

# نکات ایمنی در رابطه با گاز سولفید هیدروژن

علیرضا منتهایی - شرکت مهندسی و توسعه نفت



## مقدمه

گاز سولفید هیدروژن ( $H_2S$ ) عموماً یک ترکیب غیرمطلوب در مخزن هیدروکربوری به شمار می‌رود که نه تنها ارزش اقتصادی هیدروکربن‌های با ارزش مخازن هیدروکربوری را کم می‌کند بلکه دارای اثرات سمی است و به‌ویژه در حضور آب باعث خوردگی تجهیزات فرآورش نفت و گاز می‌شود.

تولید گاز  $H_2S$  در مخازن هیدروکربوری، منسایهای مختلفی دارد که هر کدام به دما و مشخصات مخزن وابسته هستند.

مهمترین مکانیزم تولید  $H_2S$  در مخزن عمیق، احیای ترموشیمیایی سولفات (TSR) است که با واکنش مستقیم انیدریت و گازهای سبک هیدروکربنی در اعماق زیاد (بیشتر از ۴۳۰۰ متر) و در دمای بالاتر از ۱۴۰-۱۲۰ درجه سانتیگراد انجام می‌گیرد و نقش مهمی در ایجاد و افزایش  $H_2S$  دارد.

گازهای هیدروکربوری حاوی  $H_2S$  که به عنوان گاز ترش شناخته می‌شوند به گاز تولید شده از میدان‌های مستقل گازی و یا گاز جدا شده از نفت (گاز همراه) که حاوی  $H_2S$  هستند اطلاق می‌گردد. برای کاهش  $H_2S$  در نفت و گاز تولیدی از میدان‌ها، طراحی و نصب تاسیسات فرآورش

نفت و گاز برای جداسازی  $H_2S$  از محصولات نهایی ضروری است.

این ترکیب عمل احتراق سوخت‌های هیدروکربنی را نامطلوب می‌سازد، قابل اشتعال است و در هر غلظتی از هوا (از ۰.۴٪ تا ۴۴٪ حجمی) وقتی در معرض جرقه یا شعله قرار گیرد منفجر می‌شود. انواع اکسیدهای گوگرد را تولید می‌کند که از لحاظ زیست‌محیطی نیز اثرات منفی دارد و در فصول بارش در ایجاد باران اسیدی موثر است.  $H_2S$  در آب و نفت حل می‌شود و می‌تواند در اعماق نسبتاً زیاد قبل از نشت به سطح زمین به یک مخزن زیرزمینی هیدروکربنی جریان یابد. حتی به دلیل داشتن جرم مخصوص سنگین تر از هوا، ممکن است یک مسیر طولانی را در هوای نزدیک سطح زمین طی کند و در لحظه‌ای غیرمنتظره آتش بگیرد.

در مراحل حفاری مخازن هیدروکربنی از مهمترین مسایل ایمنی که به‌طور جدی کنترل و رعایت می‌شود، جلوگیری از نشت و فوران گاز محتوی  $H_2S$  می‌باشد. علاوه بر مسایل فنی، این گاز فوق‌العاده سمی و کشنده است. هر چند که در غلظت‌های پایین بویی شبیه به تخم مرغ گندیده دارد ولی در غلظت بالا بوی شیرینی می‌دهد. لذا توصیه می‌شود که کارکنان سرچاه نباید به



شفافیت/رنگ: بی‌رنگ  
بو: تخم‌مرغ‌گندیده  
دمای خوداشتعالی: ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد  
محدوده اشتعال پذیری: ۴۵/۵-۴/۳ درصد حجمی در هوا

### خطرات گاز سولفید هیدروژن

- فوق‌العاده اشتعال پذیر
- فوق‌العاده سمی از طریق استنشاق

### چگونگی پیش‌گیری از مسمومیت با گاز

#### سولفید هیدروژن

- ترک منطقه
- حذف منابع آتش‌زا
- اطمینان از تهویه هوا
- استفاده از ماسک هوا در زمان ورود به منطقه آلوده و همراه داشتن سیستم هشدار دهنده

### چگونگی ارایه کمک‌های اولیه به شخص مسموم شده با گاز سولفید هیدروژن

- انتقال مسموم به محیط غیرآلوده و دادن تنفس مصنوعی
- گرم نگه داشتن مسموم
- آگاه ساختن پزشک

- استفاده از محلول آمونیاک جهت خنثی کردن اثر گاز
- استفاده از دستگاه تنفس مصنوعی در صورت اختلال تنفسی

- استفاده از اکسیژن، حداکثر به مدت یک دقیقه

### کاربردهای گاز سولفید هیدروژن

- در ساخت سولفید سدیم و تیوفن‌ها
- در صنایع شیمیایی برای حفاظت در مقابل خوردگی آهن یا فولاد در فرایندهایی که از نمک‌ها (نظیر NaCl) استفاده می‌شود.
- کالیبره نمودن دستگاه‌های اندازه‌گیری نشر محیطی، اندازه‌گیری بهداشت صنعتی و ناخالصی‌های جزئی.
- تهیه گوگرد جامد با کاربردهای مختلف صنعتی
- تهیه و تولید کودهای شیمیایی، مصالح ساختمانی و آسفالت.

حس بویایی خود به‌عنوان یک اخطارکننده اعتمادکنند، قرارگرفتن در معرض این گاز با غلظت نسبتاً زیاد، حتی برای چند دقیقه مرگ آنی را در پی دارد.

قرارگیری درازمدت در معرض غلظت‌های کم آن نیز سبب از بین رفتن حس بویایی می‌شود.

گاز طبیعی حاوی  $H_2S$  (گاز ترش) ارزش اقتصادی کمتری دارد و با توجه به این‌که در بیشتر برنامه‌های اکتشاف وجود درصد بالایی از این گاز متصور نیست، بر روند تولید و قیمت نفت تولیدی تاثیرگذار بوده و در نهایت هزینه‌های بهسازی تجهیزات تولید، نظیر خطوط لوله و امکانات سرچاهی را بالامی‌برد.

سولفید هیدروژن در هیدروکربن‌ها غلظت‌های متفاوتی دارد و از صفر تا ۹۸٪ حجمی متغیر است. معمولاً واژه گاز ترش برای بیان گازی که محتوی بیش از ۵ قسمت در میلیون (وزنی)  $H_2S$  است استفاده می‌شود.

مطابق استاندارد NACE از نقطه نظر انتخاب جنس مواد خطوط لوله و تجهیزات، تعریف گاز ترش به شرح زیر است:

به گاز هیدروکربوری در شرایطی که فشار کل سیستم فرورش و یا انتقال گاز بیشتر از ۶۵ psia و فشار جزئی  $H_2S$  بیش از ۰/۵ psia باشد، گاز ترش اطلاق می‌شود.

### خواص فیزیکی و شیمیایی گاز سولفید هیدروژن

وزن مولکولی: ۳۴ گرم بر مول

نقطه ذوب: ۸۶- درجه

سانتی‌گراد

نقطه جوش (۱/۰۱۳ بار):

۶۰/۲- درجه سانتی‌گراد

دمای بحرانی: ۱۰۰ درجه

سانتی‌گراد

دانسیته نسبی، گاز:

(air=1) ۱/۲

دانسیته نسبی، مایع:

(water=1) ۰/۹۲

فشار بخار در ۲۰ درجه

سانتی‌گراد: ۱۸/۸ بار

حلالیت میلی‌گرم بر لیتر

آب: ۳۹۸۰ میلی‌گرم بر لیتر





اثرات بیولوژیکی

% Vol	ppmv	GRAIN/ 100SCF*	mg/m <sup>3</sup>	
0.00013	0.13	0.008	0.18	بوی نامطبوع عموماً در غلظت ppm 0.13، قابل استشمام بوده و در غلظت ppm 4/6 به طور کامل قابل تشخیص است. به محض افزایش غلظت، حس بویایی از کار افتاده و تشخیص گاز از طریق استشمام غیرممکن می گردد.
0.002	20	1.26	28.83	در استانداردهای فدرال OSHA سقف غلظت مجاز شناخته شده است.
0.005	50	3.15	72.07	حد ماکزیمم قابل قبول بالاتر از سقف غلظت مجاز OSHA یک بار برای مدت ۱۵ دقیقه به ازای هر هشت ساعت نوبت کاری، در صورتی که در این مدت گاز دیگری منتشر نگردد.
0.01	100	6.3	144.14	سرفه، سوزش چشم ها، از دست دادن حس بویایی پس از ۳ تا ۱۵ دقیقه رخ می دهد. اختلال تنفسی، درد چشم و خواب آلودگی پس از ۱۵ تا ۳۰ دقیقه و سوزش گلو بعد از یک ساعت اتفاق می افتد. طولانی شدن زمان تماس با گاز تدریجاً منجر به افزایش صدمات می شود.
0.02	200	12.59	288.06	حس بویایی به طور کامل از کار افتاده، گلو و چشم ها به شدت می سوزند.
0.05	500	31.49	720.49	سرگیجه و از دست دادن حس تعادل و قدرت تشخیص، مشکل تنفس در عرض چند دقیقه نمایان می گردد. افراد مصدوم شدیداً به تنفس مصنوعی نیازمندند.
0.07	700	44.08	1008.55	بیهوشی سریع، تنفس قطع شده و در صورت تاخیر در نجات مصدوم مرگ حتمی به وقوع می پیوندد.
0.1+	1000+	62.98	1440.98	بیهوشی قطعی در صورت نجات ندادن سریع بیمار، صدمه دائمی مغز و مرگ حتمی

\* For H<sub>2</sub>S: 0.25 grain/100 SCF=3.8 ppmv

\* کلمه GRAIN واحد جر می است که بیشتر در صنایع داروسازی مورد استفاده قرار می گیرد.

جدول ۱- تاثیر غلظت گاز سولفید هیدروژن در هوا بر بدن انسان

## جدول ۲- واکنش فیزیولوژیکی بدن انسان در برابر گاز سولفید هیدروژن

H <sub>2</sub> S Vol% (ppm)	ه تا ۲ دقیقه	۲ تا ۱۵ دقیقه	۱۵ تا ۳۰ دقیقه	۳۰ دقیقه تا ۱ ساعت	۱ تا ۴ ساعت	۴ تا ۸ ساعت	۸ تا ۲۴ ساعت
0.005(50), 0.01(100)				وزرم ملتحمه خفیف، سوزش اندام تنفسی			
0.01(100), 0.015(150)	سرفه، سوزش چشم‌ها، از دست دادن حس بویایی	اختلال تنفسی، درد چشم‌ها، خواب‌الودگی	سوزش چشم‌ها و گلو	سوزش چشم‌ها و گلو	تشنج و ریزش آب‌بینی، درد (زیاد) چشم‌ها، سرفه	تشدید علائم بیماری	خون‌ریزی و مرگ
0.015(150), 0.02(200)		از دست دادن حس بویایی	سوزش چشم‌ها و گلو	سوزش چشم‌ها و گلو		سوزش تشدید اندام تنفسی و چشم‌ها	خون‌ریزی و مرگ
0.025(250), 0.035(350)	سوزش چشم‌ها، از دست دادن حس بویایی	سوزش چشم‌ها از دست دادن حس بویایی	ریزش (درندگی) اشک، کوفتگی بدن	سرخی، چهره، ریزش آب‌بینی، درد چشم‌ها، سختی تنفس	خون‌ریزی و مرگ		
0.035(350), 0.045(450)		سوزش چشم‌ها، از دست دادن حس بویایی	بسه سختی سرفه کردن، سوزش چشم‌ها،	سوزش فراواننده اندام تنفسی و چشم‌ها، سردرد خفیف، کوفتگی، سرخی چهره	سرگیجه، کوفتگی، سوزش فراوانده، مرگ	مرگ	
0.05(500), 0.06(600)	سرفه، ازبا افتادن، بیهوشی	اختلال تنفسی، سوزش چشم‌ها، ازبا افتادن	سوزش تشدید چشم‌ها، تپش قلب، احتمال وقوع مرگ	درد تشدید سرد چشم‌ها، سرگیجه، رعشه و ضعف تشدید مرگ			
0.06(600), 0.08(800)	ازبا افتادن، بیهوشی، مرگ	ازبا افتادن، بیهوشی، مرگ					

منابع: ۱- گزارش بررسی متشا و عمل اوزایش سولفید هیدروژن در محازن گاز طبیعی ایران

دکتر احسان‌رضا ریانی، استاد شریک مهندسی و توسعه نفت

2 STD. NACE MR 0175-97

3 MSDS, Safety Data Sheet, Hydrogen Sulphide, version: 1.01

\* اطلاعات جدول (۲) از طریق انجام آزمایش بر روی سگ‌ها که حساسیت‌هایی مشابه انسان از خود نشان می‌دهند گردآوری شده است.