



# آشکارسازها در جنگ

ر. ج. پاول

چگونگی کشف و آشکارسازی و نیز آگاه شدن از نوع بخارها، مایعات و ذرات پراکنده در هوا صحنه کوشش و تلاش شیمییدانها و صنعتگران است. در میدان جنگ به آشکارسازهایی نیاز است که قابل حمل باشند و نسبت به هر ماده شیمیایی در هر شکل و حالتی حساس باشند. هرگونه اخطار و هشدار در مورد سموم شیمیایی به کار رفته و نوع آنها می تواند از وقوع یک فاجعه جلوگیری کند. پیشرفته ترین وسیله پدافند شیمیایی که در حال حاضر مورد استفاده قرار می گیرد آگاه ساز عامل شیمیایی (CAM)\* است. CAM یک آگاه ساز دستی است که به صورت نقطه ای نمونه گیری می کند و در مورد گازهای خردل و اعصاب مفید است.

شده است

(۲)، لیسی (۱)

راین گاز به

رود

استفاده به موقع از ماسک را در مواقع حمله ضروری می سازد. این گونه مواد بسیار سمی بر اثر پخش شدن به وسیله باد، مردم اطراف منطقه آلوده را نیز در معرض خطر قرار می دهند؛ در نتیجه آگاه ساختن این مردم نیز از وقوع حمله شیمیایی امری ضروری است. به علاوه، مواد سمی به وسیله افراد یا وسایل نظامی که از نقطه ای به نقطه دیگر نقل مکان می کنند نیز ممکن است منتقل شوند. مقدار خطرناک این مواد در انسان از حاصل ضرب غلظت در زمان تماس تعیین می شود. در نتیجه، مسمومیت ممکن است ناشی از تماس کوتاه با غلظت زیاد این مواد یا تماس طولانی با غلظت کمی از این مواد ایجاد گردد. در هر دو مورد کشف و تشخیص مواد سمی و پیش آگاهی امری ضروری است اگرچه زمان لازم برای این کار متفاوت بوده و از چند ثانیه تا چند ساعت متغیر است. بررسی و معیج علمی عوامل اعصاب از نظر شیمیایی و زیست شیمیایی در سالهای ۱۹۵۰، علوم بنیادی مورد نیاز برای ساخت آشکارسازهایی از قبیل سیستم شیمیایی نصب شده بردی کشتی (SICS)\* و هشدار دهنده و آگاه ساز آنزیمی عامل اعصاب (NAIAD)\*\* گردید.

SICS □ در این سیستم عوامل فسفیل دار کننده دارای پیوند C-P-F (از قبیل سومان و سارین) با ۱- فنیل بوتان-۳، ۲، ۱- تریون-۲-اکسیم (OX) در pH بالا (۸٫۵ تا ۹٫۵) ترکیب می شود و یون سیانید تولید می کند (طرح ۱). سینتیک پیچیده این واکنش با سارین مورد مطالعه قرار گرفته است.

در حالی که پیشرفت علم فواید ارزنده ای برای انسان به ارمغان آورده است، اما این پیشرفته ها مشکلات و مصایبی را نیز به دنبال داشته است. این موضوع کلی بوده و در مورد شیمی، علوم هسته ای و علوم دیگر نیز صادق است. برای مثال کشف مواد شیمیایی سمی هم از نظر صنعتی و هم از نظر نظامی مسائلی را ایجاد کرده است. این امر نیاز به کشف و تشخیص سریع مواد شیمیایی سمی با غلظتهای کم به منظور آگاه ساختن مردم برای خروج از منطقه یا استفاده از وسایل محافظت کننده را الزامی ساخته است. این گونه کنترلها و اقدامات تا کاهش مقدار مواد سمی و رسیدن آن به غلظتهای کم و قابل قبول باید ادامه یابد. استفاده از ترکیبات سمی در جنگ جهانی اول سبب اختراع وسایل محافظت کننده و آشکارسازهای آگاه کننده و هشدار دهنده گردید. در جنگ جهانی دوم توسعه و تولید انبوه عوامل و گازهای اعصاب، که بسیار سمی تر از عوامل شیمیایی قبلی بودند، سبب طراحی سیستمهای محافظت کننده پیشرفته تری شد که متشکل از قسمتهای هشدار دهنده خودکار، تنفس و محافظت بدن در میدان جنگ، و سپس آگاه ساز شیمیایی به منظور مطلع ساختن فرماندهان از زمان دفع خطر و رفع نیاز به استفاده از وسایل محافظت کننده گردید.

لیسی (۱)

نده

دی

بعضی مواقع

ی رود

بسیاری از

دهای انتظامی

## کشف و آشکارسازی عوامل شیمیایی

سمیت شدید عوامل اعصاب، یعنی فسفونو-فلوئوریداتها و فسفر آمیدو سیانیداتها که در فشار اتمسفری مایع هستند اما به علت فرار بودن به صورت بخار پخش و پراکنده می گردند، اقدام سریع و

\* SICS مخفف Ship installed chemical system است. - م.  
\* NAIAD مخفف Nerve agent immobilised enzyme alarm and detector است. - م.

است. - م.

\* CAM مخفف Chemical agent monitor است. - م.

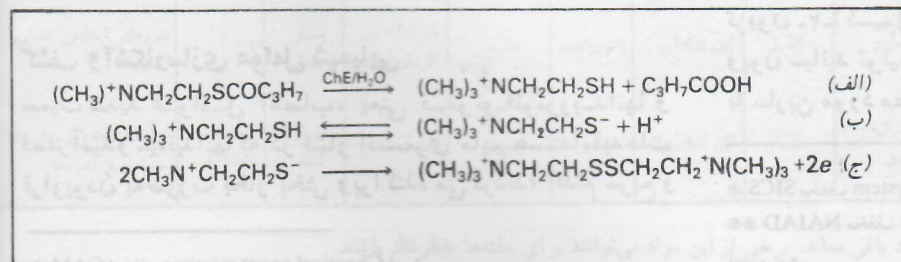
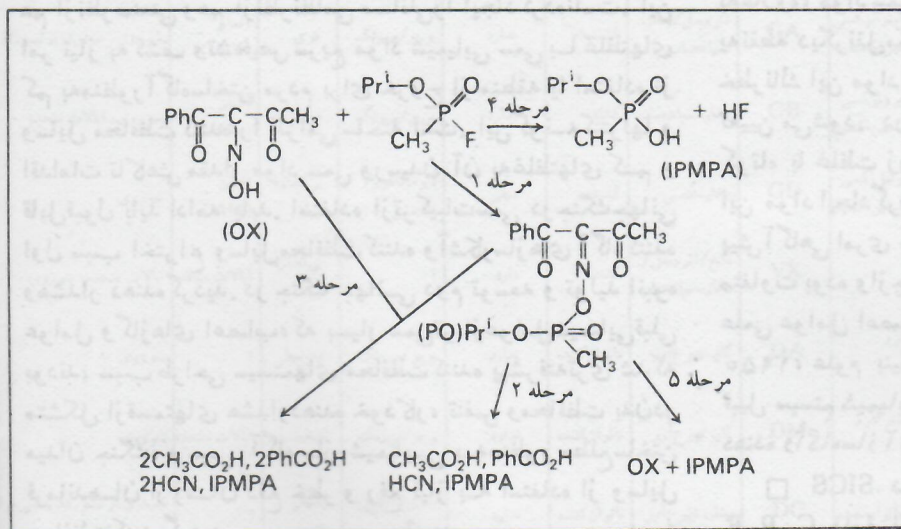
به وسیله جریان ثابت پلاروگرافی ادامه می یابد. این واکنش، پتانسیل اکسایش مشخصی را تولید می کند که مقدار آن به غلظت تیو کولین در سطح يك آند پیرولیتیک گرافیتی بستگی دارد. مقدار تیو کولین در يك پتانسیل اکسایش از پیش گزیده شده که نسبت به الکترو د استاندارد نقره-نقره کلرید تعیین می گردد نگاه داشته می شود. هر عامل اعصاب موجود در هوا که به وسیله يك پمپ دیافراگمی جذب لایه کاغذ می شود، از فعالیت کاتالیزوری کولین استراز (ChE) ممانعت می کند و بدین وسیله سرعت تولید تیو کولین در الکترو د گرافیت را کند می نماید. سرعت افزایش برگشت ناپذیر پتانسیل آند و مقدار آن پیگیری می شود و در صورت گذشتن از شرایط از قبل تنظیم شده، يك هشدار دهنده به صدا در می آید. این سلول الکتروشیمیایی به حمله های شیمیایی به وسیله HCN نیز پاسخ می دهد. مولد الکتروسیسته در این دستگاه يك باتری قابل شارژ Ni/Cd است.

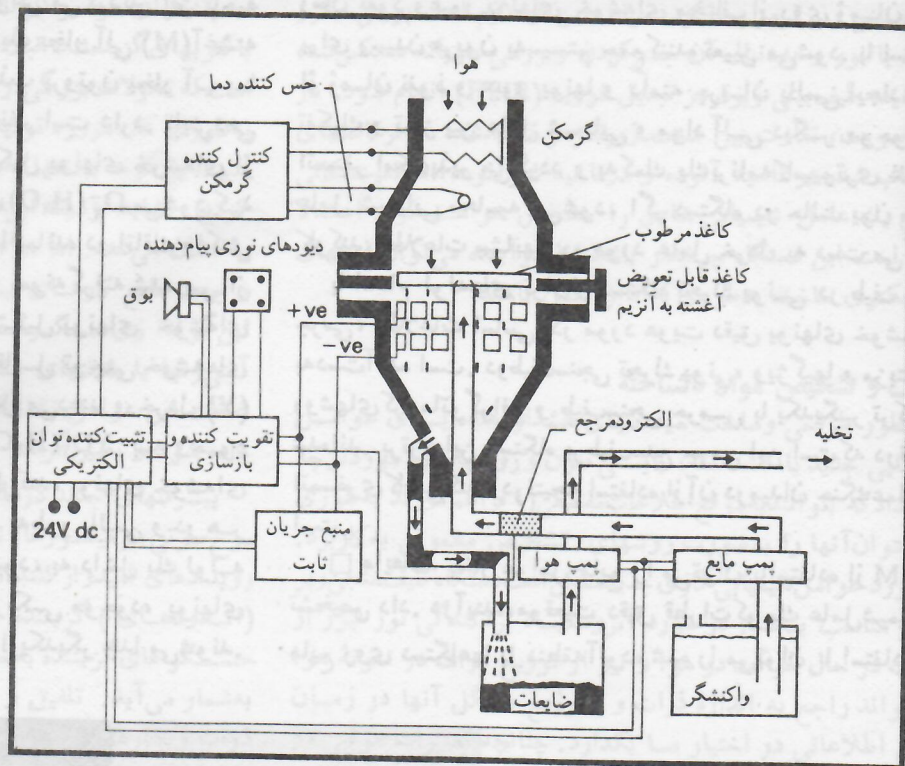
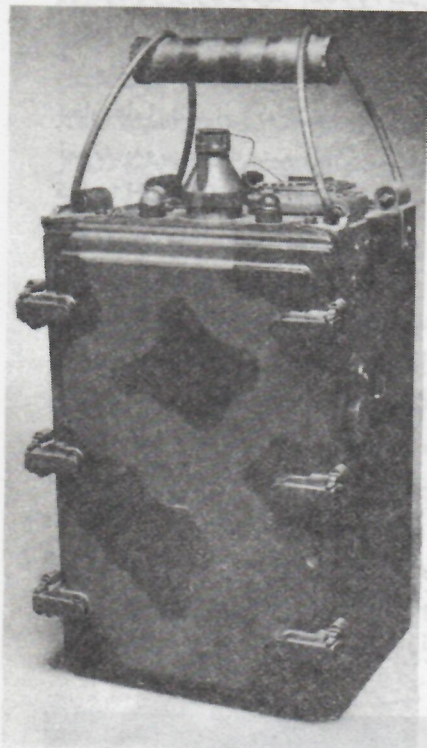
این آشکارساز قابل حمل بوده و در شرایط مخرب میدان جنگ کاملاً محافظت شده است. معمولاً سه واحد هشدار دهنده دارد که علائم سمعی و بصری تولید شده توسط آنها تا فاصله پانصد متری قابل شنیدن و دیدن است. همانند سیستم SICS، سیستم NAIAD نیز شرایط و ضوابط مهم حساسیت بالا، پاسخ سریع، و ویژگی مطمئن بودن و مورد وثوق بودن را داراست.

□ آشکارسازهای مایع. آشکارسازهای حساس به بخارها و گازها (NAIAD و SICS) به بخارات حاصل از عوامل اعصاب مایع یا عوامل تغلیظ شده مایع پاسخ می دهند. کشف و آشکارسازی این عوامل (در حالت مایع) و نیز گاز خردل، که در واقع به صورت قطرات ریز سبب قرمزی پوست و سپس تاول زدن و زخم شدن آن

حضور یون  $\text{CN}^-$  در آند نقره ای يك سلول شیمیایی با کاتد پلاتینی تشخیص داده می شود. به محض اینکه پتانسیل تولید شده از يك مقدار معین و انتخاب شده بالاتر می رود، هشدار دهنده به صدا در می آید. این حس کننده به تا بون پاسخ مثبت می دهد چون در pH سلول این عامل تجزیه می شود و یون  $\text{CN}^-$  تولید می کند. عوامل ابتدا در پیش صافی يك تبدیل کننده به عامل G مربوطه تبدیل می گردند و سپس تشخیص داده می شوند. با عبور دادن مخلوط واکنش کننده از داخل يك دستگاه تصفیه کننده پر شده از نقره، HCN باقیمانده و ترکیب نشده جذب می گردد. نیروی محرکه لازم برای پمپ های نمونه گیر و پمپ های جاری کننده محلول اکسیم از مولد اصلی کشتی تأمین می گردد و در نتیجه به مولد اضافی نیاز نیست. پیش صافی تبدیل کننده و محلول OX بایستی در هر ۲۴ ساعت تعویض شود.

□ NAIAD. در طراحی و ساخت NAIAD چگونگی عمل عوامل اعصاب و دخالت آنها در ارسال و انتقال الکتروشیمیایی تحریک های عصبی در بدن به کار گرفته شده است (شکل ۱). غیر متحرک کردن و تثبیت آنزیم بوتیریل کولین استراز، که فعالیت آنزیمی مشابهی با استیل کولین استراز دارد، بر روی رزین تبادل یونی آمبرلیت، مرحله کلیدی در توسعه و ساخت این زی حسگر بسیار حساس و گزیننده بود. آنزیم تثبیت شده در يك لایه کاغذ با دمای کنترل شده که به محلولی از بوتیریل تیو کولین متان سولفونات در محلول آبی با فرسفات آغشته شده است قرار داده می شود. این آنزیم آبکافت استر را کاتالیز می کند و بوتیریل تیو کولین تولید می نماید؛ غلظت این ترکیب با استفاده از يك سلول الکتروشیمیایی تعیین می گردد. واکنش الکتروشیمیایی (طرح ۲)





شکل ۱. سیستم NAIAD. این سیستم برای تشخیص گازها به کار می رود اما به بخار حاصل از عوامل مایع نیز حساس بوده پاسخ می دهد. تصویر سمت چپ دستگاه آشکار ساز و آگاه ساز آنزیمی عامل اعصاب (NAIAD) را نشان می دهد.

قرار گرفته است (شکل ۲). CAM یک آگاه ساز دستی است که به صورت نقطه ای (موضعی) نمونه گیری می کند و برای آشکار سازی و آگاهی از وجود بخارات خردل و عوامل اعصاب به کار می رود. در این سیستم نمونه هوا از طریق یک دریچه به داخل اتاقکی کشیده می شود و از یک غشای گرم عبور می کند. بدین ترتیب مواد آلی از غشا عبور می کنند (در حالی که قسمت اعظم بخار آب گرفته

می شود، ماله است که به وسیله یک آشکار ساز کاغذی تک رنگ یا سه رنگ انجام شده است. این کاغذهای مقاوم در مقابل آب در شکل تک رنگ محتوی یک رنگ آلی است که در خردل یا عوامل اعصاب حل می شود و لکه های آبی مشخصی را تولید می کند و در شکل سه رنگ محتوی دور رنگ و یک شناساگر pH است. یکی از رنگها در خردل و دیگری در عامل اعصاب حل می شود. شناساگر pH نیز با تغییر رنگ، تمایز بین عوامل G و V را امکان پذیر می سازد.

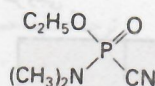
### آگاه سازی و کنترل

دستگاههای آگاه ساز توسط سربازان محافظت شده مورد استفاده قرار می گیرند و از این رو نیازی به حس کننده سریع العمل، مبدل الکتریسیته و سیستم تولید کننده علائم ندارند. این وسایل در حالت مطلوب، حدود غلظت عامل شیمیایی ناشی از آلودگی موضعی یا آلودگی در مناطق دور را مشخص می کنند و به صورت برگشت پذیر عمل می نمایند. فنون تجزیه ای جدید از قبیل طیف بینی زیر قرمز، طیف سنجی جرمی، و طیف سنجی تحرک یونی نیز، در صورت قابل حمل بودن و قابل اطمینان بودن دستگاه در میدان جنگ، مزایای برجسته ای دارند.

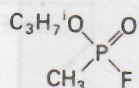
□ بخارها. تحقیقات گسترده نشان داده است که طیف سنجی تحرک یونی تکنولوژی برتر برای تشخیص و آگاهی از عوامل شیمیایی جنگی است. این تکنیک در آگاه ساز عامل شیمیایی (CAM) که اخیراً به کار گرفته شده است، به طور موفقیت آمیزی مورد استفاده

عوامل اعصاب

عوامل G

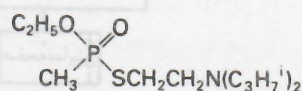


GA (تابون)



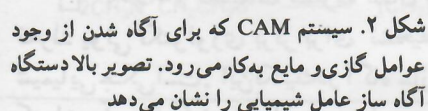
GB (سارین)

عوامل V



VX

می‌شود) و وارد ناحیه انجام واکنش یونش می‌گردند. این ناحیه توسط جریان هوای خشک تمیزشده و به یک بخار آلی (M) آغشته گردیده است. این ماده آلی تمایل به جذب پروتون بخار آب یا بخار عامل شیمیایی که تشخیص آن مورد نظر است دارد. تابش‌دهی نمونه به وسیله یک منبع  $^{63}\text{Ni}$  سبب تشکیل یونهای خوشه‌ای از قبیل  $(\text{H}_2\text{O})_n(\text{N}_2)_m\text{H}^+$ ،  $\text{M}_2\text{H}^+$ ، و  $\text{O}^-(\text{H}_2\text{O})_x$  می‌شود که فراوانی و مقدار آب آنها به رطوبت باقیمانده در اتاقک واکنش بستگی دارد. خردل یا عامل اعصاب در نمونه گرفته شده پس از ورود به ناحیه انجام واکنش با فرایند تشکیل یونهای خوشه‌ای رقابت می‌کند. عوامل اعصاب به مقدار قابل توجهی خوشه‌های یونی مثبت -  $\text{GMH}^+$  و  $\text{G}_2\text{H}^+$  - تشکیل می‌دهند و خردل (Y) احتمالاً خوشه‌های منفی از قبیل  $\text{YO}_2(\text{H}_2\text{O})_n$  به وجود می‌آورد. اگر دستگاه در حالت یون مثبت کار کند، یونهای خوشه‌ای مثبت از طریق یک دریچه الکترونیکی که به طور پالسی و در هر ۲۰ ms به مدت چند میکرو ثانیه باز می‌شود، به داخل یک لوله نفوذ (تراوش) می‌کنند. در میدان الکتریکی موجود، یونهای خوشه‌ای بر اثر تحرك متفاوتی که دارند از یکدیگر جدا می‌شوند.



طیف بینی زیر قرمز پیدا کرد. برای این کار لازم است پوشش مکرر هدف با نور و به دنبال آن جمع کردن و بررسی باریکه منعکس شده به وسیله طیف بینی زیر قرمز تبدیل فوریه (FTIR) انجام شود. در این صورت، تفاوت بین شدت زیر قرمز تولید شده در فرکانسهای انتخاب شده در ناحیه آلوده و در ناحیه غیر آلوده، موقعیت مکانی دقیق یک عامل شیمیایی خاص را مشخص خواهد کرد. احتمالاً لازم است این دستگاه چرخدار باشد اما در آینده می توان مدل های کوچکتری ساخت به طوری که قابل حمل باشند.

### کشف و تشخیص مواد ناشناخته

به منظور طراحی و ساخت سیستم های هشدار دهنده برای عوامل شیمیایی جدید یا ناشناخته، بایستی فنون و روش های را مورد توجه قرار داد که بتوانند به موقع اطلاعات مفصلی را فراهم آورند به طوری که بتوان آنها را به صورت روش های تشخیص معمولی به کار برد. در مورد عوامل شیمیایی گازی جدید ممکن است دستگاه طیف سنجی زیر قرمز مناسب باشد. در مورد آئروسول ها، پراکندگی نور لیزر از ذرات در حال حرکت در هوا و نیز از توزیع ذرات در نمونه هوا می تواند راجع به اندازه ذرات و توزیع مشکل آنها در زمان معین اطلاعاتی در اختیار ما بگذارد. چنانچه تغییرات موقتی در اتمسفر به کاربرد تهاجمی عوامل شیمیایی و زیست شناختی کمک نماید، در این صورت روش های معمولی تشخیص می توانند به عنوان آشکار سازهای آگاه کننده مورد استفاده قرار گیرند. تفکات لیزری جفت شده با طیف سنجی جرمی می تواند برای آئروسول ها به عنوان آگاه کننده مورد استفاده قرار گیرد. سایر عوامل شیمیایی و زیست شناختی که تنها غلظت های بسیار کمی از آنها لازم است تا اثرات ناتوان کننده گی ایجاد کنند می بایست تجمع یابند و به صورت متراکم در آیند. اخیراً ابزار هایی که فنون زیست شناختی را در محلول مورد استفاده قرار می دهند، به طور مؤثری برای تشخیص باکتری ها و مواد سمی به کار گرفته می شوند. روش های زیست فیزیکی، از قبیل مطالعه پراکندگی لیزر توسط ذرات در محلول، به منظور کشف و تشخیص میکروارگانیسم های زیست شناختی، در آزمایشگاه ها در حال پیشرفت و تکامل هستند، اما به علت قیمت زیاد و بزرگی دستگاه هنوز به صورت عمومی قابل تهیه و استفاده نیستند. زی حسگرها، یعنی حس کننده هایی که دارای لایه و پوشش زیست شناختی هستند، به منظور استفاده در پزشکی به صورت تجارتي عرضه شده و در دسترس می باشند. ویژه گزین شدن زی حسگرها نسبت به میکروارگانیسم ها یا سموم خاص به وسیله اندود کردن یک حسگر غیره ویژه گزین با یک پوشش گزیننده که دارای میل ترکیبی کافی با لیگاند متصل شونده است، ممکن می گردد.

پادتن های مونو کلونال و پلی کلونال به منظور استفاده علیه باکتری های گزیده شده قبلاً در مقیاس صنعتی تولید شده اند. واضح است که تحولات بزرگی در این روش ها و فنون به وقوع پیوسته است. به طوری که امروزه تولید منظم پادتن ها تقریباً يك واقعیت است. تثبیت این گونه پادتن ها به وسیله روش های شیمیایی از قبیل سیلان دار کردن، تشابه نزدیک این تکنیک ها و روش های کروماتوگرافی ستونی را نشان می دهد. اما در مورد کنترل پوشش سطحی، ضخامت لایه و جهت مایع کارهای بیشتری باید انجام شود. ممکن است در این گونه زی حسگرها از واکنش های رقابت کننده اتصال با آنتی ژن ها یا پادتن های نشاندار استفاده شود و در واقع تغییر در غلظت این عوامل نشاندار به وسیله یک حسگر مناسب تشخیص داده شود و تعیین گردد.

پیشرفتهای جدید در صنایع ریز حسگرها، از قبیل ابزارهای موج صوتی، ترمیستورها، ترانزیستورها، الیاف نوری هادی امواج، رویدادهای امیدوار کننده ای بوده است. تلفیق و ترکیب لایه های (اندودهای) گزیننده با ریز حسگرها به منظور ساخت حسگر های گزیننده به خودی خود چشم انداز و دور نمای خوبی به شمار می آید. تلفیق و ترکیب این وسایل با ابزار جمع کننده ذرات و بخارها و سیستم تغلیظ کننده به ساخت و تولید آگاه سازهای تأیید کننده چند عامل منجر خواهد شد که برای تشخیص عوامل ویژه ای مناسب خواهند بود. این گونه ریز حسگرها، به علت کوچک بودنشان، به آسانی جایگزین وسایل دیگر خواهند شد. مخصوصاً این ابزار به صورت سیستم های بسته ای کاربرد خواهند یافت.

تا زمانی که جنگ افزارهای شیمیایی و زیست شناختی در ارتشها وجود دارد و ملت ها را تهدید می کند، ساخت ابزارها و آشکار سازهای تشخیص دهنده عوامل شیمیایی و زیست شناختی يك ضرورت کلیدی به شمار می آید. تلاش هایی که تا به حال توسط شیمیدان ها و صنعتگران انجام شده است، با ابتکار و خلاقیت توأم بوده است. همزمان با پیشرفت در زمینه تجزیه و تحلیل شیمیایی و زیست شیمیایی، این ابتکارات به ساخت آشکار سازها و آگاه سازهای حساستری برای تشخیص سموم شیمیایی و در نتیجه، دفاع مطمئن تر در برابر حملات شیمیایی منجر خواهد شد.

ترجمه سید احمد میرشکرایی

• Detectors in battle  
R. J. Powell  
chemistry in Britain, July 1988

