



وزارت جهاد کشاورزی

سازمان حفظ نباتات

ضد عفونی محموله های کشاورزی

استانداردهای ایمنی کازدهی با فسیفن

ولی الله رضایی

۱۳۹۸

به نام خدایی که در این مرد است

فهرست مطالب

۵	مقدمه
۵	کلیات و فرهنگ واژه ها
۱۰	فواید و معایب فسفین
۱۱	فسفین
۱۲	خصوصیات فسفین به عنوان یک گاز سمی
۱۴	موارد مصرف فسفین
۱۴	سم شناسی
۱۵	بقایای روی مواد غذایی
۱۶	نظارت و ردیابی
۱۶	نظارت بر سلامت و ایمنی
۱۶	نظارت برای اطمینان از موفقیت گازدهی
۱۶	تجهیزات ردیابی
۱۷	اندازه گیری غلظت های گازهای سمی در محدوده سلامتی و ایمنی
۱۷	اندازه گیری غلظت های گازهای سمی در محدوده حشره کشی
۱۸	ردیابی غلظت فسفین
۱۹	لوله های ردیاب (دکتور) گاز
۲۰	ابزار اندازه گیر الکترونیکی گاز
۲۲	دزی متری
۲۲	تهویه و ترخیص
۲۲	هوادهی و آزادسازی پس از گازدهی
۲۳	خروج یک گاز سمی از محفظه گازدهی
۲۵	هوادهی محموله های گازدهی شده
۲۵	مواد غذایی و غذای حیوانات
۲۵	کالاهای غیر غذایی
۲۵	تنباکو
۲۵	آزاد سازی گاز سمی از وسایل گازدهی
۲۶	امحای بقایای فسفید آلومینیوم
۲۶	شکست عملیات گازدهی
۲۷	ملاحظات امنیتی و اقدامات احتیاطی
۲۷	مقررات ایمنی کاربران عملیات گازدهی
۳۱	وسایل حفاظت شخصی برای استفاده حین گازدهی
۳۱	حفاظت تنفسی
۳۱	محافظت شخصی
۳۳	محافظت از پوست
۳۴	منطقه خطر (در معرض بودن)
۳۴	نشانه گذاری منطقه خطر
۳۵	حمل و نگهداری فرمولاسیون های فسفین
۳۶	دفع مواد باقیمانده فرمولاسیون های فسفین
۳۷	نکات ایمنی و فنی

۳۷	واکنش با فلزات
۳۷	مسمومیت و درمان
۳۷	خطرات زیستی
۳۸	مسمومیت با فسفین
۳۹	شواهد مسمومیت
۴۱	شرایط قرار گیری در معرض گاز
۴۱	وضعیت خطر بالای مسمومیت
۴۲	جمعیت در معرض خطر از نظر شغلی
۴۲	روش های قرار گرفتن در معرض
۴۳	جذب از طریق در معرض بودن
۴۳	انتشار از طریق در معرض بودن
۴۳	نیمه عمر بیولوژیکی روش در معرض
۴۳	درمان مسمومیت

کلیات و فرهنگ واژه ها:

ترکیبات گازی سمی (فومیگانت ها) مواد شیمیایی هستند که در دماهای معمولی به صورت گاز می باشند و به دلیل سمیت آنها برای ارگانیسم ها، از آنها برای از بین بردن آفات استفاده می شود. آنها به سرعت در غلات و کالاهای دیگر نفوذ می کنند. نحوه انتشار گازهای سمی طی فرایند گازدهی بستگی به ویژگی های فیزیکی آنها دارد به همین دلیل، ضروری است که کاربران این گازهای سمی شناختی کافی از خواص گازهای سمی داشته باشند و چگونگی تأثیر آنها و نتیجه گازدهی را بدانند.

گازدهی فرایند اضافه کردن یک گاز سمی به یک محوطه بسته (محفظه گازدهی) با هدف کشتن آفات هدف است. در این رابطه یک **عملیات خوب گازدهی** فرایندی است که یک ضدعفونی موفقیت آمیز را ارائه می دهد و از ترکیب عملی کلیه مراحل مورد نیاز طی ضدعفونی با ترکیبات گازی سمی (فومیگانت ها) حاصل می شود تا اطمینان ایجاد شود که:

- کاربران عملیات گازدهی ایمن بوده و به آنها آسیب نمی رسد
- کلیه افراد حاضر در منطقه اطراف محل گازدهی در امان بوده و آسیب نمی بینند
- محیط زیست آسیب نمی بیند
- تمام مراحل زندگی همه آفات هدف کشته می شوند
- کالا یا کالاهایی که تحت ضدعفونی قرار می گیرد به هیچ وجه آسیب نمی بیند.

هر یک از این پنج هدف، که یک عملیات گازدهی موفق را تشکیل می دهند، زمانی اتفاق می افتد که **عملیات خوب گازدهی** براساس استانداردها و دستورالعمل ها صورت گیرد.

محفظه های گازدهی ممکن است ساختارهای دائمی یا موقت برای انجام گازدهی باشند. صرف نظر از این امر، این ساختارها باید به خوبی آب بندی شده به طوری که آنها به اندازه کافی برای نگه داشتن غلظت سمی یک گاز برای زمان کافی و طولانی برای از بین بردن آفات هدف (زمان در معرض) مناسب باشند.

در یک **عملیات خوب گازدهی**، محفظه های گازدهی باید بررسی شوند تا اطمینان حاصل شود که آنها به اندازه کافی محکم و مناسب برای نگه داشتن مواد سم گازی در طول مدت زمان لازم در معرض می باشند. محفظه های گازدهی دائمی شامل محفظه های گازدهی خاص، برخی سیلوهای غلات آب بندی شده، برخی از انبارهای مواد غذایی افقی و غیره هستند. محفظه های گازدهی موقت معمولاً با استفاده از لایه های پلاستیکی ضد گاز و با استفاده از تکنیکی به نام گازدهی زیر پوشش (*sheet fumigation*) (یا در ایالات متحده آمریکا *fumigation under tarpaulins/tarps*) ایجاد می شوند. گازدهی زیر پوشش روشی است که بیشتر برای ضد عفونی کردن غلات و دانه های بسته بندی شده (و سایر کالاها)، پالت و ظروف حمل بار و ساختمان ها استفاده می شود.

در یک عملیات خوب گازدهی، محفظه های گازدهی موقت دارای کف ضد گاز بوده که با استفاده از ورق های ضد گاز پلاستیکی (پوشش) ایجاد می شوند تا اطمینان حاصل شود که آنها می توانند غلظت سمی یک گاز را در کل دوره مورد نیاز در معرض نگهداری کنند. در جایی که کف آن ضد گاز نیست، کف باید با یک رنگ ضد گاز مناسب پوشش داده شود یا با یک لایه ضد گاز پوشانده شود. گازدهی همچنین می تواند در زیر لایه های پلاستیکی پیش ساخته که با استفاده از گیره های پلاستیکی به هم وصل می شوند، انجام شود. به اینگونه محفظه ها، حباب های گازدهی، مکعب های انباری یا پيله (COCOON) گفته می شود. آنها درجه بالاتری از آب بندی را نسبت به روکش های پلاستیکی معمولی ارائه می دهند و می توان آنها را آزمایش کرد تا ثابت شود که به اندازه کافی آب بندی شده اند تا بتوانند یک گاز را در طول دوره (های) مورد نیاز حفظ کنند.

مدت زمان قرار گرفتن در معرض گاز (The exposure period) زمان مورد نیاز برای در معرض یک دوز خاص از گاز برای از بین بردن آفات هدف است. در عمل مدت زمان قرار گرفتن در معرض گاز تا زمانی که مشخص نشود غلظت گاز داخل محفظه گازدهی به یک غلظت مؤثر رسیده است، آغاز نمی گردد (برای مثال ۰/۰۵ گرم در متر مکعب برای فسفین) که اغلب غلظت حداقل، مؤثر یا تعادل نامیده می شود. مدت زمان قرار گرفتن در معرض باید به اندازه کافی طولانی باشد تا گاز بتواند به غلظت سمی در جو اطراف آفت هدف برسد. مدت زمان قرار گرفتن در معرض بسته به موارد زیر متفاوت است:

- گاز سمی (فومیگانت) که استفاده می شود
 - متحمل ترین مرحله یا وضعیت فیزیولوژیکی آفت هدف (رکود یا فعال)
 - درجه حرارت کالا یا کالاهایی که باید مورد ضدعفونی قرار گیرند
 - میزان تنفس آفت هدف
 - دوز مواد گازی سمی وارد شده به محفظه گازدهی
- آب بندی** فرآیند ساخت یک محفظه یا محوطه گازدهی کاملاً محصور است:
- تا اطمینان حاصل شود که از بین رفتن گاز (نشت) در کمترین حد اتفاق می افتد
 - به گونه ای که در طول زمان لازم برای قرار گرفتن در معرض مورد نیاز، گاز کافی در دسترس باشد.
- مشخص شده است که مقدار مشخصی از نشت، حتی از محفظه های شدیداً آب بندی شده نیز رخ می دهد اما این نشت باید به پایین ترین حد ممکن کاهش یابد.

دوز مصرف: میزان گاز ضدعفونی کننده که باید داخل محفظه گازدهی وارد شود و مدت زمان قرار گرفتن در معرض را توصیف می کند. دوز همیشه در دو بخش بیان می شود: (۱) بیان کننده میزان گاز ضدعفونی کننده مورد نیاز و (۲) بیان کننده مدت زمان در معرض.

مقدار گاز ضدعفونی کننده مورد نیاز ممکن است به دو طریق بیان شود:

- به صورت مقدار گاز در هر واحد حجم فضا / محوطه، که معمولاً به صورت گرم بر متر مکعب، که به اختصار g/m^3 نشان داده می شود.

- به صورت مقدار گاز بر واحد وزن کالا، که معمولاً به صورت گرم در هر تن، که به اختصار g/t نشان داده می شود. این ارقام همیشه همراه با بخش دومی هستند که مدت زمان قرار گرفتن در معرض گاز به صورت ساعت (یا معمولاً روز در مورد فسفین) نشان داده می شود. به عنوان مثال، بیان غلظت و به دنبال آن دوره قرار گرفتن در معرض گاز xg/m^3 به مدت ۲۴ ساعت یا $y g/t$ به مدت ۷ روز.

غلظت مقدار گاز ضدعفونی کننده موجود در هوا / اتمسفر داخل محفظه گازدهی را در طی مدت زمان قرار گرفتن در معرض گاز، یا در محیط کار اطراف محفظه گازدهی نشان می دهد و بیانگر وزن یا حجم گاز ضدعفونی کننده در حجم معینی از هوا است. واحدهای غلظت معمولاً به صورت گرم در مترمکعب (g/m^3)، میلی گرم در لیتر (mg/L) یا واحد در میلیون (ppm) بیان می شوند. در مورد گاز ضدعفونی کننده ppm حجم گاز را به ازای هر میلیون حجم هوا توصیف می کند. برای مثال لیتر در میلیون لیتر (یا میکرولیتر در لیتر). اندازه گیری گازهای ضدعفونی کننده در فضای کاری معمولاً به صورت ppm نشان داده می شود زیرا در اثر تغییر دما و فشار تحت تأثیر قرار نمی گیرد.

بیان واحد اندازه گیری به صورت ppm معادل واحدهایی مانند میلی گرم بر لیتر یا گرم بر متر مکعب نمی باشد.

نظارت و ردیابی: فرایند اندازه گیری غلظت گاز ضدعفونی کننده داخل یک محفظه گازدهی و در محوطه اطراف محفظه گازدهی است. نظارت بر غلظت گاز در محفظه گازدهی این امکان را می دهد تا کاربر:

- بررسی کند که مقدار صحیح گاز داخل محفظه ضدعفونی وارد شده است یا خیر؟
- تعیین کند چه زمانی گاز داخل محفظه ضدعفونی به طور یکنواخت توزیع شده است و چه زمانی باید زمان قرار گرفتن در معرض را آغاز کند.

- بررسی کند که آیا گاز ضدعفونی کننده از محفظه نشت می کند یا خیر؟
- تصحیح دوز را انجام دهد تا اطمینان حاصل کند که ضدعفونی موفق خواهد بود
- مشخص کنید که چه موقع و به چه میزان از غلظت گاز هدف رسیده است.

نظارت بر غلظت گازها در محوطه اطراف محفظه گازدهی، به کاربر اجازه می دهد:

- اطمینان حاصل کند که غلظت های گاز در فضای کار ایمن است و از حد آستانه تجاوز نمی کند ($threshold\ limit\ value = TLV$)

- اطمینان حاصل کند که غلظت های گاز در کالای گازدهی شده از TLV در پایان دوره قرار گرفتن در معرض گاز برای زمان لازم و هوادهی تجاوز نمی کند و اجازه می دهد تا با خیال راحت بتواند آنها را حمل کند.

مقدار حد آستانه ($TLV = \text{The threshold limit value}$) استاندارد قرار گرفتن در معرض: رقمی که برای حداکثر غلظت گاز ضدعفونی کننده ای است که ممکن است کارگران به طور مکرر در محیط کار بدون اثرات مضر در معرض آن قرار بگیرند. این رقم براساس یک هفته کاری ۴۰ ساعته یا ۸ ساعت در روز تعیین می شود.

مقادیر TLV فقط برای استنشاق است و شامل مصرف گازهای ضدعفونی کننده از طریق دهان، پوست یا چشم نمی شود. TLV ها برای همه ترکیبات گازی سمی (فومیگانت ها) تعیین شده است. این راهنماهای ایمنی برای کارگر و محیط کار ضروری است و باید توسط همه افراد درگیر در عملیات گازدهی به وضوح درک و عمل شود. در بسیاری از کشورها TLV (یا حد سلامتی و ایمنی) برای فسفین ۰/۳ ppm (۰/۰۰۴ گرم بر متر مکعب یا ۰/۴۲ میلی گرم بر متر مکعب) در نظر گرفته می شود.

دفع. شامل آزادسازی گاز ضدعفونی کننده از محصولی است که گازدهی شده است. دفع به طور کلی در انتهای زمان قرار گرفتن در معرض گاز صورت می گیرد، و در مرحله هوادهی یا تهویه، ماده گازی فرار می کند یا از محصول خارج می شود. ترکیبات گازی سمی (فومیگانت ها) با نقاط جوش زیاد (به عنوان مثال متیل بروماید) تمایل دارند تا بیشتر جذب شوند و به صورت باقی مانده برای زمان های طولانی تر از ترکیبات گازی سمی با نقاط جوش پایین (به عنوان مثال فسفین) باقی بمانند. دفع می تواند مدت زیادی بعد از اینکه یک محصول در دمای پایین ضدعفونی شد، صورت گیرد اما در محصولات ضدعفونی شده در دمای بالا و / یا رطوبت بالا سریعتر است.

با افزایش جریان هوا در داخل و اطراف کالاهایی که گازدهی شده اند، دفع تسریع می گردد. این کار می تواند در پایان دوره در معرض بودن هنگام باز شدن محفظه گازدهی و هوادهی انجام شود و ممکن است شامل موارد زیر باشد:

- استفاده از پنکه ها برای سرعت بخشیدن به حرکت هوا
 - باز نمودن درها و پنجره ها تا جریان آزاد هوا به داخل انبار وارد شود
- میزان گاز ضدعفونی کننده باقیمانده در محصول پس از گازدهی بستگی به این موارد دارد:
- شرایطی که گازدهی انجام شده است
 - طول دوره هوادهی

اگر گاز ضدعفونی کننده بیش از حد در یک محصول ضدعفونی شده باقی بماند، در صورت تماس با گاز دفعی می تواند برای کارگران و افراد دیگر خطرناک باشد.

مواد باقیمانده مقادیر بسیار کمی از مواد شیمیایی باقیمانده در محصولی هستند که ضدعفونی شده اند. باقیمانده ها یک یا چند مورد از موارد زیر را شامل می شوند:

- مواد شیمیایی که از آنها گازهای ضدعفونی کننده تولید می شود (به عنوان مثال فرمولاسیون فسفید آلومینیوم)
- گاز ضدعفونی کننده (به عنوان مثال ترکیبات گازی فسفین مانند $ECO_2 \text{ FUME}$ بدون تغییر پس از گازدهی در دماهای پایین)

- هر ترکیب شیمیایی جدیدی که وقتی گاز با محصول ضدعفونی شده واکنش نشان می دهد، تولید می شود (به عنوان

مثال باقیمانده های هیدروکسیدهای فلزی پس از ضدعفونی با گاز فسفین)

محدودیت های بین المللی برای حداکثر مقدار قابل قبول باقی مانده که ممکن است در بسیاری از محصولات به خصوص دانه ها و مواد غذایی وجود داشته باشد، تعیین شده است.

کاربران باید درک کنند که بقایای مورد اشاره می توانند طی عملیات گازدهی ایجاد شوند و تولید آنها می تواند با استفاده از دوز صحیح، مدت زمان قرار گرفتن در معرض و روش (های) استفاده از گاز ضدعفونی کننده به حداقل برسد.

هوادهی (یا تهویه) فرآیندی در پایان دوره قرار گرفتن در معرض و پس از باز شدن آب بندی محفظه گازدهی است که گاز از موارد زیر دفع یا منتشر و پخش می شود:

- محصولی که گازدهی شده است
- محوطه و محفظه گازدهی

هوادهی را می توان با افزایش جریان هوا درون و اطراف محصول گازدهی شده سرعت بخشید:

- باز کردن درب و پنجره های انبار
- استفاده از پنکه ها برای سرعت بخشیدن به حرکت هوا

پس از آن که با ردیابی مشخص شد که غلظت گاز ضدعفونی کننده در محفظه گازدهی و محصولی که گازدهی شده است، کاهش یافته و به زیر TLV رسیده است، این میزان گاز برای افراد بی خطر است. فقط با رسیدن به این مرحله ممکن است اجازه ترخیص صادر شود.

ترخیص کالا فرایندی بعد از دوره هوادهی است که کاربر ترکیب هوا را در محیط کار آزمایش می کند تا اطمینان حاصل کند که غلظت گاز به سطح پایین تر از سطح ایمنی رسیده و منطقه را برای ورود کارگران به فضای گازدهی شده و یا حمل کالا ایمن اعلام می کند.

منطقه خطر شامل هر منطقه ای در نزدیکی محفظه گازدهی قرار دارد که در آن ممکن است گاز ضدعفونی کننده فرار کرده یا در غلظت های خطرناک پخش شود، می باشد. این منطقه باید به طور واضح مطابق مقررات ملی یا محلی مشخص شود.

برچسب، وقتی ثابت شد که می توان از یک ماده شیمیایی مطابق با مقررات ملی حاکم بر استفاده از حشره کش ها استفاده کرد، این ماده شیمیایی برای استفاده ثبت می شود و توسط سازمان حفظ نباتات ثبت و برچسب می خورد.

در یک **عملیات خوب گازدهی**، یک گاز ضدعفونی کننده فقط مطابق با دستورالعمل های ارائه شده در برچسب استفاده می شود. اگر هیچ برچسبی روی ظروف محتوی گاز نصب نشده باشد، نباید از آن استفاده شود تا اینکه تأمین کننده بتواند آن را برچسب بزند در غیر این صورت باید از سازمان حفظ نباتات اطلاعات بیشتری کسب نمود.

فومیگاتورها (کاربران عملیات گازدهی با گازهای ضدعفونی کننده) و مسئولیت های آنها

کاربر عملیات گازدهی شخص یا شرکتی است که متعهد به انجام عملیات گازدهی است. کاربر باید کارکنان آموزش دیده ای را بکار گیرد و آنها را سرپرستی نماید که آموزش های لازم را دیده باشند کاربران باید به درستی آموزش داده شده و دارای صلاحیت باشند. آنها باید:

- دارای مجوز معتبر باشند
- دارای مهارت ها و شایستگی های لازم برای انجام ضدعفونی برای مقاصد قرنطینه ای را داشته باشند.
- دارای تجهیزات کاملاً کاربردی و ایمن باشد که با استفاده از آنها می تواند گازدهی انجام دهد. از جمله تجهیزات مورد نیاز برای استفاده دقیق از دوز صحیح گاز، امکانات اندازه گیری میزان گاز در محیط کار و اطراف آن و داخل محفظه گازدهی

- الزامات مورد نیاز برای دستیابی به ضدعفونی موفقیت آمیز با انتخاب گاز ضدعفونی کننده مناسب را بدانند
 - در صورت بروز نقص در عملیات، تشخیص نواقص و رفع آنها
- عملیات خوب گازدهی** همانطور که در این راهنما توضیح داده شده است ممکن است شرایط، الزامات و منابعی را که ممکن است در دسترس کاربر نباشد را لازم بدانند. در بعضی موارد، هنوز هم ممکن است یک کاربر بتواند اقدام به انجام عمل گازدهی کند با این حال، هرچه این روش از **عملیات خوب گازدهی** فاصله می گیرد:

- خطر آسیب رساندن به افراد افزایش می یابد
 - احتمال کشتن آفات هدف کاهش می یابد
 - تا در حداقل نقطه معینی، گازدهی فایده ای ندارد
 - عملیات شکست می خورد.
- هنگامی که گازهای ضدعفونی کننده به بهترین روش بکار گرفته نشوند، عملیات ممکن است بارها و بارها تکرار شود و احتمال این که وقایع غیرقابل قبولی اتفاق افتد، وجود دارد:

- آسیب رساندن به افراد داخل و اطراف محل ضدعفونی
 - امکان مقاومت حشرات در برابر گاز ضدعفونی کننده (به خصوص فسفین) افزایش می یابد
- این امر به این دلیل است که الزامات تکنیک گازدهی برای نتیجه موفقیت آمیز بکار گرفته نمی شوند.

فواید و معایب فسفین:

فسفین و متیل بروماید هر یک دارای فواید و معایبی هستند که در جدول زیر به آنها پرداخته خواهد شد. شرایط ضدعفونی، نوع محموله و کارایی هر یک در انتخاب نوع گاز ضدعفونی حائز اهمیت بسیار است.

فوائد	معایب
به عنوان عامل تخریب ازن معرفی نشده است (ایمنی طبیعت)	زمان در معرض و هوادهی طولانی، تا ۸ روز و بیشتر
زمانی که به خوبی مصرف شود بقایایی با اهمیت تجاری به جا نمی گذارد	تاثیر کمتر برای مصرف در دمای زیر ۱۵ درجه سانتیگراد
کاربرد آسان، وجود کارشناسان و کاربران با تجربه و آموزش دیده و دستورالعمل	دسترسی طولانی برای مصرف تهدیدی شامل ایجاد مقاومت حشرات است.
انتشار سریع درون محفظه و بدون نیاز به پنکه	کاربرد مکرر قرص های گرد و تخت داخل غلات بقایایی بیش MRL به جا می گذارد.
هوادهی به آسانی پس از گازدهی	سادگی کاربرد و عدم فهم صحیح منجر به کاربرد اشتباه و تاکید بر یک روش منفرد می شود.
به عنوان عامل تخریب ازن معرفی نشده است (ایمنی طبیعت)	
نسبتاً ساده و این از نظر حمل و نقل در بسته بندی های اصلی	
ارزان	
تاثیر روی جوانه زنی ناشناخته	

فسفین (هیدروژن فسفره یا فسفور هیدروژن) PH_3 :

فسفین یا هیدروژن فسفره یا اسید فسفیدریک به فرمول شیمیائی PH_3 گازی بات وزن مولکولی ۳۴، فوق العاده سمی و بیرنگ که دارای بویی شبیه سیر است که شناسایی آن را آسان می کند با وجود این گاهی این بو قابل تشخیص نمی باشد. فسفین در ناحیه ۱۸۵ تا ۲۵۰ نانومتر (۱۸۵۰ تا ۲۰۰۰ $\text{\AA}$ آنگستروم) دارای جذب شدید اشعه ماوراء بنفش است. فسفین تحت نام های تجاری مختلفی در بازار وجود دارد. محصولات تولید کننده این گاز به صورت انواع قرص، پلیت و گیره می باشند. در مجاورت رطوبت گاز فسفین (فسفید هیدروژن PH_3) تولید می شود که گازی بی رنگ می باشد. نقطه جوش این ترکیب ۸۷- درجه سانتیگراد است. باید از تماس مستقیم با مایع سمی جلوگیری نمود زیرا می تواند ایجاد سوختگی نماید. در صورت وقوع آتش سوزی، استفاده از ترکیبات آتشنشان مانند دی اکسید کربن خشک می تواند مورد استفاده قرار گیرد و هرگز نباید از آب برای خاموش نمودن آتش استفاده کرد.

همچنین فسفین به صورت گاز از سلیندر خارج شده و می تواند با دی اکسید کربن (کمتر از سه درصد حجمی) و یا یک درصد حجمی با هوا برای ایجاد ایمنی و عدم اشتعال ترکیب شود. سلیندرهای حاوی فسفین و دی اکسید کربن نباید در دمای بالاتر از ۳۸ درجه سانتیگراد نگهداری شوند.

استفاده از این ترکیب در شرایط خلأ شدید می تواند ایجاد انفجار نموده بنابراین از این گاز در محفظه های ضدعفونی با فشار کاهش یافته نباید استفاده نمود. فسفین برای بسیاری از فلزات به خصوص در دمای بالا و رطوبت نسبی کم، خاصیت خوردگی دارد. استفاده از ابزارآلات و تجهیزات آلومینیومی و پلاستیکی برای کار با فسفین توصیه می شود.

فسفین گازی قابل اشتعال بوده و در معرض رطوبت هوا آتش می گیرد اما فسفید آلومینیوم و فسفید منیزیم تجاری در برابر آتش سوزی ایمن شده اند. هرگز نباید از چندین قرص فسفوکسین (قرص تخت (پلت یا قرص برنج) و قرص گرد) در محموله های قابل آتش

سوزی که ممکن است حاوی رطوبت زیادی نیز باشند استفاده نمود. بسته های قرص را باید در جایی خنک، خشک، دارای تهویه و محافظت شده قرار داده و نباید در معرض حرارت باشند. از تماس آب و یا رطوبت با قرص ها نیز باید جلوگیری شود.

این گاز عملاً در آب غیر قابل حل است و در گرما و رطوبت روی بعضی از فلزات مانند مس، آلایژ مس، طلا و نقره اثر می کند. فسفین حدود ۲۰ درصد از هوا سنگین تر است و قدرت پراکندگی این گاز بسیار زیاد بوده و به آسانی با هوای محیط مخلوط شده و به طور یکنواخت در فضا پخش می شود. این ترکیب بسیار سمی بوده و بر روی حشرات، کنه ها و چونندگان در تمام مراحل زندگی اثر کشنده دارد اگرچه تاثیر آن روی تخم ها و شفیره ها و مراحل در حال رکود کنه ها بسیار کند و تدریجی بوده و به همین جهت زمان گاز دهی چندین روز طول می کشد. مقدار مصرف فسفین برحسب نوع انبار، نوع آفت و درجه گرمای محیط متفاوت است در سیلوهای بزرگ که مخزن آنها از بتون و با فلزات مقاوم ساخته شده و نسبت به گاز به طور کامل غیر قابل نفوذ هستند برای هر تن محصول ۲ تا ۵ قرص و در ساختمان ها و انبار های معمولی برای هر تن ۳ تا ۶ قرص مصرف می کنند و به طور کلی برای هر متر مکعب ۲-۱ قرص مصرف می کنند مدت زمان گاز دهی برحسب درجه حرارت ۵-۳ روز می باشد ولی اگر دما بالای ۲۰ درجه سانتیگراد باشد ۳ روز و در دماهای ۱۵-۱۰ درجه سانتیگراد ۵ روز می باشد.

فسفین برای انسان و حیوانات بسیار سمی است و از تماس آن با موجودات غیر هدف باید اجتناب شود. دوز کم این گاز باعث ایجاد سردرد، کسالت، زنگ زدن گوش ها، کوفتگی و فشار روی سینه شود. دوز متوسط آن می تواند احساس ضعف، استفراغ و درد در معده و سینه و تنفس سخت شود. فسفین با رطوبت ترکیب و اسید فسفریک تولید می کند که می تواند باعث تورم و خونریزی شش ها شود.

خصوصیات فسفین به عنوان یک گاز سمی:

فسفین ممکن است توسط برخی محموله ها که دارای توان نفوذ بالایی هستند، جذب شود. در دوز های معمول، فسفین تاثیری روی جوانه زنی بذور در رطوبت ایمن ندارد اما ممکن است در حد اندکی توان گیاهچه های رشد یافته را کاهش دهد. منابعی وجود دارد که فسفین ممکن است توان جوانه زنی را در صورتی که دانه دارای رطوبت بالایی باشد، بکاهد.

فسفین خالص بدون بو است (تا ۲۰۰ ppm)	بو
غلظت پایین فسفین تولید شده از فسفیدهای فلزی دارای بوی سیر یا ماهی می دهد.	
۱/۱۷ (هوا = ۱)	جرم مخصوص به عنوان گاز
گاز قابل اشتعال	قابلیت اشتعال
۱/۸ درصد حجمی	حد پایین اشتعال
۱. از فسفید های فلزی ۲. از سلیندرهای محتوی گاز	روش تولید
فسفین برای مس، برنج (و دیگر ترکیبات مس)، طلا و نقره خورنده است.	واکنش شیمیایی

بو:

فسفین خالص بدون بو است (تا ۲۰۰ ppm). غلظت پایین کمتر از TLV ۰/۳ ppm (۰/۴ میکروگرم در لیتر یا ۰/۴۲ میلی گرم بر متر مکعب)، فسفین تولید شده از فسفیدهای فلزی دارای بوی سیر یا ماهی است. باید توجه داشت که این بو ممکن است توسط محموله یا محصول ضدعفونی شونده جذب شود.

عدم وجود بو لزوماً نشان دهنده عدم وجود فسفین نمی باشد زیرا ناخالصی های بویار ممکن است با جذب توسط محموله گازدهی شده از بین برود و فسفین بدون بو بر جا بگذارد. در عملیات گازدهی این به آن معنا است که:

- کاربر گازدهی نباید بر بو به عنوان عامل کشف حضور یا غیاب فسفین تکیه نماید. همیشه از ردیاب های فسفین استفاده کنید.

جرم مخصوص:

فسفین خالص ۱/۱۷ برابر سنگین تر از هوا است. فسفین در غلظت های توصیه شده برای گازدهی به سرعت در هوا منتشر می گردد. تراکم ترکیب فسفین/ هوا تقریباً همانند هوای خالص است. در نتیجه، استانداردهای ضدگاز نمودن برای گازدهی موثر با فسفین بالا است.

در عملیات گازدهی این به آن معنا است که:

- زمانی که فسفین به داخل محفظه گازدهی رها می شود - در غلظت های ضدعفونی کننده- جرم مخصوص ترکیب نهایی فسفین/ هوا از هوا بیشتر نمی باشد.
- فسفین به سرعت در هوا منتشر می شود و به عمق محموله های فله ای غلات و یا محموله های کم تراکم و بدون پوشش نفوذ می کند
- لازم نمی باشد که از فن برای انتشار گاز درون محفظه گازدهی استفاده شود.

قابلیت اشتعال:

فسفین در غلظت های بالاتر از ۱/۸ درصد حجمی (۷۹۰۰ ppm یا ۲۴/۹ میلی گرم در لیتر یا ۲۴/۹ گرم بر متر مکعب) قابلیت اشتعال دارد و خودبخود مشتعل می شود. به همین دلیل، محصولات تولید کننده فسفین هرگز نباید در شرایطی مورد استفاده قرار گیرند که باعث شود غلظت گاز به این حد برسد. محصولات تولید کننده فسفین تجاری (قرص های تخت و گرد، کیسه و غیره) حاوی موادی هستند که ادعا می شود که (۱) خطر آتش سوزی را کاهش می دهند یا (۲) میزان تولید فسفین را کنترل می کنند بنابراین غلظت فسفین آزاد شده محدود می شود.

برای جلوگیری از احتمال احتراق طی گازدهی:

- محصولات تولید کننده فسفین (قرص های تخت و گرد، کیسه و غیره) نباید هنگام ورود به محفظه به صورت کپه ای قرار گیرند.

- محصولات تولید کننده فسفین نباید در تماس با آب قرار گیرند.

- محصولات تولید کننده فسفین باید از معرض شعله دور نگه داشته شوند

- از وسایلی که می تواند باعث ایجاد جرقه شود نباید در هنگام گازدهی با فسفین استفاده شود.

هنگام استفاده مطابق با برچسب و دستورالعمل، میزان گاز تولید شده توسط محصولات تولید کننده فسفین زیر حد اشتعال هستند.

واکنش شیمیایی:

فسفین در آب در حد کمی قابل حل است و دارای حلالیت کمی در بیشتر حلال ها است. فسفین برای مس، برنج (و دیگر ترکیبات مس)، طلا و نقره خورنده است. تاثیر خوردگی فسفین در حضور رطوبت یا آمونیاک (زمانی که فسفین از قرص های تخت و گرد، کیسه و غیره تولید می شود) و هوای آغشته به نمک (در محیط ساحلی) بیشتر می شود. در عملیات گازدهی این بدان معنا است که:

- وسایل و ماشین آلات دارای ترکیبات مس (برای مثال وسایل برقی، کامپیوتر و غیره) ممکن است به شدت آسیب بینند. این موارد در معرض آسیب باید قبل از گازدهی با فسفین شناسایی شوند و آنها را باید آب بندی و پوشش دار نمود یا از محیط خارج کرد. اگر این امر امکان پذیر نباشد، ضدعفونی با سایر جایگزین ها توصیه می شود.

موارد مصرف فسفین:

فستوکسین و سایر فرمولاسیون های تولید کننده گاز فسفین علیه حشرات (مراحل بالغ و نابالغ) و همچنین مهره داران زیر موثر می باشد.

اگرچه می توان به کنترل کلی آفات ذکر شده توسط فسفین رسید اما این امر معمولاً در عمل تحقق نمی یابد. عوامل مؤثر در کنترل کمتر از ۱۰۰ درصدی آفات شامل نشت، توزیع نامناسب گاز، شرایط نامطلوب قرار گرفتن در معرض و غیره است. علاوه بر این، برخی از حشرات نسبت به فسفین کمتر حساس هستند. برای دستیابی به حداکثر کنترل، باید ضدعفونی در شرایط کاملاً آب بندی شده انجام شود، باید از دوزهای بالاتر استفاده شود، مدت زمان قرار گرفتن در معرض طولانی تر شود، روش های کاربردی مناسب تر بکار گرفته شود و شرایط دما و رطوبت مطلوب باشد.

سم شناسی:

مطالعات روی کبد موش شان داد که جذب اکسیژن میتوکندریایی به دلیل واکنش فسفین با سیتوکروم C و سیتوکروم C اکسیداز مهار می شود. فسفین همچنین کاتالاز حشرات را مهار می کند، اگرچه به نظر می رسد این یک اثر غیرمستقیم است و ممکن است نتیجه سمیت نباشد.

در مورد مکانیسم سمیت فسفین در انسان هیچ مطالعه سیستمیکی صورت نگرفته است اگرچه اثرات مختلفی بر متابولیسم واسطه ای شرح داده شده است. افزایش وابسته به دوز در خون و غلظت های پورفیرین ادراری ناشی از فسفید روی گزارش شده است. در مطالعه ای در مورد خرگوش ها، تغییر در گلوتامیک پیروویک سرم (serum glutamic-pyruvic) و گلوتامیک اکسال استریک ترانس آمیناز، لوسین آمینوپپتیداز، آلدولاز، آلکالین فسفاتاز و آلومین در ۲۴ ساعت اول مسمومیت با فسفید روی مشاهده شده است. اختلال عملکرد متابولیسم چربی کبدی نیز گزارش شده است. عدم زنده ماندن سلولی و یکپارچگی غشای سلولی، آنزیم های کبدی و اثر برونشیلویت (التهاب نایژه ها) را تشکیل می دهد. هیچ توضیحی مناسبی در رابطه با این واقعیت وجود ندارد که فسفین نمی تواند باعث ایجاد همولیز مشخص آرسنین می شود.

اگرچه مکانیسم دقیق عملکرد فسفین در انسان شناخته نشده است، اما مهار غیر رقابتی سیتوکروم اکسیداز میتوکندریایی در کبد موش، مگس خانگی و سرخرطومی گندم توسط برخی از نویسندگان ذکر شده است.

بقایای روی مواد غذایی:

مواد باقیمانده ناشی از استفاده از فسفین ممکن است سه نوع باشند: محصولات واکنش دهنده فرمولاسیون، فسفین بدون تغییر جذب شده در کالا و محصولاتی که فسفین در واکنش با اجزای کالا تشکیل می دهد. فرمولاسیون فسفید آلومینیوم یا منیزیم عمدتاً باقیمانده هیدروکسید فلزی بی اثر هستند. در فرمولاسیون فسفید آلومینیوم، مقدار کمی از مواد واکنش نداده نیز ممکن است باقی بماند از این رو برای جلوگیری از خطرات ناشی از وجود این مواد، باید اقدامات احتیاطی صورت گیرد. هنگامی که غذاهای فرآوری شده گازدهی می شوند یا وقتی ضد عفونی فضایی انجام می شود، باقیمانده های حاصل از فرمولاسیون باید جمع آوری و به درستی حذف گردند.

باقیمانده فسفید منیزیم در فرمولاسیون پلیت به صورت هیدروکسید منیزیم در ماتریکس (زمینه) پلاستیکی آن باقی می ماند. واکنش با بخار آب کامل است، به طوری که هیچ ماده واکنش نداده ای باقی نمی ماند و از بین بردن بقایا مستلزم جمع آوری و دفع سینی های پلاستیکی در محل های مناسب است.

فسفین بدون تغییر در مقادیر قابل ملاحظه در کالاهای ضد عفونی شده باقی نمی ماند. میزان تحمل ۰/۱ میلی گرم بر کیلوگرم برای دانه های غلات خام و ۰/۰۱ میلی گرم بر کیلوگرم برای غذاهای فرآوری شده توسط بسیاری از کشورها بیان شده است و تحقیقات بسیاری نشان داده است که گاز در حین هوادهی به میزان بسیار پایین تر از تحمل ها به سرعت دفع می شود. باید اشاره نمود که میزان اندک اما ردیاب شده از فسفین می تواند برای مدت زمان طولانی در کالاهای گازدهی شده باقی بماند. ۲۲۰ روز پس از گازدهی، فسفین از گندم ضد عفونی شده قابل تشخیص بوده است.

برخی محصولات واکنشی ممکن است از ترکیب فسفین با اجزای محموله ایجاد شوند. ارزیابی ها نشان داده که میزان اندکی از فسفیت و فسفات بدون ایجاد خسارت و آسیب در مواد گازدهی وجود دارد.

نظارت و ردیابی:

ردیابی فرآیند اندازه گیری غلظت گاز ضدعفونی کننده است:

- داخل محفظه ضدعفونی
 - در محوطه اطراف محفظه ضدعفونی
- ردیابی به دو دلیل انجام می شود:
- اطمینان حاصل شود که کارگران و افراد دیگر در نزدیکی محل ضدعفونی ایمن هستند (سلامتی و ایمنی)
 - اندازه گیری غلظت و توزیع گاز ضدعفونی کننده داخل محفظه گازدهی (موفقیت گازدهی)
- هر دلیلی برای ردیابی الزامات مختلفی دارد.

نظارت بر سلامت و ایمنی

نظارت بر بهداشت و ایمنی با اندازه گیری غلظت گازهای ضدعفونی کننده در سطح TLV صورت می گیرد که در بسیاری از کشورها برای فسفین 0.3 ppm (0.004 گرم بر متر مکعب یا 0.42 میلی گرم بر متر مکعب) در نظر گرفته می شود.

نظارت برای اطمینان از موفقیت گازدهی

انتشار گاز درون محفظه یا محوطه و موفقیت گازدهی شامل اندازه گیری غلظت های آفت کشی (یا گازدهی) گاز ضدعفونی کننده در دامنه ای بین 0.1 و 5 گرم بر متر مکعب (70 و 3500 ppm) برای فسفین می باشد.

تجهیزات ردیابی:

تجهیزات متنوعی برای اندازه گیری غلظت فسفین و متیل بروماید در دسترس است. تجهیزات مورد استفاده باید برای ردیابی محدوده غلظت مناسب باشند:

- غلظت های موجود در محیط کار
 - غلظت حشره کشی طی گازدهی
- ابزارهایی برای نظارت در دسترس هستند که می توانند گازهای ضدعفونی کننده را در حدود زیر اندازه گیری کنند:
- فقط غلظت های کم - برای اندازه گیری ایمنی در محل کار (TLV)

- غلظت های بالا - فقط برای بررسی روند مواجهه با گاز
 - غلظت کم و زیاد - از غلظت ایمنی کم تا غلظت های بالای گاز
 - دامنه ای از غلظت ها در کل دوره قرار گرفتن در معرض - فرایندی به نام دزیمتری
- طیف وسیعی از ابزارهای موجود از لوله های ردیاب گاز یکبار مصرف (برای استفاده در غلظت های ایمنی یا گازدهی و دزیمتری) تا ابزارهای الکترونیکی چند منظوره وجود دارند.

اندازه گیری غلظت های گازهای سمی در محدوده سلامتی و ایمنی

- اندازه گیری غلظت های فسفین و متیل بروماید در محدوده سلامتی و ایمنی (TLV) یا همان محدودیت بهداشت حرفه ای که ۰/۳ ppm برای فسفین و ۵ ppm برای متیل بروماید است) بسیار مشکل تر از اندازه گیری غلظت های بالا در محفظه های گازدهی است. در بسیاری از کشورها TLV (یا محدودیت های سلامتی مشابه) دارای وضعیت قانونی است. به همین دلیل، اندازه گیری غلظت های سلامت و ایمنی بسیار دقیق است. مهمتر از همه، اگر اندازه گیری های نادرست انجام شود، برای سلامتی انسان نیز خطر دارد. هنگام اندازه گیری غلظت گازهای سمی در محدوده سلامتی و ایمنی، کاربر عملیات باید از موارد زیر استفاده کند:
- لوله های آشکارساز که در دمای صحیح (به طور معمول ۵-۲۵ درجه سانتیگراد) نگهداری شده اند. استفاده از این لوله ها برای مدت طولانی تر از "ماندگاری" چاپ شده در ظرف (های) نگهداری آنها امکان پذیر نبوده و تاثیر ندارند
 - اندازه گیرهای تشخیص گاز الکترونیکی (و دیگر ابزارهای اندازه گیری) به طور مرتب و به درستی کالیبره شوند.
- اگر در حین ردیابی سلامتی و ایمنی، نشانه ای یا شکمی مبنی بر نادرست بودن اندازه گیر الکترونیکی وجود داشته باشد و قرائت های اشتباهی را انجام دهد، برای اطمینان باید:
- از تمام اقدامات احتیاطی اضافی لازم برای کار در مناطقی که احتمالاً غلظت گازهای سمی بالاتر از TLV است، استفاده شود.
 - کلاً داده های اندازه گیر نادیده گرفته شود.

اندازه گیری غلظت های گازهای سمی در محدوده حشره کشی (گازدهی)

بهترین روش برای پیش بینی اینکه آیا گازدهی موفقیت آمیز خواهد بود یا نه؟ نشان دادن این امر است که گاز سمی دارای خصوصیات زیر است:

- به طور یکنواخت در کل محفظه توزیع شده است
- به دوز و غلظت حشره کشی در کل محوطه و محفظه رسیده است
- به غلظت نهایی مورد نیاز رسیده است

اندازه گیری غلظت گاز طی دوره قرار گرفتن در معرض به کاربر اعلام می دارد:

- آیا گاز کافی به محفظه اضافه شده باشد؟
- چه زمانی گاز داخل محفظه گازدهی به طور یکنواخت توزیع شده (تعادل) و چه زمانی باید دوره قرار گرفتن در معرض زمان را شروع کنیم؟
- آیا گاز از محفظه نشت می کند؟
- در صورت ایمن بودن، محل نشت را مشخص و آن را تعمیر و تصحیح کند.
- در صورت لزوم و ایمنی، دوز را بالا ببرد.
- در پایان، آیا گازدهی موفقیت آمیز بوده یا خیر؟

نکته ایمنی: بازرسی و یا اضافه نمودن گاز بیشتر به محفظه می تواند خطرناک باشد. در صورت نیاز استفاده از حفاظت های تنفسی و ردیابی محیطی برای این امر لازم است.

زمان بحرانی برای اندازه گیری غلظت گازهای سمی داخل محفظه در پایان دوره قرار گرفتن در معرض سم حیاتی است زیرا این زمانی است که کاربر می تواند مشخص کند که گازدهی با موفقیت انجام شده یا خیر؟ در یک عملیات خوب ضدعفونی، ردیابی غلظت های گازهای سمی درون محفظه به صورت منظم و دوره ای طی زمان در معرض انجام می شود.

ردیابی غلظت فسفین

ردیابی غلظت گاز فسفین به کاربر گازدهی امکان می دهد بداند:

- آیا گاز کافی به محفظه اضافه شده است.
 - هنگامی که گاز داخل محفظه گازدهی به طور یکنواخت توزیع شده است (تعادل) و شروع زمان در معرض قرار گرفتن فرا رسیده است
 - آیا گاز از محفظه خارج می شود (نشت می کند)
 - آیا لازم است دوز را بالا ببرد تا اطمینان حاصل کند که گازدهی موفقیت آمیز خواهد بود
 - آیا غلظت نهایی ایجاد شده است یا خیر.
- کاربران عملیات گازدهی باید بدانند که:
- مقادیر زیاد مونوکسید کربن می تواند باعث خواندن نادرست در برخی از ابزارهای ردیابی میشود که معمولاً برای اندازه گیری غلظت فسفین مورد استفاده قرار می گیرند.

برای اندازه گیری غلظت گاز درون محفظه باید طی:

- ۶ تا ۲۴ ساعت پس از توزیع فرمولاسیون های فسفید آلومینیوم انجام شود.

- ۲ تا ۴ ساعت پس از توزیع فرمولاسیون های فسفید منیزیم انجام شود.
- ۳۰ تا ۶۰ دقیقه پس از ورود گاز فسفین سلیندری به محفظه انجام شود. این ردیابی مشخص می کند:
- 0 آیا گاز به صورت یکنواخت درون محفظه منتشر شده است (به تعادل رسیده است)
- 0 آیا زمان آغاز دوره در معرض فرا رسیده است.
- حداقل هر دو روز یکبار تا پایان دوره در معرض انجام شود تا:
- 0 اطمینان حاصل شود که محفظه دارای نشی نمی باشد.
- 0 اگر غلظت گاز به زیر سطح لازم و بحرانی رسیده، گاز اضافه شود (با حفظ اقدامات ایمنی و نزدیک پایان دوره در معرض)
- در پایان دوره در معرض برای مشخص نمودن این که آیا ضدعفونی موفقیت آمیز بوده یا خیر؟

لوله های ردیاب (دکتور) گاز:

برای ردیابی غلظت گاز سمی درون محفظه ضدعفونی لازم است تا بخشی از گاز سمی از خارج از محفظه مکیده شود. لوله های پلاستیکی و قابل انعطاف معمولاً برای این منظور استفاده می شوند. ترجیحاً از لوله هایی استفاده شود که قطر داخلی کمی داشته باشند (برای مثال ۵ - ۲ میلی متر). این امر زمان مورد نیاز برای حذف هوای داخل لوله را قبل از مکیدن گاز سمی را کوتاه تر می کند. این روند تخلیه یا *purging* نامیده می شود. در عمل، لوله های نایلونی ضد خش (لوله های هیدرولیک) برای اینن منظور توصیه می شوند. با وجود این همیشه باید مراقب بود تا:

- لوله بسته نشده باشد.
 - هوا و یا گاز به صورت آزادانه از لوله مکیده شود.
 - لوله به خوبی تخلیه هوا شده و غلظت گاز برابر با غلظت گاز داخل محفظه گازدهی اندازه گیری شود.
- لوله های ردیاب (دکتور) گاز و پمپ های همراه آن توسط شرکت های مختلفی ساخته و در بازار در دسترس هستند. هر شرکت و برند ابزار خاص خود را دارد.



همیشه از پمپ و لوله ساخته شده توسط یک سازنده استفاده کنید – زیرا استفاده از پمپ یک تولید کننده و لوله تولید کننده دیگر می توانند باعث اشتباه شود.

- مطمئن شوید که پمپ نشت نمی کند
- همیشه قبل از گرفتن نمونه گاز، لوله را تمیز کنید.
- مطمئن شوید که لوله مسدود یا شکسته نشده باشد.
- همیشه از تعداد پمپ زدن های مشخصی استفاده کنید.

محل لوله گذاری نمونه برداری گاز:

در صورت امکان، بهتر است تا حداقل سه لوله گاز درون محفظه گازدهی قرار داده شود. یکی از این لوله ها در هر محل مورد اشاره زیر:

- در کف محفظه (در جلوی محفظه)
- در بالای محفظه (در عقب محفظه)
- در میانه محموله

در خارج از محل گازدهی لازم است تا هر لوله نمونه بردار مشخص گردد. این امر می تواند با نصب برچسب به لوله و با استفاده از لوله هایی به رنگ های مختلف صورت گیرد. لوله های نمونه برداری گاز نباید نزدیک بخش های زیر قرار گیرند:

- لوله حمل کننده گاز
- قرص ها و امولسیون های دیگر تولید کننده فسفین

تمام لوله های نمونه بردار گاز باید به اندازه کافی بلند باشند تا نمونه برداری از خارج از محفظه گازدهی انجام شود و بدون آن که به حفاظت تنفسی نیاز باشد.

ابزار اندازه گیر الکترونیکی گاز:

ابزارهای اندازه گیر الکترونیکی گاز فسفین و متیل پروماید توسط شرکت های مختلفی در بازار عرضه شده است. هر شرکت و برند ابزار و دستورالعمل خاص خود را دارد با وجود این نتایج به دست آمده از این ابزارها تنها پس از کالیبراسیون و اطمینان از ثابت بودن کالیبراسیون آنها قابل اطمینان هستند.



سمت راست: یک *interferometer* مورد استفاده در اندازه گیری متیل بروماید در غلظت های گازدهی و سمت چپ: ابزار

اندازه گیری گاز الکترونیکی که هم غلظت گاز فسفین و هم متیل بروماید را اندازه گیری می کند.



سمت راست: یک ابزار الکترونیکی اندازه گیر گاز فسفین در سطوح ایمنی و سلامت و سمت چپ: ابزار ردیاب گاز الکترونیکی اندازه

گیر فسفین در غلظت های گازدهی

در یک عملیات خوب ضد عفونی، بررسی دوره ای و منظم گاز توسط ابزارهای الکترونیکی صورت می گیرد. اگر شکی در مورد دقت

دستگاه الکترونیکی زمان تعیین غلظت ایمنی و سلامت وجود داشته باشد، همیشه از لوله های ردیاب مناسب استفاده کنید.

دی اکسید کربن درون محفظه گازدهی ممکن است به خاطر فعالیت حشره یا رطوبت بالای محموله، افزایش یابد همچنین

گاهی اوقات از این گاز برای بالا بردن فشار گاز درون سلیندر حاوی متیل بروماید استفاده می شود تا به انتشار گاز درون محفظه

کمک کند. در این مواقع، کاربر باید از امکان این که ابزارهای معمول اندازه گیری غلظت متیل بروماید به واسطه حضور دی اکسید

کربن ممکن است اعداد اشتباهی ارائه دهند، آگاه باشد.

همیشه طبق دستورالعمل های شرکت سازنده عمل کنید. برخی ابزارها دارای جاذب رطوبت و دی اکسید کربن هستند. کاربر باید

این جاذب ها را بررسی و به موقع تعویض نماید تا اطمینان حاصل نماید که ابزار ردیابی بدرستی و دقت کار می کنند.

استفاده از ابزار اندازه گیر الکترونیکی گاز:

همیشه دستورالعمل ابزار را قبل از استفاده از آن مطالعه نمایید. برخی ابزارها ممکن است زمانی که حسگر آنها تحت فشار یا خلاء

باشد، اعدادی اشتباهی ارائه دهند. برخی حسگرها ممکن است زمان استفاده تحت فشار یا خلاء آسیب ببینند:

- همیشه از کالیبره بودن دستگاه اطمینان حاصل کنید.

- همیشه باتری دستگاه را چک کنید.
- همیشه اطمینان حاصل کنید که نمونه بردار گاز مسدود یا شکسته نباشد
- همیشه نمونه بردار گاز را قبل از نمونه گیری تمیز کنید
- اگر هر گونه شکری در مورد اعداد دارید، غلظت گاز را با یک لوله ردیاب خاص آن گاز چک کنید.

دزی متری:

دزی متر ها ابزارهایی هستند که غلظت های گازهای سمی را طی دوره در معرض اندازه گیری می کنند. این ابزارها می توانند احتمال موفقیت یک ضدعفونی را نشان دهند. دزی مترها قبل از گازدهی درون محفظه گازدهی قرار می گیرند و پس از پایان دوره در معرض و پس از صدور حکم ترخیص از محیط خارج می شوند. دزی مترها برای فسفین (به صورت لوله) وجود دارد که نشان دهنده دز گاز سمی (به صورت ppm - ساعت و یا گرم - ساعت بر متر مکعب) طی دوره در معرض می باشد. به علت این که گاز سمی به صورت فعال جذب می شود، نیازی به پمپ وجود ندارد. با وجود این لازم است تا اطمینان حاصل شود که این ابزارها به خوبی کالیبره شده اند.

در یک عملیات خوب ضدعفونی، غلظت های گاز سمی از آغاز دوره در معرض تا زمانی که محیط برای ورود ایمن است و محموله از نظر حمل مشکلی ندارد، ردیابی می گردد.

ردیابی جزئی کلیدی در یک عملیات خوب گازدهی است.

تهویه و ترخیص:

هوادهی و آزادسازی پس از گازدهی:

در پایان دوره قرار گرفتن در معرض یک گاز ، مقدار گاز باقیمانده در محفظه گازدهی و منطقه در معرض خطر باید به حدی کاهش یابد که ایمن و بدون خطر باشد تا کارگران بتوانند کالای گازدهی شده را حمل نمایند. این کار باید انجام شود زیرا در یک گازدهی موفق، غلظت متیل بروماید یا فسفین که در داخل محفظه و محوطه باقی مانده است می تواند باعث کشته شدن انسان ها شود. این مناطق را می توان فقط پس از اینکه سطح گازهای سمی کاهش یافته و پایین تر از TLV قرار گرفت، "ایمن" اعلام کرد. فقط پس از اتمام این کار، کاربران عملیات گازدهی اجازه می دهند تا تشخیص متفرقه وارد انبار شود و محصولی را که گازدهی شده است حمل نمایند.

مراحل اول فرآیند تهویه یک محفظه احتمالاً خطرناکترین بخش قسمت فرآیند گازدهی است. به همین دلیل، باید در تمام موارد، محافظت تنفسی توسط همه افراد درگیر در فرآیند هوادهی حفظ شود تا زمانی که سطح و غلظت گاز در مناطق زیر بالای TLV تشخیص داده نشود:

- هوای آزاد در اطراف کالای تحت گازدهی

- محفظه گازدهی

- انبار یا بنایی که محل عملیات گازدهی بوده است

ترتیب و سرعت هوادهی پس از در نظر گرفتن عواملی از جمله موارد زیر باید توسط کاربران عملیات گازدهی تایید شود:

- غلظت گاز سمی داخل محفظه

- حجم محفظه و انباری که در آن گازدهی صورت گرفته است

- سرعت و جهت باد

- نزدیکی ساختمانهایی که مردم در آن زندگی می کنند.

در جایی که پشته های بزرگ زیر بیش از یک روکش ضد گاز محصور شده اند، روند باز کردن محفظه باید تدریجی و دوره ای بوده و تهویه در زمان های متناوب انجام شود، تا زمانی که غلظت های موجود در پشته ها به اندازه کافی کم شود تا امکان برداشتن ایمن همه روکش ها فراهم شود. برای اطمینان از حداکثر تهویه محل گازدهی و برای پراکنده نمودن گاز باید از فن های مناسب استفاده کرد (هر جا که امکان پذیر باشد). فضايدر منطقه خطر و محفظه گازدهی باید بطور مرتب توسط کاربران عملیات گازدهی آزمایش شود تا غلظت گاز به زیر TLV کاهش یابد.

توجه ویژه ای باید به مواد خوراکی صورت گیرد که بعضی اوقات می توانند پس از باز شدن محفظه گازدهی برای هوادهی، مدت طولانی ممکن است گاز جذب شده را دفع نمایند.

خروج یک گاز سمی از محفظه گازدهی:

کاربران عملیات گازدهی وسایل حفاظت تنفسی در بر می کنند (ماسک و فیلتر مناسب) و یا از کپسول های اکسیژن استفاده می کنند:

۱. ورود به منطقه در معرض خطر

۲. باز کردن تمام درب ها، پنجره ها و هواکش برای ایجاد حرکت آزاد هوا

۳. روشن نمودن فن ها، اگر فن مورد استفاده قرار گرفته است

۴. برداشت تعداد کافی از کیسه های ماسه از اطراف یک گوشه محفظه که روکش گازدهی ممکن است برداشته شود.

۵. استفاده از یک نردبان که حداقل دو فرد کاربر گازدهی به بالای محفظه گازدهی بروند و طناب ها را بکشند

۶. یک کاربر گازدهی در پایین محفظه یک طرف طناب را به گوشه روکش گازدهی محکم می کند.

۷. دو کاربر گازدهی در بالای محفظه طناب را بالا می کشند (مواظب باشند که روکش را پاره نکنند) تا اینکه کف روکش به

بالای محفظه برسد و کناره های پشته باز و در معرض هوا قرار گیرد. روکش در بالای محفظه توسط:

- سنگین نمودن روکش توسط یک کیسه از دانه ها یا چندین کیسه ماسه ای، یا
 - بستن طناب به یک خرپا
- قرار می گیرد.
۸. دو کاربر گازدهی در بالای محفظه / پشته از نردبان پایین آمده و به همراه همکارانشان اکنون منطقه خطر را ترک می کنند. آنها اکنون وسایل حفاظت تنفسی خود را خارج می کنند.
۹. آنها باید وسایل حفاظتی خود را تنها در خارج از محل در معرض خطر خارج نمایند.
۱۰. در مورد محفظه های گازدهی بزرگ (که بیش از یک روکش استفاده می شود)، این روند ممکن است با تکرار در فواصل زمانی برای افزایش هوادهی توسط لوله نمودن روکش و جداسازی اتصالات انجام شود.
۱۱. استفاده از فن برای سرعت بخشی به روند تهویه توصیه می شود. با وجود این غلظت گاز سمی باید قبل از ایمن اعلام نمودن منطقه و حمل کالاها اندازه گیری شود.
- برای به حداقل رساندن در معرض قرار گرفتن کارگران با گاز سمی، روند هوادهی در پایان روز کاری باید آغاز و طی شب ادامه یابد (در صورت امکان).
- برای تهویه طبیعی بیش از ۶۰ ساعت برای هوادهی متیل بروماید در کانتینرهای حاوی بار زیر ۴۰ فوتی زمان نیاز است.
۱۲. تصمیم بر اعلام ایمنی یک منطقه در معرض خطر توسط سرپرست عملیات گازدهی صورت می گیرد که هوای محل کار را با وسایل دقیق تست نموده و اطمینان حاصل می کند که غلظت گاز سمی زیر TLV است.
- در مورد فسفین، عدم وجود بو نمی تواند به معنای حضور گاز سمی باشد
۱۳. زمانی که سطوح ایمن فرا رسید، سرپرست عملیات گازدهی می تواند گواهی ترخیص برای انباردار صادر کند که در این زمان محیط برای ورود و حمل کالا ایمن می باشد.
۱۴. پس از آن که منطقه در معرض خطر ایمن اعلام شد، سرپرست عملیات گازدهی باید:
- اطمینان حاصل کند که علائم هشدار دهنده برداشته شده اند
 - کلیدهای محل عملیات را به صاحب آن برگرداند
 - به کارشناس مسئول قرنطینه و ضدعفونی پایان عملیات را اعلام کند.
۱۵. کالاهای گازدهی شده پس از پایان هوادهی ایمن هستند اما باید قبل از آن گواهی صادر شود.
۱۶. در مواردی که مقررات و دستورالعمل ها نیاز به دوره ممنوعیت حمل پس از هوادهی را عنوان نموده اند، این امر باید رعایت شود.
- در صورتی که این دوره توصیه نشده است، کالاهای مصرفی انسان یا خوراک دام نباید قبل از ۴۸ ساعت پس از اتمام تهویه استفاده شوند.

هوادهی محموله های گازدهی شده:

مواد غذایی و غذای حیوانات:

تحمل باقیمانده های فسفین برای خوراک دام 0.1 ppm و 0.1 ppm برای غذاهای فرآوری شده تدوین شده است. برپا تضمین رعایت این تحمل، لازم است حداقل ۴۸ ساعت قبل از ارسال آنها برای مصرف کننده نهایی، این کالاها هوادهی شوند.

کالاها ی غیر غذایی:

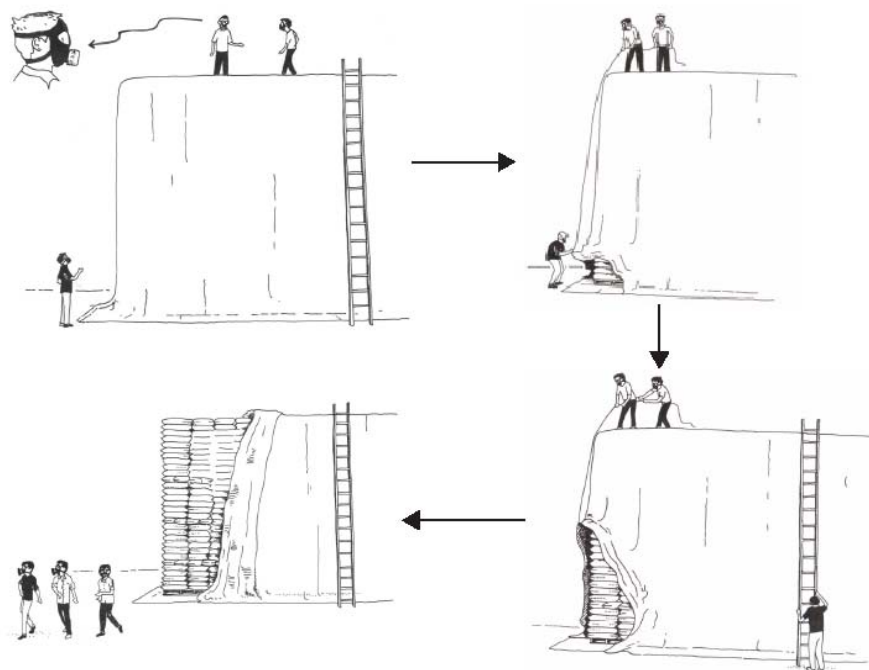
هوادهی کالاها ی غیر غذایی تا 0.3 ppm یا کمتر غلظت فسفین الزامی است. باید اطمینان حاصل شود که تهویه کالاها ی بسته بندی شده رعایت گردد.

تنباکو:

هوادهی تنباکو حداقل برای سه روز (۷۲ ساعت) در صورت گازدهی زیر پوشش و حداقل دو روز (۴۸ ساعت) در صورت گازدهی در کانتینرها و تا زمان رسیدن غلظت به حد 0.3 ppm می باشد. هنگامی که از لایه ها و پوشش های پلاستیکی استفاده می شود، احتمالاً هوادهی برای رسیدن به غلظت فوق زمان طولانی تر نیاز خواهد بود.

آزاد سازی گاز سمی از وسایل گازدهی:

توصیه می شود تا همه روکش های گازدهی حداقل برای دو ساعت قبل از تا نمودن و بسته بندی و استفاده مجدد، هوادهی شوند.



امحای بقایای فسفید آلومینیوم:

در پایان گازدهی، پس از آن که منطقه و محفظه ضدعفونی ایمن تشخیص داده شد، تمام فرمولاسیون های تولید کننده فسفین (قرص، ساچه و غیره) مورد استفاده باید جمع آوری و به روشی ایمن امحاء گردند. این امر به این دلیل انجام می شود که فسفید آلومینیوم به صورت پودر (بقایا) پس از گازدهی باقی می ماند. با وجود این این بقایا هنوز دارای ۵ - ۳ درصد فسفید آلومینیوم هستند که از نظر ایمنی و سلامتی خطرناک هستند. هنگام کار با این بقایا باید مواظب بود زیرا:

- از تنفس این بقایای پودری خودداری نمود.
- از تماس چشم و پوست نیز با این بقایا خودداری نمود.
- برای انجام این کار، کاربر گازدهی باید ماسک و فیلتری مخصوص استفاده نموده و اقدامات ذکر شده در زیر را انجام دهد:
- باقی مانده ها را درون یک سطل یا بشکه جمع آوری کند، و مراقب باشد که کالای ضدعفونی شده آلوده نشود.
- باقیمانده ها را به خارج از محل و به یک منطقه امن ببرد.
- بقایا را به آرامی به یک سطل یا بشکه حاوی آب صابون اضافه کند (برای این منظور از مواد شوینده مایع یا پودر لباسشویی استفاده شود).
- مایع را باید به آرامی هم بزنید تا کاملاً پودر درون آب مخلوط شود. در طی این فرآیند، کاربر باید دور از بشکه و سطل بایستد تا در معرض هر گونه گاز فسفینی که ممکن است رها شود نباشد.
- پس از اتمام هر واکنشی که ممکن است اتفاقی افتد، این مخلوط را باید در سوراخی با عمق ۵/۰ متر حفر شده در زمین ریخته شود.

شکست عملیات گازدهی:

در صورت شکست عملیات گازدهی، باید تلاش داشت تا دلایل شکست مشخص گردد. وجود یک محفظه گازدهی دارای نشت در اکثر موارد دلیل شکست است. قبل از گازدهی مجدد با فسفین، این مسئله یا سایر موارد باید اصلاح شوند. شاید هم لازم است تا از سایر جایگزین ها استفاده نمود.

میزان دوز بالاتر فسفین نمی تواند آب بندی ضعیف محفظه را جبران کند.

برخی از دلایل عدم موفقیت در گازدهی با فسفین

۱. پارگی و سوراخ بودن روکش گازدهی ترمیم نشده که اجازه نشت گاز را می دهد.
۲. روکش گازدهی به درستی در کف محفظه آب بندی نشده و اجازه نشت گاز را می دهند.
۳. محفظه در اطراف ستونها یا تکیه گاه های سقف ساخته شده است که اجازه نشت گاز را می دهد.

۴. کف محفظه ضدگاز نبوده و اجازه نشت گاز را می دهد.
۵. کف محفظه خشن یا ناهموار است و اجازه آب بندی را نمی دهد.
۶. روکش گازدهی به درستی در سطح کف یا در گوشه های محفظه تا نشده و اجازه نشت گاز را می دهد.
۷. روکش های گازدهی برای آب بندی ضدگاز به خوبی به هم متصل نشده اند.
۸. فضای کافی بین پشته و دیواره انبار وجود ندارد و از آب بندی مناسب محفظه جلوگیری می شود و باعث می شود گاز نشت کند.
۹. در کف بتونی محفظه زیر پشته بخش هایی وجود داشته است که اجازه نشت گاز را می دهد.
۱۰. دوز مناسب انتخاب نشده است:
- میزانی نادرست از گاز بکار رفته و یا حجم محفظه اشتباه محاسبه شده است.
- زمان در معرض گاز به اندازه کافی برای کشتن تمام مراحل زندگی حشرات کافی نبوده است. در دمای زیر ۲۵ درجه سانتیگراد برخی گونه های حشرات و کنه ها به زمان طولانی تر از ۱۰ روز در معرض قرار گرفتن و کشتن تمام مراحل زندگی نیاز دارند.
۱۱. کیسه های سنی سبک استفاده شده به جای کیسه های سنگین که اجازه نشت گاز را می دهد.
۱۲. کیسه های شن و ماسه به جای دو ردیف همپوشانی در یک ردیف قرار داده شده اند و اجازه می دهد گاز به بیرون نشت کند.
۱۳. آشکارسازهای نشتی و / یا ابزارهای ردیاب گاز طی دوره در معرض مورد استفاده قرار نگرفته اند و به این ترتیب نشت گاز مشخص نشده است.
۱۴. گازدهی در دمای کمتر از ۱۵ درجه سانتی گراد انجام شده است.
۱۵. گازدهی در شرایط بادی انجام شده است.
۱۶. محصول پس از گازدهی، از منبع آلوده دیگر در داخل انبار مجدداً آلوده شده است.

ملاحظات امنیتی و اقدامات احتیاطی:

مقررات ایمنی کاربران عملیات گازدهی

- گازدهی روندی است که نیاز به توجهات کارشناسانه دارد و بدون امکانات و فراهم سازی مقدمات شدنی نمی باشد. مدیریت و فهم کاربران عملیات گازدهی و اطمینان از طراحی مناسب قبل از گازدهی اهمیت بسیار دارد.
۱. آیا شما اجازه گازدهی با فسفین را دارید؟
 - آیا شما برای ضدعفونی با فسفین آموزش های لازم را دیده اید؟
 - آیا شما تجربه کافی برای انجام گازدهی بدون سرپرست را دارید؟

۲. تمام قوانین و مقررات ملی و بین المللی هنگام ضدعفونی با فسفین باید بکار گرفته شود. اطمینان حاصل کنید که همه این مقررات را فهمیده اید.

۳. آیا شما دامنه دوز برای ضدعفونی با فسفین توصیه شده برای محموله های خاص را می دانید؟

۴. آیا شما علائم مسمومیت با فسفین را می دانید؟

۵. تمام امکانات را قبل از ضدعفونی با گازهای سمی آماده سازید. اطمینان حاصل کنید که همه شرایط برای کار مناسب است.

- تمام روکش های ضدگاز را در محیط باز و روشن بررسی کنید و در صورت لزوم آنها را رفو نمایید تا نشت گاز کاملاً رفع گردد.

- اطمینان حاصل کنید که فرمولاسیون های تولید کننده فسفین به حد کافی برای ضدعفونی دارید.

- اطمینان حاصل کنید که کیسه های شن در حد کافی برای کار دارید. این کیسه ها باید دورتا دور محفظه گازدهی را برای دو ردیف پوشش دهند.

- اطمینان حاصل کنید که وسایل و ادوات لازم شامل انواع ابزارآلات را دارید.

۶. محل گازدهی را بازدید کنید

- آیا در مقابل بادهای شدید مقاومت دارد؟ در غیر این صورت آیا قابلیت انتقال و بازسازی دارد؟

- آیا محموله روی کف ضدگاز قرار دارد؟

- آیا اطمینان حاصل کرده اید که هیچ منفذی زیر پشته محموله وجود ندارد؟

- آیا محفظه گازدهی به خوبی آب بندی شده است؟

- آیا پشته محموله اطراف ستون ها ایجاد شده اند؟ در این صورت آن را اصلاح کنید.

- آیا فضای کافی بین پشته و دیوار وجود دارد؟

- آیا فضا برای پایین رفتن گاز وجود دارد؟

- خانه ها و اماکن اطراف منطقه گازدهی را بازدید کنید و از ایمنی مردمی که آنجا کار یا زندگی می کنند اطمینان حاصل کنید.

- هر کالایی که ممکن است توسط گازهای سمی آسیب ببیند را مشخص نموده و اطمینان حاصل کنید که آنها قبل از گازدهی خارج شده اند.

۷. آیا امکان گازدهی وجود دارد؟

- آیا زمان کافی برای انجام ضدعفونی با هر یک از گازهای سمی وجود دارد؟

- آیا گازدهی زمانی انجام می شود که کارگران حضور ندارند؟

- آیا تهویه زمانی انجام می شود که کارگران حضور ندارند؟

- آیا امکان مسدود کردن منطقه گازدهی وجود دارد؟
 - آیا امکان هوادهی ایمن محفظه گازدهی در پایان دوره در معرض وجود دارد؟
 - آیا دسترسی به برق برای روشن نمودن فن ها جهت تهویه وجود دارد؟ در غیر این صورت ژنراتور تامین کنید.
۸. اقدامات اضطراری:
- تمام راه های ایمن برای خروج از منطقه گازدهی را مشخص کنید.
 - درب های اضطراری و شیرها و مخازن آب را بررسی و مشخص کنید
 - نزدیکترین تلفن، بیمارستان، دکتر و آشنشانی را پیدا کنید.
 - سریعترین راه رسیدن به نزدیکترین بیمارستان را پیدا کنید.
 - اطمینان حاصل کنید که دو فرد آموزش دیده زمان گازدهی حضور دارند.
۹. یک طرح گازدهی آماده کنید:
- به تمام کارشناسان و کارگران در مورد ضدعفونی بگویید:
- روش گازدهی
 - روش خروج ایمن از منطقه گازدهی در مواقع اضطراری
 - در صورت تنفس در محیط آلوده چکار باید کرد؟
 - در صورت تماس با فرمولاسیون های تولید کننده فسفین چکار باید کرد؟
 - چه کسی غلظت گاز را ردیابی می کند؟
- به تمام افراد کاربر گازدهی باید اطراف منطقه گازدهی نشان داده شود و در صورتی که محل نامناسب است، آن را تغییر دهید.
۱۰. اطمینان حاصل کنید که تمام کاربران عملیات گازدهی :
- اقدامات ایمنی اولیه در رابطه با آسیب دیده ها را می دانند
 - با وسایل احتیاطی و حفاظتی تجهیز و روش کار با آنها را می دانند.
 - زمان ضدعفونی با فسفین پوشیدن دستکش زمانی که ظروف فرمولاسیون های تولید کننده فسفین را باز می کنند و آن با دست جابجا می کنند، الزامی است.
۱۱. از نزدیکترین دکتر قبل از آغاز گازدهی اطلاع حاصل کنید که اقدامات اولیه برای درمان آسیب دیدگی با فسفین را بداند.
۱۲. در صورت نیاز، سرپرست گازدهی باید اطمینان حاصل کند که تمام مقررات و قوانین اجرا گردیده است.
۱۳. شرایط آب و هوایی را قبل از گازدهی بررسی کنید.
- در صورت امکان خسارت باد به تجهیزات، گازدهی را تا زمانی که ایمنی حاصل شود به تاخیر بیندازید

۱۴. کاربران عملیات گازدهی نباید الکل مصرف نمایند
۱۵. علائم هشدار دهنده:
 - همیشه علائم هشدار دهنده (به زبان محلی) اطراف منطقه گازدهی قبل از شروع گازدهی نصب شوند. این علائم باید حاوی شماره تلفن های اضطراری باشند.
 - این علائم باید در محلی نصب شوند که به آسانی قابل دیدن باشند.
 - در صورت نیاز باید از نگهبان استفاده نمود.
۱۶. ردیابی:
 - همیشه از وسایل و امکانات کشف نشتی گاز استفاده کنید که بدانید محل ایمن است یا نه؟ آب بندی بودن محفظه گازدهی را نیز بررسی کنید.
۱۷. خوردن، آشامیدن و استعمال دخانیات هنگام ضدعفونی ممنوع است.
۱۸. بسته های (ظروف و کیسه ها) محتوی محصولات تولید کننده فسفین باید همیشه در هوای محیط بیرون باز شوند. برای پرهیز از استنشاق گاز، کاربر باید اطمینان حاصل کند که این بسته ها دور از صورت آنها باز می شود.
۱۹. برای پرهیز از اشتعال خودبخودی محصولات تولید کننده فسفین (انواع قرص، ساچه و کیسه و غیره...)
 - این محصولات را در غلات نمدار استفاده نکنید.
 - محصولات تولید کننده فسفین در سطوح خیس یا سطوحی که بعداً خیس می شوند قرار نگیرند.
 - قرص های گرد و تخت را روی هم پشته نکنید.
۲۰. نشت:
 - همیشه از وسایل کشف نشت برای بررسی ایمنی محل و آب بندی محفظه گازدهی استفاده کنید.
۲۱. تماس و در معرض گازهای سمی هرچند برای زمان اندک خطرناک است. همیشه راه های کاهش در معرض گازهای سمی بودن را بیابید.
۲۲. اگر فردی طی گازدهی مریض شد و علائمی شبیه مسمومیت با گازهای سمی را نشان داد، فوراً او را به پزشک رسانیده و اجازه دهید دکتر در مورد دلیل بیماری او تصمیم بگیرد.
۲۳. لباس ها:
 - پس از گازدهی، کاربران عملیات گازدهی باید بلافاصله لباس های خود را تعویض و آنها را به خوبی با آب فراوان بشویند.
 - لباس های کاربران عملیات گازدهی باید جداگانه (به خصوص جدای از لباس بچه ها) شسته شود.
۲۴. هوادهی
 - هوادهی باید در مراحل مختلف انجام شود تا از رهاسازی میزان زیادی گاز به یکباره جلوگیری شود.

- برای ضد عفونی با متیل پروماید، دفع و حذف گاز جذب شده ممکن است تا ۲۴ ساعت طول بکشد و محفظه گازدهی باید طی این مدت تحت نظارت و تهویه قرار گیرد. منطقه در معرض خطر باید بررسی مجدد شده تا از ایمنی منطقه اطمینان حاصل شود.

۲۵. دفع بقایا:

- باید توجه داشت که بقایای ناشی از محصولات تولید کننده فسفین هنوز دارای ۵ - ۳ درصد گاز فسفین هستند.
- بقایای محصولات تولید کننده فسفین باید طبق مقررات و دستورالعمل ها دفع شوند.
- این بقایا را در فاضلاب های شهری و چاه توالی نریزید.
- ظروف خالی محصولات تولید کننده فسفین باید به نحوی معدوم شوند که دوباره قابلیت مصرف نداشته باشند. این امر باید طبق مقررات و یا براساس دستورالعمل ها صورت گیرد.

۲۶. ترخیص:

- ترخیص محموله مورد گازدهی باید پس از هوادهی و ردیابی و زمانی که ایمن باشد و سطح گاز موجود کمتر از TLV است، انجام شود.

۲۷. سرپرست گازدهی باید اطمینان حاصل کند که تمام قوانین و مقررات مرتبط با عملیات گازدهی رعایت شده است.

۲۸. علائم هشدار دهنده:

- پس از ترخیص محموله در پایان دوره هوادهی، علائم ایمنی و هشدار دهنده باید جمع آوری شوند.
 - اگر علائم هشدار دهنده جمع نشوند، مردم آنها را طی گازدهی دوباره و بعدی نادیده می گیرند.
۲۹. هرگز گازهای سمی و فرمولاسیون های تولید گاز فسفین را به افراد آموزش ندیده نفروشید و یا ندهید.

وسایل حفاظت شخصی برای استفاده حین گازدهی

کاربران عملیات گازدهی باید همیشه مقررات و قوانین ملی مرتبط با سلامت و ایمنی را مراعات نموده و به برخی از آنها در بخش های زیر می پردازیم.

حفاظت تنفسی:

محافظت شخصی:

استنشاق فسفین ممکن است باعث تحریک شدید ریوی شود که منجر به ورم حاد ریوی، اختلال عملکرد قلبی عروقی، تحریک سیستم عصبی مرکزی، اغما و مرگ شود. اختلالات دستگاه گوارش، آسیب کلیوی و لوکوپنی نیز ممکن است رخ دهد. قرار گرفتن در معرض ۱۴۰۰ میلی گرم در متر مکعب (ppm) به مدت ۳۰ دقیقه ممکن است کشنده باشد. حفاظت تنفسی زمانی لازم است که سطح غلظت فسفین مشخص نبوده و یا از سطح مجاز بالاتر باشد.

کاربران عملیات گازدهی و سایر پرسنل عملیات در معرض خطر وجود مقادیر بالایی از گاز سمی بروماید باید حتماً از ماسک های ضدگاز کل صورت همراه فیلترهای مخصوص استفاده کنند. حفاظت تنفسی تا زمانی که ردیاب ها کاهش غلظت گاز و ایمن بودن محل را نشان ندهند، باید استفاده گردد.

فیلتر همیشه باید قبل از پایان یافتن مهلت آن و یا فرارسیدن زمان توصیه شده تعویض گردد. زمان انقضای یک فیلتر بایستی روی فیلتر به صورت برجسب یا چاپ درج شده باشد. فیلتر بایستی در جای خنک، خشک و دارای تهویه خوب و دور از آلودگی توسط گازهای سمی نگهداری شود. ملاحظات نیز وجود دارد:

- زمانی که فیلتر به ماسک متصل شد بایستی درپوش آن برداشته شود و تاریخ آن ثبت شود. بهترین راه یادداشت زمان روی یک برجسب و نصب آن روی فیلتر است و طبق جدول زیر برجسب فرم بندی شود.

زمان درج شده روی ماسک ۹۸/۷/۱۲	زمان موجود (در ابتدا ۱۲۰ دقیقه)	
	زمان استفاده	تاریخ استفاده

- قبل از استفاده از ماسک، درپوش را برداشته و زمان و تاریخ استفاده را در جدول درج نمایید و بسته به انقضاء و زمان توصیه شده از فیلتر استفاده کنید.

زمان درج شده روی ماسک ۹۸/۷/۱۲	زمان موجود (در ابتدا ۱۲۰ دقیقه)	
	زمان استفاده	تاریخ استفاده
۹۸/۷/۱۲	۳۰ دقیقه	۹۰
۹۸/۷/۱۳	۴۵ دقیقه	۴۵
۹۸/۷/۱۶	۴۰ دقیقه	۵

- پس از هر گازدهی (۱) در معرض غلظت های کم گاز قرار گرفتن برای طولانی مدت یا (۲) قرار گرفتن اتفاقی در معرض غلظت های زیاد گاز، بلافاصله فیلتر را دور بریزید. در تخمین زمان قرار گرفتن در معرض ایمن، حاشیه امنیتی را در نظر بگیرید، زیرا فیلترها نسبت به سلامتی فرد ارزش کمی دارند. اگر در مورد انقضای فیلتر شک و تردید وجود دارد، آن را دور بیندازید.
- فیلترها باید پس از اتمام عملیات دوباره به خوبی درپوش گذاری و آب بندی شوند. هنگامی که فیلترها دور ریخته می شوند، باید با آسیب رساندن به بخش ورودی هوای فیلتر، آنها را غیر قابل استفاده نمود و به گونه ای دفع شوند که احتمال برداشتن و استفاده مجدد آنها امکان پذیر نباشد.
- فیلترهایی که نشانه ای از آسیب خارجی را نشان می دهند بی ارزش تلقی شده و باید دور ریخته شوند. ضربه شدید به پوشش فلزی ممکن است باعث جابجایی محتویات شود و امکان عبور هوای آلوده به داخل ماسک امکان پذیر شود.

- غوطه وری فیلتر آن را غیر قابل مصرف می کند. برای جلوگیری از ورود آب به فیلتر از طریق صورت، همیشه هنگام تمیز کردن یا شستن صورت و ماسک، فیلتر را را بردارید.
- افرادی که از ماسک های تمام صورت طی گازدهی استفاده می کنند باید اطمینان حاصل کنند که تا حد امکان بیشترین آب بندی ماسک با صورت وجود داشته باشد.
- افرادی که برای کار بایستی از عینک طبی استفاده کنند، لازم است تا عینک های خاص تهیه نمایند.
- برای عملیات گازدهی استفاده از لباس مخصوص ضدگاز و دستکش و ماسک تمام صورت مجهز به فیلتر B2P3 برای گاز فسین ضروری است. البته باید در انتخاب ماسک و فیلتر از نظر زمان و مهلت استفاده باید دقت کافی منظور گردد.



فیلتر B2P3

غلظت گاز مجاز برای ابزارهای حفاظت تنفسی: غلظتی از گاز که ماسک و فیلترهای خاص گاز فسفین می توانند بدون آسیب به فرد، او را ایمن نمایند روی برچسب و کاتالوگ هر فیلتر مشخص شده است.

محافظت از پوست

پوشیدن دستکش های خشک کتانی و امثال آن در صورت تماس با قرص های فستوکسین و بقایای آن الزامی است. دستکش ها باید طی مصرف خشک باقی بمانند. دست ها را پس از حمل و تماس با فسفید آلومینیوم و بقایای آن به خوبی بشوید. لباس یک تکه (سر تا پا) پنبه ای که بازوها را کامل بپوشاند باید توسط تمام افراد درگیر گازدهی با متیل پروماید پوشیده شود. دستکش ها و لباس های مصرفی را پس از اتمام کار به خوبی هوادهی نموده و سپس آنها را دور انداخته یا به خوبی بشوید.

کفش سبک بهتر از چکمه باشد. هر نوع لباس محافظتی، از جمله کفش در معرض گازدهی باید بلافاصله پس از هوادهی در مکانی امن و با تهویه مناسب نگهداری و به روش مناسب آلودگی زدایی گردند.



منطقه خطر (در معرض بودن):

زمانی که گازدهی انجام می شود، یک منطقه اطراف محفظه گازدهی که گاز ممکن است از آنجا فرار نماید:

- برای افرادی که گازدهی می کنند ممکن است خطرناک باشد.
- برای افرادی که در ماطق اطراف محل گازدهی زندگی یا کار می کنند ممکن است خطرناک باشد.
- برای محیط زیست ممکن است خطرناک باشد.

این منطقه منطقه خطر نامیده می شود و لازم است تا اطمینان حاصل شود که افراد غیر مرتبط با گازدهی طی عملیات به آن محدوده وارد نشوند. این امر با نصب اعلامیه و مرزبندی منطقه خطر انجام می شود.

- منطقه خطر شامل محدوده ای است که حداقل ۶ متر از محفظه گازدهی فاصله داشته باشد.

نشانه گذاری منطقه خطر:

اعلان های خطاری باید اطراف محدوده منطقه گازدهی نصب شوند. این اعلانات باید مشخص کننده:

- نام گاز سمی بکار رفته (فسفین یا متیل پروماید)
- نام و آدرس کاربر و سرپرست عملیات
- شماره تلفن های اضطراری (شماره کاربر، بیمارستان، آتش نشانی و پلیس)

افراد نباید بدون اجازه مسئول عملیات وارد منطقه خطر گردند.

توجه کافی باید به ساختمان ها و یا اتاق هایی که دارای دیوار مشترکی با محفظه گازدهی دارند، صورت گیرد. نشت گاز به چنین مکان هایی می تواند اتفاق افتد و به همین دلیل آنها نیز باید در منطقه خطر قرار گیرند.

در صورت لزوم، سرپرست گازدهی باید کلید کلیه درها را در قسمتهای گازدهی و خطر داشته باشد. سرپرست گازدهی باید بلافاصله قبل از گاز دهی محفظه، سریعاً علائم هشدار دهنده را به تمام درها و راه های ارتباطی با محل گازدهی نصب نماید.

اخطارها باید تهیه و متن آن مطابق مقررات حفظ نباتات باشد. همچنین این اخطارها باید حاوی یک سمبل هشدار دهنده متناسب با فرهنگ کشور (مجمعه) باشد.

اعلان ها باید دارای پس زمینه سفید باشند و نوشته روی آنها باید با حروف بزرگ و بیشتر از ۱۰ سانتی متر ارتفاع ، به رنگی که از پس زمینه کاملاً تمیز داده شود، باشد.

همه اخطارهای هشدار دهنده باید به طور مناسب در شب روشن شوند.

هر جایی ممکن باشد، باید تمهیداتی برای قفل نمودن کلیه دسترسی ها به منطقه خطر انجام شود.

دو ناظر باید در مرحله آغاز عملیات گازدهی حضور داشته باشند و باید در خارج از محفظه گازدهی طی کل دوره گازدهی و هوادهی حضور داشته باشند تا اطمینان حاصل کنند که هیچ فرد غیر مجازی وارد محل در معرض خطر نگردد. در یک عملیات خوب گازدهی، اعلان های هشدار دهنده مناسب و مرزبندی ها باید برای به حداکثر رساندن آگاهی های عمومی و ایمنی و سلامت عمومی نصب گردد.

حمل و نگهداری فرمولاسیون های فسفین:

ظروف حاوی فرمولاسیون های فسفید آلومینیوم یا منیزیم دارای برچسب هایی هستند که اطلاعات مهمی در مورد نحوه استفاده، خطرات و اقدامات احتیاطی ارائه می دهند. دستورالعمل های موجود در برچسب ها را باید در حین ضدعفونی رعایت نمود. ظروف محتوی باید در هوای آزاد باز شوند که گازهای آزاد شده به راحتی بتوانند پخش شوند. احتیاط: در اتمسفرهایی که امکان انفجار وجود دارد نباید ظروف را باز نمود. فرمولاسیون باید از مایع یا آب دور نگه داشته شوند زیرا باعث آزاد شدن فوری گاز و احتراق احتمالی خود به خود آن ها می شود. همچنین جمع شدن فرمولاسیون یا گرد باقیمانده ممکن است باعث افزایش دما شود و منجر به ایجاد جرقه و آتش سوزی شود. شخصی که فرمولاسیون فسفین را را حمل و آن را باز و بکار می برد باید دستکش به دست داشته باشد و از سیگار کشیدن یا خوردن غذا تا هنگام شستشوی دست ها خودداری کند. ظروف دارای درپوش های پیچ از مواد ضدگاز ساخته شده اند و ممکن است در صورت استفاده از بخشی از محتویات ، بتوان آن را دوباره مسدود نمود. هنگامی که ظروف خالی می شوند، باید آنها را با آب شست و شو داد تا هرگونه ترکیب داخل آنها از بین برود و سپس آنها را در محلی مناسب دفن یا از بین برد.



دفع مواد باقیمانده فرمولاسیون های فسفین:

پس از ضدعفونی، هر ماده باقیمانده از واکنش فرمولاسیون باید به روش مناسب دفع شود. دفع به صورت دفن یا به آرامی اضافه نمودن گرد و غبار باقیمانده به یک ظرف آب (همراه ماده شستشو به عنوان مرطوب کننده) و ریختن پودر به درون آب و ایجاد حباب و خروج هوا (در حقیقت گاز) از آب ادامه می یابد.

در صورت استفاده از بسته های آماده، تمام نوار باید در مخلوط آب و شوینده غوطه ور شود و اجازه داده شود ۳۶ ساعت قبل از دفع خوب خیس بخورد. برای ایمنی بیشتر، دفع باید در هوای آزاد انجام شود، جایی که فسفین تولید شده بتواند به سرعت پراکنده شود.

پلیت و یا نوارهای بسته بندی شده ممکن است در کیسه های بسته شده نگهداری و سپس در فضای آزاد در فواصل ماهانه دفع شوند.

در عملیات ضدعفونی محصولات خام کشاورزی مانند گندم و یا مواد غذایی حیوانات از جمله مواد تعلیف دام، هیچ روند حذف بقایا لازم نمی باشد زیرا هر یک از فرمولاسیون های فسفین که باقی می ماند، به آسانی تجزیه شده و طی گرد گیری محصول هنگام تهیه آرد و محصولات خوراکی دیگر از بین می روند. البته این امر به شرطی است که شستشو به خوبی انجام شود.

نکات ایمنی و فنی:

واکنش با فلزات:

فسفین عملاً در آب و روغن های ضد چربی غیر قابل حل است و در دماهای طبیعی ضدعفونی پایدار است به طوری که با اکثر کالاهای ضدعفونی شده هیچ واکنش قابل توجهی ندارد با این وجود ممکن است فسفین با برخی از فلزات، به ویژه مس، ترکیبات مس، نقره و طلا واکنش نشان دهد و باعث خوردگی آنها شود. این واکنش در حضور آمونیاک تقویت می شود که در هنگام تجزیه برخی فرمولاسیون های اختصاصی تولید می شود. به نظر می رسد رطوبت و درجه حرارت بالا به نفع واکنش است به خصوص در هوای مرطوب و نمک دار ساحلی واکنش شدیدتر است.

در نتیجه این واکنش، هرگونه تجهیزات حاوی مس به ویژه دستگاه های برقی ممکن است به شدت آسیب ببینند. در هنگام ضدعفونی ساختمانها با فسفین باید به موتورهای برقی، سیم کشی برقی، سوئیچ ها، سیستم های اعلام حریق، سیستم های الکترونیکی یا سایر قطعات تجهیزات حاوی مس توجه ویژه ای شود.

اگر نتوان وسایلی که در معرض خسارت قرار دارند از منطقه مورد نظر خارج نمود، پوشاندن آنها با یک لایه نازک پارافین، اسپری کردن با روغن روان کننده سبک یا استفاده از تکنیک هایی که باعث حفظ غلظت فسفین و رطوبت می شوند، محافظت صورت می گیرد.

مسمومیت و درمان:

خطرات زیستی:

فسفین برای انسان و سایر موجودات خونگرم به شدت سمی است و لذا اقدامات ایمنی برای کاربران الزامی است. فسفین در کلاس D ایمنی است، زیرا ۲۰ تا ۵۰ درصد افراد مورد بررسی می توانند بوی مقدار حد آستانه (TLV) ۰/۴۲ میلی گرم بر متر مکعب آن را تشخیص دهند. با این حال، بوی فسفین را نمی توان به عنوان هشدار غلظت سم مورد اعتماد قرار داد.

قرص های فسفید آلومینیوم به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرند و ممکن است در بعضی مواقع به صورت تصادفی یا عمدی منجر به مرگ شوند. بلع، تنها مسیر بسیار سمی، تقریباً همیشه با قصد خودکشی بوده و علائم آن حاد است.

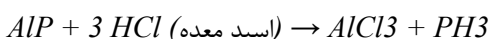
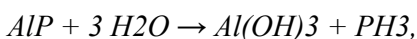
قرار گرفتن در معرض سم در جمعیت عمومی ناچیز است. بسیاری از موارد مسمومیت حاد فسفین به دلیل قرار گرفتن شغلی در معرض این گاز است.

فستوکسین که در ایران به نام قرص برنج فروخته می شود به دلیل داشتن ترکیب خطرناکی از فسفیدها در صورت مصرف خوراکی یا بوییدن، توسط انسان موجب ایجاد عوارض حاد گوناگون و در نهایت مرگ سریع و زجرآور می شود. به همین دلیل امروزه یکی از عوامل خودکشی خوردن این قرص است. این قرص طی سه تا چهار ساعت سیستم تنفسی و قلب را دچار مشکل می کند و فرد در اثر

مرگی دردناک و زجرآور خواهد مرد. بر اساس آمارهای گزارش شده از پزشک قانونی تهران در سال ۱۳۹۲، ۶۶۱ نفر بر اثر مسمومیت با قرص برنج جان خود را از دست داده‌اند.

قرص برنج در دنیا به نام های تجاری *Celphos* و *Quick Phos* نیز نامیده می شود بعد از بلع در تماس با رطوبت دستگاه گوارش و حتی در تماس با رطوبت اتمسفر، گاز خطرناک فسفین (PH_3) آزاد می نماید. حداکثر تحمل انسان ۱۹۰ - ۱۰۰ ppm در یک ساعت است. ۲۰۰۰ ppm آن در ظرف چند دقیقه منجر به مرگ می شود. اخیراً مصرف این قرص در جوانان بقصد خودکشی شایع شده است.

در صورتی که فرد قرص های فستوکسین را بخورد یا بوی آن را استشمام کند دچار مسمومیت خواهد شد که در صورتی که سم از بدن وی خارج نشود مرگ در پی خواهد داشت. خاصیت سمی آلومینیوم فسفید به خاطر گاز فسفین (دارای ویژگی سیتوتوکسیتی) است که باعث ایجاد رادیکال آزاد می شود که از فعالیت آنزیم های سلول های حیاتی جلوگیری و بافت ها را نابود می کند. واکنش آلومینیوم فسفید با آب بدن یا اسید معده باعث ایجاد گاز فسفین می شود:



فسفین گازی بسیار سمی است و از قرار گرفتن در معرض آن حتی در غلظت های پایین و زمان اندک نیز باید جلوگیری کرد. مسمومیت و مرگ نتیجه استنشاق این گاز است. قرار گرفتن در معرض برای زمان کوتاه در غلظت ۲/۸ میلی گرم در لیتر یا ۲/۸ گرم در متر مکعب (تقریباً ۲۰۰۰ ppm) برای انسان کشنده است. هنگام گازدهی با فسفین غلظت ۲۰۰ ppm پس از چند دقیقه کشنده است. غلظت ۵۰۰ ppm پس از ۴۵ دقیقه در فضای انبار کشنده خواهد بود.

بیشترین حد باقیمانده (*MRL*) برای فسفین در غلات (شامل بقایا به صورت فسفید آلومینیوم تصعید نشده) در برخی کشورها به شرح زیر است:

- غلات فرآوری نشده: ۱ ppm یا یک میلی گرم بر کیلوگرم
 - برای غلات فرآوری شده: ۰/۱ ppm یا ۰/۱ میلی گرم بر کیلوگرم
- استنشاق این گاز ممکن است علائمی از جمله تهوع، اسهال، سردرد و درد قفسه سینه ایجاد کند. این گاز از طریق پوست جذب نمی شود.

مسمومیت با فسفین:

فسفید آلومینیوم با رطوبت هوا، آب، اسیدها و مایعات زیادی برای آزاد کردن گاز فسفین واکنش نشان می دهند. علائم مسمومیت با فسفین شامل موارد زیر می باشد:

- حالت تهوع
- استفراغ
- اسهال
- درد قفسه سینه
- سردرد
- درد معده

قرار گرفتن در معرض میزان اندک در اثر استنشاق:

- ضعف
- زنگ در گوش
- خستگی
- حالت تهوع
- فشار در قفسه سینه، که هوای آزاد تسکین می یابد.

مسمومیت متوسط:

- ضعف
- استفراغ
- درد قفسه سینه
- اسهال
- تنگی نفس.

مسمومیت شدید ممکن است طی چند ساعت تا چند روز اتفاق بیفتد و منجر به ادم ریوی و عوارض زیر می شود:

- سرگیجه
- سیانوز
- بیهوشی
- مرگ

تشخیص مسمومیت با فسفین آسان است اما تظاهرات بالینی فسفین و فسفیدها ممکن است مشابه سایر مواد شیمیایی سمی مانند سولفید آرسنیک و اکسید کلسیم باشد. در یک آزمایش کاغذ آغشته به نیترات نقره برای بررسی تنفس و مایع معده بیماران در معرض فسفین / فسفید استفاده می شود. نیترات نقره و فسفین / فسفیدها واکنش نشان داده و فسفید نقره تشکیل می شود که تشخیص را تأیید می کند. در بررسی های آزمایشگاهی مانند شمارش سلل های خون، هموگلوبین، هماتوکریت، آنالیزهای مربوط به

گاز ها خون شریانی، آزمایش عملکرد کلیه و کبد و نظارت و بررسیهای قلبی ریوی (ECG) و تصویربرداری با اشعه ایکس از قفسه سینه) برای ارزیابی اثرات مسمومیت فسفین/ فسفید روی اندامها ضروری است.

در حد کافی، فسفین بر روی کبد، کلیه ها، ریه ها، سیستم عصبی و سیستم گردش خون تأثیر می گذارد. استنشاق این گاز می تواند باعث ورم ریه (تجمع مایعات در ریه ها) و افت فشار خون (تجمع خون در یک قسمت بدن)، خونریزی مغزی کوچک اطراف عروق و ادم مغزی (تجمع مایعات در مغز) شود. بلع ترکیبات حاوی فسفین می تواند علائم ریوی و مغزی را ایجاد کند اما آسیب به احشای بدن (اندام های حفره بدن) شایع تر است. مسمومیت با فسفین ممکن است منجر به (۱) ادم ریوی، (۲) افزایش سرم کبدی GOT، LDH و فسفاتاز قلیایی، کاهش پروترومبین، خونریزی و زردی رنگ پوست و (۳) هماتوری کلیه (وجود خون در ادرار) و آنوری (anuria) (عدم ادرار غیر طبیعی) شود. آسیب شناسی مسمومیت شامل هیپوکسی (کمبود اکسیژن در بافت بدن) است. قرار گرفتن در معرض مکرر در غلظت های بالاتر از حد مجاز فسفین طی روزها یا هفته ها ممکن است باعث مسمومیت شود.

شواهد مسمومیت:

بلع فسفیدها به ویژه فسفید آلومینیوم ممکن است باعث تحریک شدید دستگاه گوارش شود که منجر به خونریزی، فروپاشی قلبی عروقی، اختلالات حاد عصبی و روانی، نارسایی تنفسی و کلیوی طی چند ساعت شود. ممکن است بعداً آسیب کبدی نیز ایجاد شود. در یک حادثه، ۱۲ نفر از ساکنان یک آپارتمان دچار حالت تهوع شدند و یک نفر هنگام صبح شدن گاز فسفین از یک انبار مجاور حاوی کیسه های فسفید آلومینیوم که مرطوب بود، فوت کرد. برخی از مسافران کشتی و قایق های حمل محموله های فروسیلیسون تحت گازدهی توسط فسفین مسموم شده اند و علائمی شبیه به مسمومیت حاد شغلی در آنها ظاهر شده است. در یک حادثه دیگر، ۲ فرد بالغ و یک کودک زمانی که یک انبار غذایی مجاور دیوار خانه آنها ضدعفونی می شد، مردند. تخمین زده شده است که غلظت فسفین در اتاق خواب آنها به ۱/۲ میلیگرم در مترمکعب رسیده است. علائم در ابتدا غیر اختصاصی و مشکوک بودند و خطر قرار گرفتن در معرض پایدار در غلظتهای نسبتاً کم را نشان می داد. در کالبد شکافی، تجمع خونی در تمام اندام ها دیده شد. ادم ریوی و آمفیزم کانونی (focal emphysema) در ریه ها یافت شد و در کبد واکوئل هایی وجود داشت.

گزارش یک اقدام به خودکشی ناموفق توسط یک مرد ۲۵ ساله که ۶ قرص فستوکسین در آب مصرف کرده بود، گزارش شده است. علائم فوری شامل درد شدید اتساعی، احساس سوزش عمومی و استفراغ بود. سقوط فشار خون که نیاز به احیا داشت و متعاقباً اختلال عملکرد مغزی، کلیوی و کبدی ظاهر شد.

در یک بررسی ۵۴ مورد مسمومیت حاد فسفین با ۲۶ مورد مرگ از سال ۱۹۰۰ مورد بررسی قرار داده شد. در ۶ مورد از ۱۱ گزارش، محموله های فروسیلیسون به عنوان منبع فسفین ذکر شده و در این موارد، قربانیان مسافر یا خدمه کشتی ها یا قایق های حمل چنین بارهایی بودند. موارد دیگر شامل قرار گرفتن جوشکارها در معرض کاربید کلسیم و استیلن خام و غواصان در برابر فسفید سدیم بود. شایع ترین یافته مورد در کالبد شکافی احتقان ریه ها با ادم مشخص شده بود.

کارگران فلزکار در یک کارخانه کشتی سازی بزرگ در نروژ، سوراخ های عمیق در آهن گرافیتی ایجاد نمودند و در حین کار بیمار شدند. علائم آن بیشتر تهوع، سرگیجه، احساس سفتی در قفسه سینه، سوء هاضمه و اختلال در حس بویایی و چشایی بود. اندازه گیری غلظت فسفین در ناحیه تنفسی کارگران غلظت فسفین حدود ۱/۴ میلی گرم در متر مکعب (یک ppm) را نشان داد. پس از نصب تهویه بر روی دستگاه های حفاری ، دیگر هیچ مقدار قابل اندازه گیری فسفین وجود نداشت و هیچ گونه شکایتی از سوی کارگران صورت نگرفت.

هنگامی که تهویه موضعی بدلائل فنی حذف گردید، ۵ سال بعد بیماری در بین کارگران عود کرد. اندازه گیری میزان فسفین درست در بالای دستگاه ها، غلظت تا ۵۶ تا ۷۰ میلی گرم در متر مکعب (۴۰ تا ۵۰ ppm) را نشان داد. هنگامی که تهویه مجدداً نصب شد، غلظت فسفین به مقادیر زیادی کاهش یافت، و هیچ مورد دیگری گزارش نشد.

شرایط قرار گیری در معرض گاز برای همه ضدعفونی ها:

جدول زیر نشان دهنده حداقل مدت زمان در معرض در دماهای مشخص شده برای ضدعفونی با فستوکسین می باشند:

دما (درجه سانتیگراد)	قرص تخت	قرص گرد
۵	عدم امکان ضدعفونی	عدم امکان ضدعفونی
۵ - ۱۲	۸ روز (۱۹۲ ساعت)	۱۰ روز (۲۴۰ ساعت)
۱۲ - ۱۵	۴ روز (۹۶ ساعت)	۵ روز (۱۲۰ ساعت)
۱۶ - ۲۰	۳ روز (۷۲ ساعت)	۴ روز (۹۶ ساعت)
بالای ۲۰	۲ روز (۴۸ ساعت)	۳ روز (۷۲ ساعت)

حداقل مدت زمان در معرض در دماهای مشخص شده

وضعیت خطر بالای مسمومیت:

هیچ زیر گروه از جمعیت عمومی به جز کودکان در معرض خطر خاص فسفین و فسفیدها نیستند که ممکن است طعمه های حاوی فسفیدها را پیدا کرده و اشتباهاً آنها را بخورند. فسفیدهای آلومینیوم و منیزیم که بدون محدودیت در بعضی از کشورها در دسترس هستند، ممکن است در اقدامات خودکشی استفاده شوند. اخیراً گزارش های زیادی در مورد مرگ و میر بالاتر از ۵۰ درصد به دلیل مسمومیت با فلز فسفید در هند منتشر شده است.

جمعیت در معرض خطر از نظر شغلی:

مواجهه های شغلی با فسفین را می توان به ۴ دسته کلی تقسیم کرد: الف) کارگرانی که فسفین و فسفید تولید می کنند. ب) کارگرانی که فسفین را آزاد کنند، به عنوان مثال، جوشکاری، متالورژی، ج) شرکت های ضد عفونی کنترل آفات و د) کارگران حمل و نقل. به عنوان مثال، رانندگان و کارگران کشتی ها. الگوهای قرار گرفتن در معرض فسفین و پتانسیل کنترل قرار گرفتن در معرض متفاوت می باشند.

قرار گرفتن در معرض فسفین و اکسیدهای فسفر، که در هنگام تولید فسفیدهای فلزی رخ می دهد، براساس روش تولید متفاوت است. مقادیر زیاد قرار گرفتن در معرض ممکن است در روش های مستقیم شامل واکنش فسفر قرمز با فلز پودری باشد که در آن غلظت فسفین هوا از ۰/۴ تا ۱/۶ میلی گرم در متر مکعب (۰/۳ تا ۱/۱۳ ppm) ممکن است ایجاد شود. غلظت بیشتر از ۲ میلی گرم در متر مکعب نیاز به استفاده از محافظت تنفسی شخصی دارد.

یک محموله محتوی فروسیلیکون با تهویه بسیار بد، می تواند در واکنش آب با فسفید کلسیم فسفید، یکی از ناخالصی های موجود، فسفین را بطور تصادفی آزاد کند.

بسیاری از فلزات حاوی فسفر در مقادیر اندک هستند و فسفین در فرآیندهای مختلف متالورژی تولید می شود.

اگرچه فسفین در ساخت نیمه هادی ها بسیار مورد استفاده قرار می گیرد، اما هیچ آمار منتشر شده ای برای قرار گرفتن در معرض شغلی در این صنعت وجود ندارد. همچنین هیچ گونه اطلاعات منتشر شده مربوط به قرار گرفتن در معرض فسفین در سنتز مشتقات ارگانوفسفین یا فسفونیوم وجود ندارد. حد مواجهه شغلی فسفین در کشورهای مختلف از ۰/۱ میلی گرم در متر مکعب تا ۰/۵ میلی گرم در متر مکعب در طولانی مدت و حداکثر ۱/۵ میلی گرم در متر مکعب (۱/۱ ppm) در معرض کوتاه مدت است.

روش های قرار گرفتن در معرض:

- **خوراکی:** مصرف خوراکی عمدی فسفیدهای فلزی، به ویژه فسفید آلومینیوم (فوستوکسین) در بعضی از مناطق جهان با هدف خودکشی زیاد است. مصرف خوراکی تصادفی فسفیدهای فلزی نیز گزارش شده است.
- **استنشاق:** استنشاق شایع ترین مسیر مسمومیت با فسفین است.
- **تماس پوستی:** پوست مسیری متداول برای جذب فسفین و فسفیدها نیست. با این حال، جذب پوستی تنها روی فسفید روی در خرگوش گزارش شده است.
- **تماس با چشم:** اطلاعاتی موجود نیست.

سینتیک Kinetics:

جذب از طریق در معرض بودن:

استنشاق فسفین به طور کلی باعث جذب سریع آن از طریق ریه ها می شود. پس از استنشاق، فسفیدهای آلومینیوم و منیزیم موجود در سطوح مرطوب دستگاه تنفسی، فسفین را آزاد می کنند، اما فسفید روی، که تنها در شرایط اسیدی هیدرولیز می شود، برای مدتی پایدار خواهد بود. در موش صحرایی، مصرف فسفید روی منجر به تولید مقدار زیادی اسید فسفید هیدرولیز شده در کبد می شود. پس از مصرف قرص های انسانی حاوی فسفید آلومینیوم، شواهدی از اسید فسفید هیدرولیز شده در خون و کبد دیده شده است. این نتایج نشان می دهد که فسفیدهای فلزی می توانند به طور مستقیم جذب شوند.

به طور کلی، جذب پوستی فسفین و فسفیدها ناچیز است.

انتشار از طریق در معرض بودن:

استنشاق فسفین علائم عصبی و کبدی ایجاد می کند که نشان می دهد که به سیستم عصبی و کبد رسیده است. فسفیدهای خورده شده در موش ها و انسانها به خون و کبد نیز می رسند. از طرف دیگر، بافت عضلانی حیوانات مسموم با دوزهای بیش از حد فسفید روی حاوی مقادیر زیاد فسفین یا فسفید نیست و هنگام تغذیه آزمایشی روی حیوانات اثرات سمی ایجاد نکرده است.

نیمه عمر بیولوژیکی روش در معرض:

نیمه عمر بیولوژیکی فسفین و فسفیدها در انسان گزارش نشده است و ممکن است تخمین آن دشوار باشد. در بررسی های آزمایشگاهی، مقدار فسفید هیدرولیز شده اسیدی موجود در کبد موش صحرایی که به مدت ۱۵ روز با فسفید تغذیه می شود تقریباً دو برابر موشی است که به مدت ۷ روز از آن تغذیه نموده است.

درمان مسمومیت:

هیچ پادزهر خاصی برای مسمومیت با فسفین وجود ندارد و برای کمک به مسموم توسط فسفین تنها کارهای حمایتی انجام می شود. میزان تلفات این سمومیت تا حدود ۶۰ درصد می رسد. درمان فسفات منیزیم ممکن است درصد مرگ را کاهش دهد که این مسئله در برخی تحقیقات بیان شده است. برای هر شخصی که دارای علائم مسمومیت با فسفین در محل گازدهی است باید روش های درمانی - حمایتی زیر اعمال شود:

در صورت استنشاق:

- شخص را به هوای آزاد برده و گرم نگه داشته شود.
- اگر تنفس فرد متوقف شده باشد و یا یا نشانه هایی از عدم تنفس را نشان دهد، احیا باید سریعاً آغاز شود. تنفس مصنوعی و ترجیحاً دهان به دهان بدهید.

- با یک مرکز کنترل مسمومیت یا پزشک تماس بگیرید.

در صورت بلعیدن:

- برای مشاوره درمانی سریعاً با یک مرکز کنترل مسمومیت یا پزشک تماس بگیرید.
- هیچ نوع شیر، کره، روغن (مانند روغن کرچک) یا الکل نباید مصرف شود.
- در صورت توانایی بلعیدن فرد، به او یک لیوان آب بدهید. او را مجبور به استفراغ نکنید. مگر اینکه توسط یک مرکز کنترل مسمومیت یا پزشک به شما گفته شود.
- تخلیه معده و روده و پاکسازی سم جذب نشده پس از خورده شدن قرص و معمولاً تا یک یا دو ساعت پس از مصرف می‌تواند به بیمار کمک کند. پتاسیم پرمنگنات (۱:۱۰۰۰۰) در شستشوی معده می‌تواند در تجزیه سم کمک کند.
- چیزی را از طریق دهان به فرد ندهید.

اگر سم روی پوست یا لباس بریزد:

- لباس‌های آلوده را درآورید.
- پوست را بلافاصله به مدت ۱۵-۲۰ دقیقه با آب زیاد بشویید
- برای مشاوره درمانی سریعاً با یک مرکز کنترل مسمومیت یا پزشک تماس بگیرید.

اگر چشم با سم در تماس بود:

- به مدت ۱۵-۲۰ دقیقه چشم را باز نگه داشته و به آرامی با آب بشویید.
- لنزهای مصنوعی درون چشم را در صورت وجود، پس از ۵ دقیقه بردارید، سپس شستشوی چشم را ادامه دهید.

برای مشاوره درمانی سریعاً با یک مرکز کنترل مسمومیت یا پزشک تماس بگیرید

توجه: بیمار باید برای معالجه فوری به پزشک یا بیمارستان مراجعه کند. بیمارهای با مسمومیت بالا نیاز به مانیتور دائمی و به هوش‌آوری با مایع و بازگشایی عروق هستند.

اقدامات زیر برای پزشکان پیشنهاد می‌شود:

در فرم‌های ملایم تر، علائم مسمومیت ممکن است پس از مدتی (حداکثر ۲۴ ساعت) ظاهر شود و موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

۱. به مدت ۱-۲ روز استراحت کامل انجام دهید، در طی این مدت بیمار باید آرام و گرم نگه داشته شود.
۲. در صورت رنج بردن بیمار از استفراغ یا افزایش قند خون، باید راه حل‌های مناسب استفاده شود. درمان با کپسول اکسیژن، همانند تجویز محرک‌های قلبی و گردش خون نیز توصیه می‌شود.

در موارد مسمومیت شدید (واحد مراقبت ویژه توصیه می شود):

۱. در مواردی که ادم ریوی مشاهده شود، باید درمان استروئیدی در نظر گرفته شود و نظارت پزشکی نزدیک توصیه شود. انتقال خون ممکن است لازم باشد.
۲. در صورت بروز ورم آشکار ریه، ونسکن (خونگیری و باز کردن ورید) باید تحت کنترل فشار ورید انجام شود. گلیکوزیدهای قلبی (داروهایی که برای درمان نارسایی قلب و آریتمی قلب به کار می روند) قابل استفاده می باشند. در صورت بروز ورم تدریجی ریه ها، لوله گذاری فوری با از بین بردن مداوم مایع ادم و تنفس با فشار بیش از حد اکسیژن و همچنین اقدامات لازم برای درمان شوک توصیه می شود. در صورت نارسایی کلیه، همودیالیز خارج از بدن لازم است. هیچ پادزهر خاصی برای این مسمومیت وجود ندارد.
۳. در مورد خودکشی که قرص برنج خورده می شود، پس از بلع، خالی نمودن معده از طریق استفراغ، تخلیه معده با محلول رقیق شده پرمگنات پتاسیم یا محلول پراکسید منیزیم تا زمانی که مایعی با بوی کاربید خارج شود، توصیه می شود.
۴. براساس تجزیه و تحلیل گازهای خون، شوک را بطور معمول و اسیدوز (acidosis) را درمان کنید. شناخت و مدیریت زود هنگام مسمومیت بسیار ضروری است.