و حتی ممکن است طی این مدت تکثیر پیدا نماید (۱۱). استفاده از اکثر عوامل بیولوژیکی اعم از عفونی و هم چنین توکسین‌های استخراجی، برای حملات به شکل آئروسول بوده است و تهدید در وهله اول متوجه ناحیه تنفسی است و نه سیستم گوارش. عوامل عفونی زمانی که استنشاق می‌شوند فرد را سریعتر دچار ناتوانی می‌کند و همانطور که Franz (۱۲) گفته است، اثرات اکثر توکسین‌ها زمانی که استنشاق می‌شوند شدیدتر از زمانی است که از طریق غذا وارد بدن می‌شود. بعضی از عوامل عفونی برای مثال *Shigella spp* و *Vibrio cholera*، از طریق آب تهدید محسوب می‌شوند و اکثر بیوتوکسین‌ها احتمالاً تحت شرایط مناسب برای آب شرب تهدید کننده هستند. با این حال برای سایر عوامل مسیر ایجاد عفونت یا از طریق خوردن نامشخص است و یا اینکه امکان بقا در آب را ندارد (۱۳). اما بطور کلی در هر مورد تخلیه

بیولوژیکی در دهه ۱۳۴۰ میلادی، اروپایی‌ها با پرتاب اجساد مرده به شهرها و قلعه‌های محاصره شده با انگیزه از بین بردن شرایط حیات و انتشار عوامل عفونی مثل طاعون اقدام کردند. در دهه ۱۴۲۰ آنها کودهای حیوانی را به اجساد در حال فساد به منظور افزایش عفونت اضافه نمودند. از جمله مواردی که رسوایی بیشتری داشت، گزارشی است که در آن یک فرمانده بریتانیایی بنام Lord Geoffrey Amherst در سال ۱۷۶۳ دستور داد تا پتوهای آلوده به آبله میان قبایل هند شرقی توزیع شود تا با ایجاد اپیدمی به نیروهای بریتانیایی در پیشروی در قلمرو هند کمک کند (۴). در جنگ جهانی اول، علوم بیولوژیکی پیشرفت زیادی پیدا نمود و آلمان‌ها تلاش کردند تا در تعدادی از کشورهای هم پیمان (متفقین) دام‌ها را آلوده به سیاه زخم و گلندرز (بیماری شدت مسری در اسب، قاطر و الاغ است که به وسیله باکتری *Actinobacillus mallei* ایجاد می‌شود، اما مثل عامل سیاه زخم به عنوان یک جنگ افزار بیولوژیکی بر علیه انسان نیز به کار گرفته شده است) نمایند. در جنگ جهانی دوم بیشتر کشورها در مسیر برنامه‌های جنگ افزارهای بیولوژیکی قرار گرفتند. برای مثال واحد ۷۳۱ ژاپن که یک واحد سابقه دار و شهرتش با بد نامی همراه بود، عواملی مثل سیاه زخم، وبا و طاعون را بر علیه مردم چین در شروع اشغال منچوری قبل از جنگ به کار گرفتند. اعضای این واحد صدها هزار نفر از مردم غیر نظامی را در معرض انواع عوامل با روشهایی مثل آلوده کردن غذا و آب شرب و افکندن کیسه‌های حاوی کک‌های آلوده به طاعون بوسیله هواپیما قرار دادند (۵ و ۴). طی جنگ جهانی دوم، ارتش ژاپن بیش از ۱۰۰۰ حلقه آب چاه را در روستاهای چین برای مطالعه شیوع وبا و تیفوس مسموم نمودند (۶). طی کنوانسیون ژنو در سال ۱۹۲۵ استفاده از سلاحهای بیولوژیک ممنوع شد و تعدادی از کشورها نیز آن را امضا کردند (۷).

### مواد و روش‌ها

این مطالعه یک مطالعه توصیفی به روش کتابخانه‌ای است که در آن پتانسیل تهدید بیولوژیکی، عوامل بیولوژیک، نقاط آسیب‌پذیر منابع و شبکه‌های آبرسانی، راههای احتمالی آلوده سازی آنها، تشخیص و آشکار سازی عوامل، روش گندزدایی موثر و راه‌های پیشگیری و مقابله مورد مطالعه قرار گرفته است. برای این منظور از منابع علمی معتبر موجود در سازمان جهانی بهداشت، سازمان محیط

جدول ۱- توان تهدید جنگ افزارهای بیولوژیکی (۷)

عامل	نوع	جنگ افزاری	تهدید برای آب	پایداری در آب	مقاومت نسبت به کلر
آتراکس	باکتری	بلی	بلی	دو سال ( اسپور )	اسپورهای مقاوم
بروسلوزیس	باکتری	بلی	محتمل	۲۰-۷۲ روز	نا معلوم
کلستریدیوم پرفرینجنس	باکتری	محتمل	محتمل	متداول در فاضلاب	مقاوم
تولارمی	باکتری	بلی	بلی	تا ۹۰ روز	غیر فعال با یک پی پی ام در ۵ دقیقه
گلاندرز	باکتری	محتمل	غیر محتمل	تا ۳۰ روز	نا مشخص
ملیودوزیس	باکتری	محتمل	غیر محتمل	نا مشخص	نا مشخص
شیگلوزیس	باکتری	نا مشخص	بلی	۲-۳ روز	با ۰/۰۵ پی پی ام در ده دقیقه
وبا	باکتری	نا مشخص	بلی	بقای خوب	به راحتی می میرد
سالمونلا	باکتری	نا مشخص	بلی	۸ روز در آب شیرین	غیر فعال می شود
طاعون	باکتری	محتمل	بلی	۱۶ روز	نا مشخص
تب Q	ریکتزیا	بلی	محتمل	نا مشخص	نا مشخص
تیفوس	ریکتزیا	محتمل	محتمل	نا مشخص	نا مشخص
پسیتا کوزیس	شبه ریکتزیا	محتمل	محتمل	۱۸-۲۴ ساعت در آب دریا	نا مشخص
انسفالومیلیتیس	ویروس	محتمل	غیر محتمل	نا مشخص	نا مشخص
تب هموراژیک	ویروس	محتمل	غیر محتمل	نا مشخص	نا مشخص
آبله	ویروس	محتمل	محتمل	نا مشخص	نا مشخص
هیپاتیت A	ویروس	نا مشخص	بلی	نا مشخص	غیر فعال با ۴ppm / ۰ در ۳۰ دقیقه
کرپتوسپوریدیوزیس	تک یاخته	نا مشخص	بلی	پایداری در چند روز یا بیشتر	اووسیت مقاوم
توکسین های بوتولینوم	بیو توکسین	بلی	بلی	پایدار	غیر فعال با ۶ppm در ۲۰ دقیقه
مایکو توکسین T-۲	بیو توکسین	محتمل	بلی	پایدار	مقاوم
آفلا توکسین	بیو توکسین	بلی	بلی	احتمالاً پایدار	احتمالاً مقاوم
ریسین	بیو توکسین	بلی	بلی	نا مشخص	مقاوم در ۱۰ ppm
استف. انتروتوکسین	بیو توکسین	محتمل	بلی	احتمالاً پایدار	نا مشخص
مایکو سیستمین	بیو توکسین	محتمل	بلی	احتمالاً پایدار	مقاوم در ۱۰۰ppm
آنا توکسین A	بیو توکسین	نا مشخص	محتمل	غیر فعال در چند روز	نا مشخص
اترو دو توکسین	بیو توکسین	محتمل	بلی	نا مشخص	غیر فعال در ۵۰ ppm
ساکسی توکسین	بیو توکسین	محتمل	بلی	پایدار	مقاوم در ۱۰ ppm

میزبان و حفاظت فردی، (ث) راههای مواجهه و (ج) حرکت ورقیق شدن عامل در محیط (۱۴).

#### بررسی آسیب پذیری و نقاط آسیب پذیر

آلودگی منابع آبی حجیم به دلیل نیاز به مقدار بسیار زیاد عامل

ترکیبات بیولوژیکی، شیمیایی یا رادیو اکتیو چه به صورت طبیعی و چه به شکل عمدی، ماهیت عواقب پزشکی حاصل از مواجهه بستگی به عوامل متعددی دارد از جمله: الف) روش انتشار عامل، ب) خصوصیات عامل مثل قدرت عفونت و بیماری زایی و سمیت، پ) مقدار ترکیب تخلیه شده یا دوز عفونی، ت) وضعیت آمادگی

مورد نظر نیستند هم می‌تواند جزو اهداف آلوده سازی عمدی باشد (۱۸). شناخت و تجزیه و تحلیل آسیب پذیری در چنین شرایطی دارای جایگاه مهمی است زیرا سطح تهدیدی که ایجاد می‌شود تابعی از آسیب پذیری جامعه مورد تهدید است. تجزیه و تحلیل آسیب پذیری، سناریوهای ضعف و قوت در سیستمی را که ممکن است در معرض مخاطرات بیولوژیکی و شیمیایی قرار داشته باشد شناسایی نموده و توان حال حاضر برای مقابله و مدیریت شرایط اضطراری را تعیین خواهد نمود. این مطلب به نوبه خود نیازمند بررسی نیازها و توان مندی هاست. زمانی که سناریوهای بالقوه در مراحل قبلی شناسایی شده باشد، امکان تعیین منابع مورد نیاز برای مقابله با چنین شرایطی نیز وجود خواهد داشت (۱۹). از جمله موضوعات دیگر در ارزیابی آسیب پذیری شبکه‌های آبرسانی نسبت به حملات خرابکارانه، شناخت پاتوزن‌هایی است که نسبت به کلر و سایر گندزدها مقاومت دارند. مشکل دیگر در ارتباط با آلودگی‌های عمدی یک سامانه آبرسانی، حرکت پیچیده آب در سامانه مذکور است به این معنی که الگوهای جریان در سامانه‌های توزیع آب می‌تواند شدت متغیر باشد به نحوی که ممکن است اثرات قابل توجهی بر رفتار آلاینده‌های پخش شده در شبکه داشته باشد. پیش بینی اینکه بخش معینی از آب در یک زمان معین کجا خواهد بود مشکل است زیرا یک عامل بزرگ بنام تصادف در مورد حرکت آب در شبکه توزیع وجود دارد (۹).

نقاط محتمل برای آلوده سازی آب در اقدامات تروریستی را می‌توان به صورت زیر تقسیم بندی نمود (۲۰):

۱- **بالادست یک سیستم عمومی یا نقطه جمع آوری.** سیستم‌های آبرسانی شامل رودخانه‌ها، رودها، مخازن ذخیره، چاهها و سدها می‌باشد که ممکن است به عنوان نقاط آلودگی عمدی آب مورد نظر باشد.

۲- **نقطه دسترسی به آبگیر (water intake) سیستم آبرسانی عمومی یا در تصفیه خانه.** بیشتر سامانه‌های آبرسانی به گونه‌ای طراحی می‌شوند که آب را از ذخایر آب منبع در نقطه آبگیر مرکزی دریافت می‌کند که متعاقباً آب در سایر تأسیسات و تجهیزات تصفیه مورد تصفیه و سالم سازی قرار می‌گیرد. هم نقاط آبگیر و هم تصفیه خانه‌های آب ممکن است مورد هدف فعالیت‌های خرابکارانه و آلوده سازی عامدانه آب باشد.

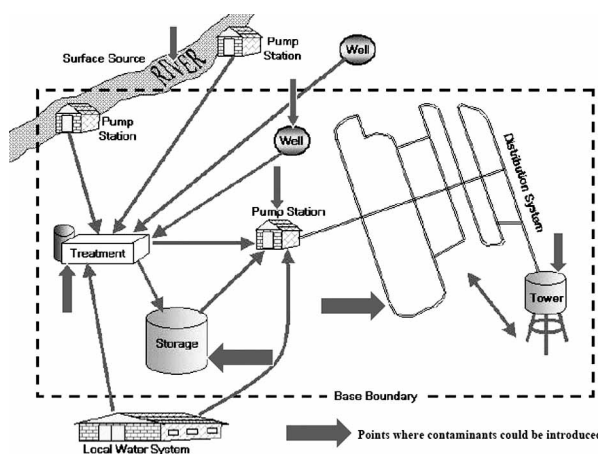
بیماری‌ها برای ایجاد بیماری غیر عملی است. یک تک بیولوژیکی مؤثر از طریق آلوده سازی منابع آب در مناطق کوچک مؤثرترین حمله محسوب می‌شود (۱۰). آب مورد استفاده اجتماعات ممکن است از منابع سطحی مثل رودخانه‌ها، دریاچه‌ها یا منابع زیرسطحی یا ترکیبی از آنها تأمین شود که در نتیجه فرصت کافی را برای افراد خرابکار فراهم می‌آورد. آب حاصل از این منابع می‌تواند مناطق وسیعی را تحت پوشش قرار دهد که در نتیجه حفاظت و اقدامات دفاعی برای آنها بسیار مشکل است (۱۵). شبکه‌های آبرسانی عمومی آسیب پذیری کمتری نسبت به شبکه‌های مستقل دارند و به بیان دیگر دسترسی به شبکه‌های آب شهری و آلوده نمودن آن از آنچه که در ذهن اکثریت وجود دارد، مشکل‌تر است. عواملی مثل رقیق سازی ایجاد شده بوسیله حجم زیاد آب در شبکه‌های عمومی، فاصله دور نقطه پخش و انتشار اولیه الودگی و هم چنین اجرای کلرزنی می‌تواند بخش عمده ارگانیزم‌های بیماری‌زا را برای انسان از بین برده و تحمیل تلفات زیاد را از این طریق بشدت غیر محتمل می‌سازد (۴). ایجاد آلودگی بطور عمدی می‌تواند در گستره وسیعی از مکانها واقع شود. در عمل هر بخشی از سیستم که حمله کننده بتواند به آن دسترسی داشته باشد، محل بالقوه‌ای برای وارد کردن آلودگی محسوب می‌شود اما بعضی محل‌ها نسبت به بعضی دیگر آسیب پذیرترند (۱۶). شبکه‌های توزیع، تلمبه خانه‌ها، مخازن ذخیره و دهها کیلومتر خطوط لوله در یک منطقه وسیع از یک کلان شهر، فرصت‌های بی شماری را برای وارد کردن انواع آلاینده‌های بیولوژیکی، شیمیایی و رادیو لوژیکی فراهم می‌آورد که می‌تواند موجبات قطع جدی آبرسانی شود. (Governmental Accountability Office) GAO پانلی از بیش از چهل متخصص شناخته شده ملی در زمینه امنیت آبی را پیمایش نمود. این متخصصین، سیستم‌های توزیع را به عنوان عنصری در سیستم آب شهری آسیب پذیرترین بخش نسبت به حملات تشخیص داد (۱۶). این نکته را باید دانست که یک حمله تروریستی موفق با آلوده سازی و یا با سایر اشکال خرابکاری مثل استفاده از مواد منفجره یا سایر ابزار فیزیکی، می‌تواند شبکه‌های آبرسانی یک شهر بزرگ را برای مدت چند ماه دچار اختلال جدی نماید که پی آمدهای مهمی مثل تهدید سلامت عمومی و اختلال در سایر بخش‌ها را به دنبال دارد. مناطق دارای آبهای تفریحی مثل استخرهای شنا که به عنوان منابع آب شرب

مصب‌ها و دریاچه‌ها ممکن است بطور ثانویه آلوده به فاضلابی شود که منشأ آن سیستم‌های فاضلاب و بهداشتی یا فاضلاب سطحی است. ممکن است بطور محیطی بوسیله عوامل جنگ افزار بیولوژیکی یا شیمیایی یا رادیولوژیکی آلوده شده باشد.

### تشخیص و آشکارسازی

آشکار سازی به موقع و مقابله سریع با حملات تروریستی با عوامل NBC (Nuclear Biological Chemical) به شبکه‌های آبرسانی از عوامل حیاتی برای استراتژی مقابله مؤثر با تروریسم آبی است. در صورت هرگونه حمله یا اقدام تروریستی به منابع آب، آشکارسازی به موقع برای کاهش اثرات بر سلامت عمومی پیش از حادثه آلوده سازی، اختلالات ثانویه در شبکه توزیع، اثرات روانشناختی و عدم اطمینان عمومی از کیفیت و ایمنی آب مسئله‌ای حیاتی است (۲۱). هر چند روش‌های آشکار سازی برای شناخت آلودگی‌های عمدی شبکه‌ها یا منابع آب در حال اصلاح است، اما با یک احتمال بالا، شاخص اولیه از یک حادثه آلودگی که در یک اجتماع اتفاق می‌افتد عبارتست از تغییر در روند و الگوی بیماری. تأمین کننده‌ها و شاغلین در مراقبت‌های بهداشتی، احتمالاً اولین کسانی هستند که این الگوهای بیماری را مشاهده نموده و باید نقش حساس خود را به عنوان مقابله کننده‌های پیش‌تاز در آشکارسازی بیماری مرتبط با آب که نتیجه تروریسم بیولوژیکی، شیمیایی و رادیولوژیکی است را درک نمایند. مراقبین‌های بهداشتی نقش یک "سیستم اعلام خطر به موقع" برای مواجهه احتمالی با جنگ افزارهای انهدام جمعی را می‌توانند داشته باشند، زیرا در هر حال انسان هنوز هم حساس‌ترین و غالباً تنها "آشکار ساز" یک حمله تروریستی پنهان به جامعه هستند (۲۲). هم مواد غذایی و هم شبکه‌های آبرسانی ممکن است با عوامل NBC به نحوی آلوده شوند که هیچگونه تغییر آشکار در ظاهر یا خصوصیات فیزیکی آب برای بیماران و سایر مصرف کننده‌ها ایجاد نکند. (۲۳). بنابراین برای مقابله مناسب با تهدیدات پیش آمده خرابکارانه و احتمال مواجهه عمدی با عوامل جنگ افزاری، NBC شاغلین در مراقبت‌های بهداشتی باید در کارهای کلینیکی خود مثل یک اپیدمیولوژیست فکر کنند (۲۴). به دلیل اهمیت تشخیص به موقع مواجهه با عوامل بیولوژیکی و شیمیایی در انتخاب درمان و مقابله، آمادگی باید شامل ایجاد یک آزمایشگاه

۳- نقاط انتخابی در سیستم توزیع آب و پس از تصفیه. آب تصفیه شده برای مصرف کننده‌ها یا کاربران نهایی از طریق لوله‌های انتقال به خانه‌ها یا جاهای دیگر توزیع می‌شود. بخش‌های انتهایی یک سیستم توزیع آب یا لوله اصلی، از نقاط بالقوه دیگر برای آلوده سازی آب هستند که ممکن است یک بخش فرعی، محله خاص، مدرسه یا بیمارستان را در صورتی که مورد هدف افراد خرابکار باشد تحت تأثیر قرار دهد. در شکل (۱) نقاط اصلی احتمالی مورد حمله در یک سیستم آبرسانی به تصویر کشیده شده است.



شکل ۱- نقاط اصلی یک سیستم آبرسانی که می‌تواند مورد حمله بیولوژیکی قرار گیرد

۴- خانه‌های شخصی، ساختمانهای اداری، شبکه‌های آب ساختمان یا مخازن آب و مخازن ذخیره مستقل. آب تصفیه شده‌ای که محل ذخیره آن به مصزف کننده نهایی خیلی نزدیک باشد و نیز اتصالات منازل شخصی ممکن است به عنوان نقاط آلوده سازی آب مورد نظر باشد.

۵- آب مورد استفاده در فرآوری مواد غذایی، تولید آب بطری شده یا آب تجاری. آب مورد استفاده برای فرآوری یا تهیه غذا و نیز تولید آب بسته بندی شده هم نقاط بالقوه‌ای برای این نوع حملات می‌باشد.

۶- آلودگی عمدی آبهای تفریحی و آبهای پذیرنده. هم آبهای تصفیه شده و هم آب خام مصارف تفریحی ممکن است به عنوان نقطه آلودگی بالقوه آب باشد مثل استخرهای شنا، پارک‌های آبی و دریاچه‌ها و برکه‌های کوچک. آبهای پذیرنده مثل رودها

تصفیه آب دارای فیلتر با روزه‌های  $1 \mu\text{m}$  حذف می‌شود که شامل واحد تصفیه آب با اسمز معکوس، میکروفیلترها و احتمالاً بیشتر تصفیه کننده‌های فردی می‌باشد (۸) *B. Melitensis* با هیپو کلریت سدیم ۱٪ غیر فعال می‌شود ولی منبعی در نشان دادن مقاومتش به هیپوکلریت تحت شرایط معمول گندزدایی آب دیده نشده است (۱۰) *V. cholerae* براحتی با کلر از بین می‌رود، اما و با در وضعیت‌هایی که شبکه‌های آبرسانی به نحو مناسبی گندزدایی می‌شوند تقریباً نا مشخص است (۱۰) *C. perfringens* نسبت به غیر فعال سازی با کلر نسبتاً غیر حساس است. در شرایط تصفیه با کلر باقیمانده  $1/2 \text{mg/L}$  برای مدت ۱۵ دقیقه در  $20^\circ\text{C}$  سانتیگراد و pH تقریباً ۷ در حد  $1 \log_{10}$  کاهش پیدا می‌کند (۲۸) *Y. pestis* با سدیم هیپو کلریت ۱٪ غیر فعال می‌شود. *Yersinia* با  $0/25 \text{mg/L}$  دی اکسید کلر به میزان صد در صد غیر فعال می‌شود (۱۰) *Sh. dysenteriae* با باقیمانده کلر آزاد به میزان  $0/05 \text{mg/L}$  به مدت حدود ده دقیقه و  $7 \text{pH}$  و درجه حرارت  $20-29^\circ\text{C}$  بر حسب سانتیگراد غیر فعال می‌شود. پرتو UV نیز موثر بوده و برای سیستم‌های کوچک با تأمین  $9/99/9$ ٪ با دوزی معادل  $3/4 \text{ sec/cm}^2 + \text{mW}$  و  $253/7 \text{ nm}$  عملی است (۱۰).

در یک مطالعه صحرائی با اسمز معکوس، حذف توکسین بوتولینوم از آب آلوده به توکسین بیش از  $99/988$ ٪ گزارش گردیده است. اسمز معکوس برای حذف ریسین از آب تصفیه شده به میزان بیش از  $99/8$ ٪ موثر است ولی کوآگولاسیون / فلوکولاسیون فاقد کارایی است. *Anatoxin A* نیز که یک آلکالوئید نورو توکسین تولید شده بوسیله سیانو باکتری‌های رشته‌ای آب‌های شیرین موسوم به *Anabaena flos-aquae* می‌باشد، تحت شرایط محیط اطراف در آب به شکل غیر سمی در می‌آید. کلردر مقادیر معمول در مقابل توکسین‌های سیانو باکتریال بی تأثیر است. هم چنین فلوکولاسیون با آلوم، صاف سازی و کلر زنی در حذف توکسین‌های سیانو باکتریال تأثیری ندارد. *Vuori* و همکاران دریافتند که یک تصفیه کننده آب فردی که با دست کار می‌کند و حاوی کربن، رزین تعویض یونی و نقره است، تنها در حدود  $50$ ٪ کاهش در غلظت این توکسین ایجاد می‌کند، هر چند تأثیر چند اسمز معکوس بطور کامل بود. ویروس آبله با محلول یک درصد سدیم هیپو کلریت غیر فعال می‌شود. کلر آزاد موجود به میزان  $10 \text{ mg/L}$  در مدت نیم ساعت بر *Saxitoxin* حاصل از فعالیت ماهیان تأثیر ندارد، اما با  $100 \text{ mg/L}$

مرجع (یا شبکه‌ای از آزمایشگاهها در مناطق بزرگ) باشد که بتوان عوامل بالقوه را شناسایی نمود (۲۵). بهر حال یکی از مشکلات اصلی کاربرد بعضی از روشهای آزمایشگاهی کاربرد پیچیده و هزینه زیاد آنهاست (۲۶). استفاده از بیوحسگرها در مقابله با بیوتروریسم امروزه با توجه به پیشرفت دانش و فن آوری ساخت انواع آن مورد توجه می‌باشد (۲۷).

### دوز عفونی / سمی و تأثیر عوامل گندزدا

اثرات آلودگی عمدی سیستم‌های آبرسانی معمولاً بواسطه رقیق سازی، گندزدایی، صاف سازی، غیر فعال سازی غیر اختصاصی (هیدرولیز)، تابش نور خورشید، تجزیه میکربی و مقدار نسبتاً کم آب برای افرادی که معمولاً در معرض قرار می‌گیرند، در مقایسه با کل سیستم محدود می‌شود (۲۸). برای اکثر بیو توکسین‌ها، تنها مقادیر میانه دوز کشندگی ( $LD_{50}$ ) برای موشها جهت نشان دادن سمیت نسبی در دسترس می‌باشد. در نبود اطلاعات مفید، از دوز غربالگری،  $10^4/LD_{50}$  بر حسب میلی گرم برلیتر برای نشان دادن بالاترین مقدار عدم مشاهده اثرات مضر برای سربازان ( $NOAEL$  (no observable adverse effect level) که مقدار پانزده لیتر آب در هر روز مصرف می‌کنند استفاده می‌شود. بنابراین:

$$NOAEL_s(\text{mg/L}) = \frac{(LD_{50} \times 0.004)}{100} \times \frac{70}{15} \sim \frac{LD_{50}}{10^4}$$

که عدد  $0/004$  بر حسب  $\text{day}^{-1}$ ، عبارتست از نسبت  $NOAEL$  ساپکرونیک دهانی برای رت (میلی گرم در هر کیلو گرم در روز) به  $LD_{50}$  (میلی گرم بر کیلو گرم) متناسب با دهمین صدک جمعیتی توزیع لگاریتم نرمال برای  $33$  ماده شاخص، و عدد  $70$  وزن یک سرباز بر حسب کیلو گرم، و عدد  $100$  ضریب ایمنی بین گونه‌ای (*interspecies*) می‌باشد. (۱۰). اسپورهای *B. anthracis* در مقابل گرما مقاوم هستند اما در آب پس از  $25$  دقیقه در درجه حرارت  $95^\circ\text{C}$  غیر فعال می‌شوند. هر چند شکل رویشی *B. anthracis* با کلر زنی در شرایط صحرائی غیر فعال می‌شوند (در مدت بیست دقیقه با  $5 \text{ mg/L}$  کلر آزاد موجود در درجه حرارت محیط معادل  $99/6$ ٪ درصد یا بیشتر)، اما در شکل اسپور شدت مقاوم است. با این حال روی سطوح آلوده با کاربرد پودر سفید کننده  $10-5$ ٪ کلر یا فرمالدئید براحتی غیر فعال می‌شود. اسپورهای *Anthrax* با هر نوع سیستم

UNDT (Universal Detection Technology, S) اولین اقدام برای تهیه یک ابزار مؤثر به منظور تعیین محل آنتراکس، ریسین، سم بوتولینوم، طاعون و آنترتوکسین استفیلوکوکال B با توانایی تشخیص کمتر از سه دقیقه می باشد (۳۰). در همین رابطه دولت غاصب اسرائیل میلیون ها کیت محافظ در مقابل جنگ افزارهای بیوشیمیایی را در میان مردمش توزیع نموده است. و جانشین وزارت دفاع این دولت غاصب طی اطلاعیه ای تاکید نمود که این کار به مفهوم وجود تهدیدات قریب الوقوع نیست (۳۱). با توجه به موارد فوق و لزوم حفظ آمادگی، برنامه های طراحی شده برای پیشگیری از حملات خرابکارانه به منابع آب شرب و مواد غذایی و سایر مواد مورد مصرف عام مثل مواد دارویی، باید بر اساس (۱) پیشگیری، (۲) آشکار سازی و (۳) مقابله استوار باشد. در تمام این موارد آمادگی نقش اساسی را ایفا می کند (۱۸). بر این اساس انجام موارد زیر قابل ذکر می باشد:

۱- سازمان های درگیر در تأمین آب شرب و تولید، فرآوری و توزیع مواد غذایی و نیز ساخت و توزیع سایر محصولات باید:

الف) توسعه طرح های امنیتی و مقابله از جمله برقراری و حفظ به روز نقاط تماس داخلی و بیرونی با مسئولین بهداشت عمومی و مجریان قانون در مواردی که حادثه ای مورد شک و یا آشکار می شود.

ب) محافظت از مواد خام از جمله تجهیزات ذخیره سازی و سامانه های حمل و نقل

ج) محدود و مستند نمودن دسترسی به تمام مناطق حیاتی مثل فرآوری، ذخیره سازی و حمل و نقل

د) گزینش کارکنان برای حصول اطمینان از شایستگی و مناسب بودن کار و مسولیت آنها

ه) گزینش سایر کارکنان از جمله پرسنل بهداشت، نگه داری و بازرسی از نظر دسترسی به مناطق حیاتی

و) به حد اقل رساندن فرصت برای آلوده سازی محصول نهایی در زنجیره تأمین

ز) گزارش تهدیدها و رفتارها و فعالیت های مشکوک به مسئولین ذیربط و اتخاذ اقدامات مناسب برای حفظ و تأمین امنیت

روش های پیشگیری ضرورتاً نیاز به فن آوری بالا ندارد. افزایش آگاهی از مشکلات بالقوه و هوشیاری بیشتر در زمره موثرترین اقداماتی هستند که می توان اتخاذ نمود.

کلر آزاد موجود بیش از ۹۹ در صد این توکسین غیر فعال می شود. حذف Saxitoxin از آب با استفاده از روش اسمز معکوس بیش از ۹۸/۹ درصد است، اما روش کواگولاسیون / فلوکولاسیون در حذف آن بی تأثیر است (۸). T-۲Mycotoxin با ۱۰۰ mg/L کلر آزاد موجود کمتر از سه در صد غیر فعال می شود. در حالی که اسمز معکوس این توکسین را بیش از ۹۹/۹ درصد حذف می کند.

بطور کلی یک سیستم اسمز معکوس با کارکرد مناسب و غشاء های با کیفیت، صرف نظر از اندازه روزنه هایش باید هر عامل بیولوژیکی را تا حد ایمن کاهش دهد. هر چند توکسین های با وزن مولکولی کم مثل مایکو توکسین T-۲ ممکن است گاهی هم از یک غشاء سالم نفوذ نماید. بطور کلی اختلال در یک واحد تصفیه آب با اسمز معکوس در تأمین دایم آب عاری از عوامل بیولوژیکی نشان دهنده خرابی غشاء باشد. زمانی که اسمز معکوس برای تصفیه آب مورد استفاده قرار نگیرد و یا اینکه غشاء ها بطور عمدی بای پس شود، آخرین اقدام حفاظتی در برابر عوامل عفونی ممکن است گند زدایی باشد. یک تصفیه خانه آب شهری با طراحی و کارکرد خوب با سیستم صاف سازی، انتظار می رود دو تا سه  $\log_{10}$  حذف باکتری (صرف نظر از گندزدایی) و  $\log_{10}$  ۲-۴ حذف کیست های پروتوزوئی را تأمین کند. در مورد بیوتوکسین های پروتئینی، یعنی Botulinum Toxins (BTX), ricin و Staphylococcal enterotoxin B (SEB) تا  $\log_{10}$  ۱ حذف در شرایط کواگولاسیون و فلوکولاسیون محتمل است (۱۰).

## بحث و نتیجه گیری

با توجه به دشواری های موجود در موضوع آشکار سازی و تشخیص به موقع، توجه به اقدامات حفاظتی و پیشگیرانه می تواند تا حد قابل توجهی زمینه سازی حملات بیولوژیکی را مهار نماید. همچنین باید توجه داشت که از مشکلات موجود، فقدان پزشک و متخصص بیماریهای عفونی و سایر تخصص های مربوط در مناطق آسیب پذیر و مناطق محروم سایر مناطق دنیا و نبود برنامه های آموزشی برای کنترل به موقع عفونت ها می باشد (۲۹). در بعضی از کشورها با توجه به موقعیت و حساسیت های خاص سیاسی و نظامی خود نسبت به ساخت تجهیزات و ابزارهای شناسایی و دفاع بیولوژیک اقداماتی انجام داده اند. ساخت کیت های شناساگر

بیولوژیکی به دلایل مختلف پایین است، اما با توجه به شدید بودن حادثه و آسیب پذیری سیستم آبرسانی، در صورت وقوع می تواند پی آمدهای فاجعه آمیزی را به دنبال داشته و امنیت ملی را دچار چالش نماید. این خطر هم در مناطق شهری و هم برای اماکن و پایگاههای نظامی محتمل است. بنابراین مسئولین دست اندر کار باید تمام پیش بینی های لازم در این خصوص را به عمل آورده و طرح های حفاظتی، امنیتی ممکن را برای مواجهه با شرایط پیش آمده آماده داشته باشند.

- ۲- ایمن سازی دریچه ها، اتاقک اندازه گیری، شیرهای آتش نشانی، آدم روها و سایر نقاط دسترسی به سامانه توزیع آب
- ۳- کنترل دسترسی به شبکه های رایانه ای و سامانه های کنترل و تغییر مکرر گذر واژه ها
- ۴- استفاده از روش های حفاظت فیزیکی تأسیسات مختلف آبرسانی
- ۵- محدود کردن دسترسی به تجهیزات و کنترل دسترسی به مخازن، اعمال بازرسی کامل بازدید کننده ها و پیمانکاران اگر چه احتمال وقوع حملات خرابکارانه با استفاده از عوامل

## References

- 1- Cidny A. An assessment for the need of bioterrorism preratio plan at hospital XYZ.the Minesota graduate college university of Wisconsin-stoot. 1999.
- 2- Christopher GW, Cieslak TJ, Pavlin JA, et al. Biologic Warfare: A historic Perspective. Journal of American medical Association. 1997;27 (8): 412
- 3- Weinstein B. Uncovering bioterrorism (www.llnl.gov/str/weinstein.html). 2003: 15
- 4- Chandler D, Landrigan I. A journalist's Guide To Covering Bioterrorism. sec. ed. 2004
- 5- Khardori N, Moellering R. Bioterrorism and Bioterrorism preparedness. Journal of Hospital infection. 2007;65: 283 – 284.
- 6- Frischknecht F. history of biological warfare.EMBRO reports. 2003; 4.
- 7- Brain M, Nasr S. How Biological and chemical warfare works. 2009.
- 8- Henderson D. Bioterrorism As a Public Health Threat. 1998; 4 (3): 488 – 492.
- 9- Burrows W D, Renner S E. Biological warfare Agents As Threats to Potable water. U.S. Army combined Arms support command. 1998, Front Lee, VA.
- 10- Dichinson W, Renner SE. Environmental Health Perspective. 1999;107: 975 -984.
- 11- Eitzen E. et al. Medical Management Of Biological Casualties. United States Army Medical Research Institute Of Infectious Diseases, 1998.
- 12- Franz DR. Defence Against Toxin Weapons. Medical Aspect Of Chemical and Biological Warfare (Sidell Fr, Takfogi ET, Franz DR, eds) Washington DC. TMM publications, 1997: 603 -619.
- 13- Dichinson W, E. Renner S. Biological Warfare As Threats to Potable Water. Health Perspectives. 1999; 12: 107.
- 14- Public Health Response To Biological and Chemical Weapons. WHO guidance World Health Organization. 2001; NOV.
- 15- Schumer C, D-NY, Office Of Sen, New Schumer Homeland Security Report Card: 3 Years Later, Feds' Efforts Still Leave New York Dangerously Unprotected, 2004; Sept: 12.
- 16- Interim Vulnerability Guidelines For Designing an Online contaminant Monitoring System ASCE /AWWA WEF. 2004. (www.wef.org/www.awwa.org)
- 17- U.S. Government Accountability Office, Drinking Water: Experts' Views On How Future Federal Funding can best be spent to improve security, report to senate committee on environment and public works. 2003; oct: 24.
- 18- Public Health Response To Biological and Chemical Weapons, WHO guidance 2004. ISBN 9241561598 (www.WHO.int)
- 19- Natural Disasters; Protecting The Public Health. Washington, DC, Pan American Organization, 2000. (Scientific publication NO.575).
- 20- Clark RM, Deininger RA. Protecting the nation's critical infrastructure: the vulnerability of U.S. water supply systems. Journal of Contingencies and Crisis Management 2000;8: 73-80.
- 21- Krieger G, Chase KH, Krieger GR, Phillips SD, Guidohi TL, Weissman D, eds. Terrorism. Water and Food Contamination: Biological, Chemical and Nuclear from clinics in Occupational and Environmental Medicine. Philadelphia, PA. WB Saunders company. 2003: 253 -263.
- 22- U.S. Environmental Protection agency Response Protocol Toolbox: Planning for and Responding for Drinking Water Contamination Threats and Incidents. 2003.
- 23- Nato Handbook On the Medical Aspects of NBC defensive Operation. (www.fas.org/nuke/guide/ usa /doctrine/dod/fm 8-9/toc.htm). 2003; January: 21
- 24- Burkle FM. Mass casualty management of a large scale bioterrorist event. an epidemiological that shapes triage



- Decision. Emergency Medicine clinics Of North America. 2002;20: 409-436.
- 25- Public Health Response To Biological and Chemical Weapons. WHO guidance World Health Organizatin. 2004:61
- 26- Ghee Ler S, kay lee F, Gopala krishnakone P. Trends in detection of warfar agents, Detection methods for ricin, staphylococcal enterotoxin B and T-2 toxin. Elsevier;2000.
- 27- Gooding J. Biosensor technology for detecting biological warfare agents: Recent progress and future trends. Analytical chemical Acta 559.2006: 137- 151.
- 28- MacKenzie WR. A massive outbreak in Milwaukee of Cryptosporidium infection transmitted through the public water supply. New England Journal of Medicine. 1994; 331:161 -167.
- 29- Duerden B. Health protection: microbiology and the public health response to the bioterrorism threat. Elsevier: 2005;59-62.
- 30- Rees N, New bioweapon detector showcased. 2009; [http: / www. bioprepwatch.com](http://www.bioprepwatch.com)
- 31- Available from: "Israel distributes biochemical war protection kits. 2010; [http: /www.France 24.com](http://www.France24.com).

# Biological Warfares as a Threat to Drinking Water Supplies- A review study

Sarrafpour. R. MSc<sup>1</sup>, \*Farajzadeh Alan.D.PhD<sup>2</sup>

Received: 24 Dec 2009

Accepted: 29 Apr 2010

## Abstract

**Background:** Historically during wars, urban water supply systems have been always exposed to threats and sabotage. These actions have been done in order to kill the military forces and civilians and sometimes to create political inconstancy. The intentional contaminating of water supplies can cause different diseases in humans and animals and it can also result in long term disorder in water supply services. Since the drinking water, foods and medicines are commonly being consumed, it is the easiest way to enter lethal dose of chemical and pathogenic agents into water supplies. A lot of people can be exposed to disease and death quickly by adding pathogenic and biotoxin agents in different places of water system, from the source of water absorption installations to water distribution system and wells of water. Unfortunately, in normal state, water supply systems are vulnerable and it is so difficult to detect the contamination easily. This issue is very important in nation security against possible bioterrorism attacks, and because of this, knowing these agent's hazards and responding actions is vital.

**Materials and Methods:** This work is a review study in which potential biological threats, biological agents, vulnerable points of water supplies and water sources, possible ways of their contaminating, diagnosis and detection of agents and methods of effective disinfecting water, preventive and responding measures are studied.

**Results:** Planned programs for prevention of sabotage in drinking water, food supplies and other consumption products such as drugs should be based on 1 –prevention, 2 – detection and 3 – response. Preparation plays the main role in all of these cases. Consider to necessity of water distribution authorities' knowledge about water bioterrorism hazards, prevention methods and response are vital for authorities of water supply particularly in military centers in aspects of security, politic, public and health. This study assesses different aspects of water bioterrorism in water sources and water supplies. In addition, potential threats of biological agents in water systems and current challenges for its detection, prevention ways and mitigation of vulnerability have been studied in this article.

**Keywords:** biological warfare, bioterrorism, drinking water supplies.

1- Instructor, Baqiyatallah(as.) University of Medical Sciences, Faculty of Public Health, Dept of Environmental health Engineering, Tehran, Iran.

2- (\*Corresponding author) Instructor, Baqiyatallah(as.) University of Medical Sciences, Institute of military medicine, military Health Research Center, Tehran Iran. Tel:09123336153 E-mail:d.farajzadeh@gmail.com