



مشکلات محیطی مرکبات سلفر در زغال سنگ و راه‌های جلوگیری آن

پوهنیار سید رضا سروری^{۱*}، پوهنیار امان‌الله لامع^۲

^{۱*} د پیاوړتمنت کیمیا، تعلیم و تربیه، موسسه تحصیلات عالی نیمروز: افغانستان.

^۲ د پیاوړتمنت بیولوژی، تعلیم و تربیه، موسسه تحصیلات عالی نیمروز: افغانستان.

ایمیل آدرس: s.reza.sarwari@gmail.com

خلاصه

بیان مسئله: زغال سنگ یکی از مهم‌ترین منابع تأمین انرژی است که در تولید کوک مورد استفاده قرار می‌گیرد و از دو بخش مواد عضوی و معدنی تشکیل شده است که مواد عضوی اجزایی اصلی تشکیل دهنده زغال سنگ با منشاء گیاهی هستند، حضور ناخالصی‌هایی مانند سلفر و خاکستر در زغال سنگ، کیفیت آن را تحت تأثیر قرار داده و باعث خورده‌گی تجهیزات و آلوده‌گی محیط زیست می‌گردد. معمولاً در اثر سوخت زغال سنگ مرکبات سلفر مخصوصاً سلفردای اکساید (SO_2) در محیط آزاد می‌شود که از طریق باران‌های تیزابی اثر نامطلوب بر صحت انسان و محیط زیست می‌گذارد.

هدف: مطالعه و مرور مشکلات محیطی مرکبات سلفر در زغال سنگ و راه‌های جلوگیری آن برای به حداقل رساندن مرکبات سلفر در جو می‌باشد. **روش تحقیق:** برای نگارش این مقاله از روش توصیفی و کتابخانه‌ای (مروری) استفاده کرده و همچنان مقالات معتبر بین‌المللی (سایت‌های معتبر گوگل اسکالر، ای‌اس‌ای) و کمپیوتر مورد استفاده قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری: در نتیجه برای حذف ناخالصی‌های محتوای زغال سنگ توسط جاذب کاربن فعال، خاک رس مورد بررسی قرار گرفته که می‌تواند ۸۰٪ محتوایی سلفر در زغال سنگ را کاهش دهد.

کلمات کلیدی: روش حذف سلفر، زغال سنگ، سلفردای اکساید، مشکلات محیط زیست.

استاد: سروری، سید رضا و لامع، امان‌الله (۱۴۰۳). مشکلات محیطی مرکبات سلفر در زغال سنگ و راه‌های جلوگیری آن، دو فصلنامه علمی - تحقیقی عینک، سال اول، شماره ۲: ۱۱۷-۱۲۵.

حق مؤلف © نویسندگان.

ناشر: مؤسسه تحصیلات عالی لوگر

مقدمه

در اثر احتراق زغال‌سنگ سففر موجود در آن، به شکل اکسایدهای سففر وارد هوا شده و از طریق باران‌های تیزابی اثرات نامطلوبی بر محیط‌زیست می‌گذارند (Starý et al., 2021). موادی سوخت که در مرکبات خود دارای مقداری سففر می‌باشند، باید قبل از استفاده سففر آنها حذف نمود، زیرا درصدی مقدار سففر باعث تولید گازهای سففردار شده و در نهایت باعث آلودگی محیط‌زیست می‌گردد. مرکبات سففر به گونه‌های مختلفی وجود دارند اما می‌توان آن‌ها به ۴ دسته کلی تقسیم‌بندی نمود که عبارت‌اند از: مرکپتان، سلفیت‌ها، دای‌سلفیت‌ها، و تیوفن‌ها می‌باشد (Ali et al., 2006)

وجود مرکبات سففر در مواد سوختی جامد (زغال‌سنگ) و جریان تصفیه آن نامطلوب است زیرا می‌تواند باعث آلودگی محیط‌زیست شود (Speight, 2015). در سال‌های اخیر محیط‌زیست تحت تأثیر آلودگی مرکبات سففر قرار گرفته‌اند که اثرات نامطلوب بالای محیط‌زیست به وجود می‌آورد. از جمله: باران‌های تیزابی، مزاحمت بوی بد ناشی از آلودگی مرکبات سففر، بحران محیط‌زیست که امروزه به یک مسأله‌ای قابل ملاحظه تبدیل شده در اثر دخالت و بهره‌وری نامعقول انسان‌ها در استفاده از مواد سوخت سففردار است که گستردگی و اهمیت این موضوع نظر دانشمندان را برای نجات آن برانگیخته است (Basfar & Mohamed, 2011). امروزه به دلیل قوانین زیست‌محیطی انگیزه قوی برای کاهش سففر در ترکیب سوخت‌ها وجود دارد. بررسی‌های انجام‌گرفته در ۳۳ کشور جهان نشان می‌دهد که مقدار سففر سوخت در تمام نمونه‌های اخذ شده نسبت به سال قبل کاهش بسیار قابل ملاحظه را نشان می‌دهد (Yu et al., 2005). در این تحقیق ما در پی آنیم تا بهترین روش‌ها را جهت کاهش آلودگی سففر و حذف آن از مواد سوخت، که همان روش‌های، جاذب کاربن فعال و بنتونیت می‌باشند، مورد بررسی قرار دهیم (Attar & Corcoran, 1978).

مواد و روش کار

برای نگارش این مقاله از روش توصیفی و کتابخانه‌ای (مروری) استفاده شده است، مواد و وسایل کار عبارت‌اند از قلم، کاغذ، مقالات معتبر بین‌المللی (سایت‌های معتبر گوگل‌سکالر، ای‌اس‌ای) و کامپیوتر.

ترکیب و ساختار زغال‌سنگ

زغال‌سنگ از دو بخش مواد عضوی و معدنی ناخالصی‌های فلزی و غیرفلزی تشکیل شده است. در واقع مواد عضوی اجزایی تشکیل‌دهنده زغال‌سنگ با منشأ گیاهی هستند. زغال‌سنگ معمولاً دارای مقادیر قابل توجهی از ناخالصی‌های فلزی و غیرفلزی مانند اکسایدها، سلفایدها، سلیکات‌ها، کاربونیت‌ها، فاسفیت‌ها سلفیت‌ها و غیره است که بعد از سوختن زغال‌سنگ به صورت خاکستر به جا می‌ماند و محتوایی بالای خاکستر در زغال‌سنگ باعث تجهیزات و انتشار گاز سمی می‌گردد (Meshram et al., 2015).

تجزیه و تحلیل کیمیاوی عنصری زغال سنگ ماهیت کیمیاوی مرکبات موجود در آن‌ها را آشکار نمی‌کند و بنابراین نمی‌تواند تصویر کاملی از خواص آن‌ها ارائه دهد، با این حال، خواص سوخت با اجزای کیمیاوی آن بستگی دارد که توسط عنصر تعیین می‌شود. تجزیه و تحلیل کیمیاوی مواد قابل احتراق سوخت جامد، متشکل از کاربن، هایدروجن، نایتروجن و سلفر، هنگامی که توسط اکسیجن اکساید می‌شوند، گرما آزاد می‌کنند، درحالی که اکسیجن به ویژه اجزای معدنی مرتبط با زغال سنگ به عنوان مصرف کننده گرما در طول جریان احتراق عمل می‌کنند (Fedяeva & Патраков, 2004).

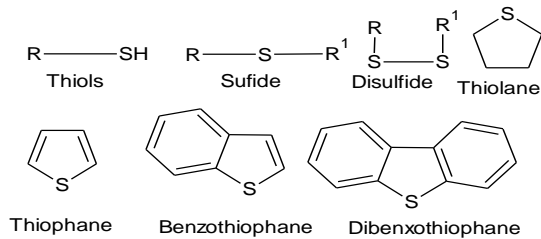
جزء اصلی قابل احتراق سوخت جامد کاربن C است. محتوای کاربن در سوخت جامد بین ۵۰ تا ۹۶ درصد است. پس از احتراق کامل، ۱ کیلوگرم کاربن حدود (8230KCal/Kgr) گرما آزاد می‌کند. محتوای کاربن سوخت جامد با افزایش سن افزایش می‌یابد.

جدول ۱- افزایش محتوای کاربن در انواع زغال سنگ (Бухаркина et al., 2009).

عناصر	انواع زغال سنگ				
	انتراسیت	زغال سنگ	زغال سنگ قهوه‌ای	زغال سنگ نارس	گیاه
C	۹۶	۸۵	۷۰	۵۵	۵۰
H	۲	۶	۵	۶	۶
O+S+N	۲	۹	۲۵	۳۹	۴۴

سلفر یکی از مهم‌ترین ناخالصی موجود در زغال سنگ است که وجود آن در زغال سنگ باعث آلودگی محیط زیست در اثر تولید سلفردای اکساید و هایدروجن سلفاید در هنگام احتراق زغال سنگ می‌شود. برهم خوردن تعامل لایه اوزون مساله باران‌های تیزابی و ایجاد مشکلات تنفسی ناشی از متصاعد شدن این گاز سمی و مضر می‌باشد (Abdollahy et al., 2006; Jorjani et al., 2004).

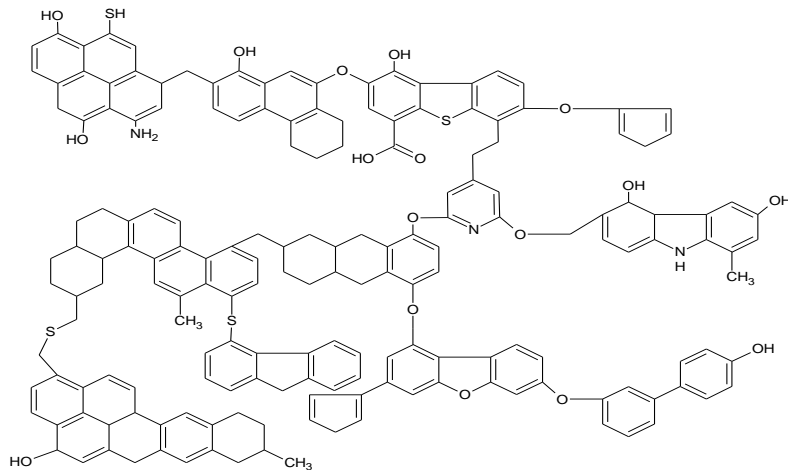
سلفر S یک عنصر سوخت قابل احتراق است. محتوای سلفر در سوخت جامد ناچیز است، به استثنای شیل. سلفر در سوخت به دو بخش تقسیم می‌شوند ۱- عضوی ۲- معدنی: سلفر در ترکیبات عضوی بخشی از ترکیبات پیچیده سوخت مرکبات عضوی می‌باشد. سلفر پیریت ترکیب آن با فلزات، اغلب با آهن به شکل سلفاید است و در بخش معدنی سوخت گنجانیده شده است. سلفر عضوی و پیریت‌ها مضر می‌باشد. هنگامی که می‌سوزد، سلفر مضر اکساید شده و گرما آزاد می‌شود (انرژی احتراق سلفر 9.3MJ/Kgr است). از آنجایی که تنها سلفر مضر در احتراق دخیل است، محتوای آن در سوخت موجود است که هنگام انجام محاسبات مهندسی حرارتی مورد توجه قرار می‌گیرد (Ozbayoglu G., 1998).



شکل ۱- ساختار کیمیاوی تعداد از ترکیبات عضوی مرکبات سلفر (Markuszewski et al, 1980).

هنگام سوزاندن سلفر مضر، سلفر دای اکساید SO_2 و مقدار کمی سلفوریک انهایدرید SO_3 تشکیل می‌شود که اتموسفر را آلوده می‌کند. علاوه بر این، وجود سلفوریک انهایدرید SO_3 در شرایط خاصی منجر به خوردگی سطوح گرمایش فلزی، لوله و تجهیزات می‌شود. از این نظر سلفر یک ناخالصی مضر در سوخت است (Speight, JG. 2002).

سلفیت‌ها به صورت سلفیت کلسیم و آهن وارد قسمت معدنی سوخت می‌شود و قابل سوخت نیستند. در طی احتراق آن‌ها، مرکبات سلفیت به خاکستر تبدیل می‌شوند (Graveland et al. 1974).

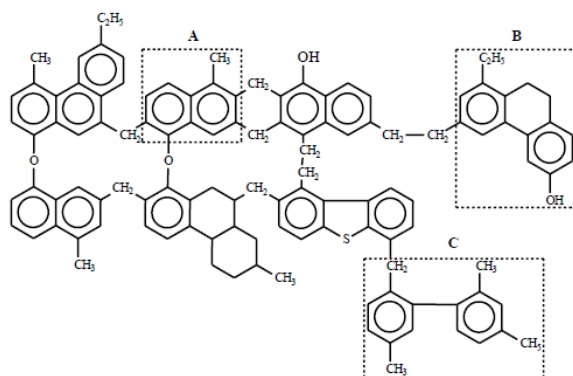


شکل ۲- تصویر از زغال‌سنگ و نحوه فرارگیری سلفر در آن (Wise, 1981).

به منظور ایجاد ساختار زغال‌سنگ، روش‌هایی برای تعیین کمی ساختار ترکیبات عضوی، بر اساس تخریب ماده، تا تشکیل ترکیباتی که با روش‌های شناخته‌شده قابل شناسایی هستند، انجام می‌شود. ساختار محصول اولیه با مطالعه مسیرهای تشکیل محصولات جانبی و محصولات اصلی مشخص می‌شود (Moskalenko et al., 2009; Бунеева & Трясунов, 2017). محصولات تخریب زغال‌سنگ را نمی‌توان به طور مستقل از سایر مرکبات جدا کرد، زیرا آن‌ها مخلوط پیچیده‌ای از مواد ساختاری مشابه را تشکیل می‌دهند. هنگامی که از بین می‌روند، آن‌ها به مرکبات ساده‌ای تبدیل می‌شوند که بینشی در

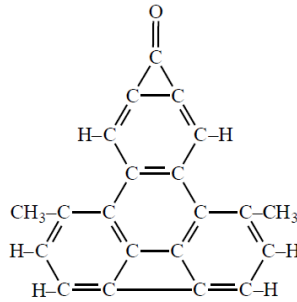
مورد مکانیزم تعامل ارائه نمی دهند. به عنوان مثال، اکسیدیشن با اکسیژن باعث تولید کاربن دای اکساید، استیک اسید، اسیدهای آروماتیک و آب می شود. بنابراین، ایجاد ساختار زغال سنگ یک کار بسیار دشوار است که تنها به صورت تقریبی قابل انجام است. در نتیجه تحقیقات، می توان نه یک فورمول ساختاری دقیق، بلکه تعداد زیادی پارامتر که ساختار را به طور متوسط توصیف می کند، به دست آورد. منطقی است که در مورد یک "واحد ساختاری متوسط" صحبت کنیم که ایده از ساختار مرکبات اتومی را ارائه می دهد و برای اکثر گروپ های معطر یک مقدار متوسط است. چنین واحد ساختاری متوسطی باید به عنوان مدلی در نظر گرفته شود که از طریق آن می توان ویژگی های سیستم را تعیین کرد. زغال سنگ از اتوم هایی تشکیل شده است که ساختار نامنظمی شبیه لیگنین را تشکیل می دهند (Бунеева & Трясунов, 2017).

به عنوان یک قاعده، تعیین ساختار زغال سنگ و قطعات آن ها از طریق تجزیه و تحلیل عنصری و کمیایوی تعامل انجام می شود. نظریات مختلفی در مورد ساختار مالیکولی مواد عضوی در زغال سنگ بیان شده است و حتی فورمولها یا مدل هایی از واحدهای ساختاری ابتدایی ارائه شده است که مورد پذیرش عمومی قرار نگرفته است (Кушнарев et al., 2013).

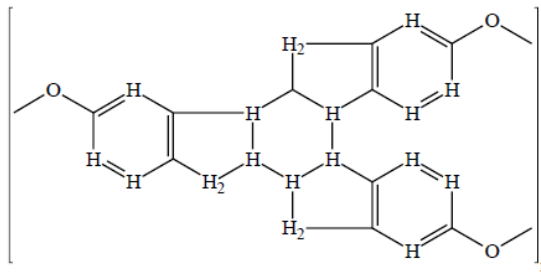


شکل ۳- مدل ساختمانی زغال سنگ (Бунеева, Е., & Трясунов, Б. Г. 2017).

حتی در قرن گذشته، F. Muk، بر اساس تجزیه و تحلیل عنصری زغال سنگ، یک فرمول تجربی برای "مالیکول" زغال سنگ با ترکیب $C_{21}H_{12}O$ پیشنهاد کرد و مدل آن را به شکل یک حلقه متراکم مطرح نمود (Malumbazo, N. 2011).



شکل ۴- نشان دهند واحد ساختار فرضی مالیکولی زغال سنگ سخت مطابق نظریه (Бунеева & F. Muck Трясунов, 2017)

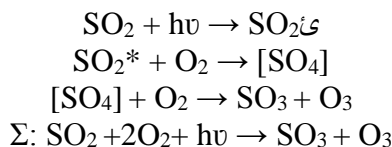


شکل ۵- مدل واحد ساختاری ابتدایی زغال سنگ مطابق نظریه (Бунеева & Трясунов, 2017) G. Storch

آلودگی محیطی سلفر

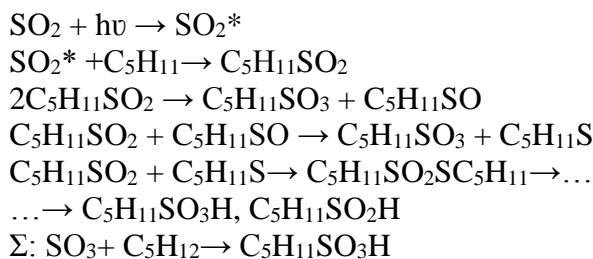
محتوای سلفردای اکساید در محصولات احتراق معمولاً از ۲ تا ۳ درصد می باشند. سلفردای اکساید پس از انتشار در جو، تحت تأثیر نور خورشید قرار گرفته و سلفردای اکساید به سلفوریک انهایدراید اکساید می شود و سپس به سلفوریک اسید تبدیل می شود. اکسیدیشن سلفردای اکساید برای تشکیل آئروسول های سلفیت و قطرات سلفوریک اسید یکی از مهم ترین جریان های کیمیاوی در جو بوده که میکانیزم اکسیدیشن آن به دو طریقه صورت می گیرد: ۱- اکسیدیشن فتوکیمیاوی (فاز گاز) ۲- اکسیدیشن ناهمگن در قطرات آبی (Деменкова & Игишева, 2014).

اکسیدیشن فتوکیمیاوی جریان تشکیل ذرات سلفیت و تیزاب سلفوریک در نتیجه اکسیدیشن فتوکیمیاوی مستقیم SO_2 است. این جریان به طور مؤثر در حرارت نسبتاً بالا در تابستان یا اوایل خزان رخ می دهد. اکسیدیشن در چندین مرحله تحت تأثیر نور خورشید $\lambda < 400$ نانومتر بر اساس مکانیزم زیر رخ می دهد (Денисов et al., 2002)

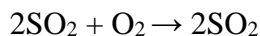


در اینجا $h\nu$ یک کوانتوم نوری است، SO_2^* ذره برانگیخته شده سلفردای اکساید که دارای 8msec طول عمر می باشد. اکسیدیشن حالت گاز سلفردای اکساید منجر به تشکیل سلفرترای اکساید می شود که می تواند بر روی هسته های متراکم موجود در هوا جذب شود. در نتیجه، خوشه هایی با مالیکول های آب تشکیل می شوند که به دلیل تراکم بیشتر به اندازه های ۱، ۰.۵-، ۰ میکرون می توانند بزرگ تر شوند. علاوه بر اکسیدیشن حالت گاز، جریان اکسیدیشن فاز مایع SO_2 به SO_3 با تشکیل سلفوریک اسید بعدی امکان پذیر است. این جریان مبتنی بر تحریک فتوکیمیای ذرات موجود در هوا (NO_2 و هایدروکاربن ها) است که در حالت برانگیخته قادر به اکسیدیشن سلفردای اکساید به سلفرترای اکساید هستند. حلالیت سلفردای اکساید به شدت به pH قطرات آب بستگی دارد. هر چه میزان تیزابی بیشتر باشد، اثر اکساید کننده کمتر است. سرعت اکسیدیشن سلفردای اکساید در حضور کتلیست ها (منگان، آهن یا عوامل اکساید کننده قوی اوزون، هایدروجن پراکساید) به طور قابل توجهی افزایش می یابد. وجود آمونیا حالت تیزابی قطرات را کاهش می دهد و باعث اکسیدیشن فاز مایع می شود (Peza et al., 2021).

اکسیدیشن فاز مایع سلفردای اکساید به زمان و ویژگی های قلمروی که توده هوای آلوده در آن حرکت می کند نیز بستگی دارد. به این دلیل است که وقتی توده های هوا از مناطق دارای نایتروجن کم عبور می کنند، می توان محتوای آمونیا موجود در هوا را به دلیل مصرف آن توسط جزء زیستی کاهش داد (Суркова, 2016). جریان های اکسیدیشن هیتروجن می تواند منجر به تشکیل آئروسول هایی با اندازه ذرات ۱، ۰.۵-، ۰ میکرون می شود که حاوی تیزاب های سولفونیک و سولفینیک هستند. مکانیزم تشکیل آن ها را با استفاده از مثال تعامل SO_2 با پنتان نشان داده شده است:



تحقیقات نشان داده که در غلظت سلفردای اکساید در حدود 10^{15} cm^{-3} ، غلظت سولفونیک اسید در محصولات تعامل به 10^{12} cm^{-3} می رسد. اکسیدیشن سلفردای اکساید به SO_3 توسط آکسیجن اتموسفر نیز امکان پذیر است. کتلست های این جریان اکساید های فلزی موجود در هوا به شکل گردوغبار هستند (Organization, 2019).



در صورت وجود رطوبت، سلفردای اکساید محلول ضعیفی از سلفوریک اسید تشکیل می شود و به صورت باران تیزابی، میکرو فلور خاک و آب را مختل می کند، خاصیت تیزابی آن ها را تغییر می

دهد که باعث کاهش بهره‌وری آن‌ها می‌شود، در موجودیت قطرات آب باعث خوردگی در فلزات می‌شود (Syrkova, 2016; Yi et al., 2013).

اکسایدهای سلفر اثر مخربی بر پوست دارند، مجاری تنفسی و چشم را تحریک می‌کنند. آئروسول $(SO_3 + H_2O)$ سمی‌تر از H_2SO_4 است. اثر سمی آن قبلاً در غلظت ۱ میلی‌گرم بر مترمکعب ظاهر می‌شود و باعث سوختگی شدید و زخم‌های عمیق می‌شود (Белокурова et al., 2015). غلظت بالای سلفردای اکساید در اتوسفیر باعث ایجاد مشکلات تنفسی در انسان‌ها می‌گردد. (Syrkova, I. B. 2016).

بررسی روش‌های حذف سلفر از زغال‌سنگ

حذف سلفر به‌منظور ذیل از مواد سوخت جامد (زغال‌سنگ) صورت می‌گیرد:

۱. برای جلوگیری از زنگ زدن وسایل نقلیه
 ۲. برای از بین بردن بوی بد مواد سوخت
 ۳. برای کاهش آلودگی محیط‌زیست توسط سلفردای اکساید
- برای حذف محتوایی سلفر از زغال‌سنگ، از روش‌های فیزیکی، کیمیاوی، و بیولوژیکی استفاده می‌شود.

روش فیزیکی: روش‌های کار فیزیکی به اساس اختلاف کثافت، خواص مقناطیسی، الکترواستاتیکی استوار بوده که مقدار سلفر موجود در مرکبات معدنی را به همین مکانیزم از فعال سنگ جدا می‌کنند (Van Aelst, et al. 2000).

روش کیمیاوی: یکی از معمول‌ترین روش‌ها برای حذف سلفر از زغال‌سنگ می‌باشد. این روش قادر به حذف هر دو نوع سلفر عضوی و معدنی است که در آن عملیات استخراج، با استفاده از روش‌های همزنی و حرارتی صورت می‌گیرد (Alam H.G., et al. 2009).

۱- روش جاذب کاربن فعال: یکی از روش‌های که جهت حذف سلفر مورد توجه محققان قرار گرفته است، کاربن فعال با ظرفیت جذب بالا و ارزان‌قیمت می‌باشد،



شکل ۷- جاذب کاربن فعال (Yi, D, Huang, et al. 2013).

۲- روش بنتونیت: بنتونیت (خاک رس معدنی) دارای جاذب متخلخل به دلیل ظرفیت جذب بالا، قیمت ارزان و مساحت سطح بالا مورد توجه محققان قرار گرفته است (Yi, D, Huang, et al. 2013).

که به روش آسان و ارزان قیمت می‌تواند غلظت مرکبات سلفر را در مواد سوخت کاهش دهد.

(Ullah, et al. 2020).



شکل ۸- جاذب بنتونیت (Ullah, et al. 2020).

نتیجه‌گیری

- ✓ زغال سنگ سوخت جامدی است که برای آن مدل‌های متفاوت توسط دانشمندان پیشنهاد شده است.
- ✓ میزان سلفر یکی از شاخص اصلی کیفیت زغال سنگ بوده و افزایش آن بر کیفیت سوخت زغال سنگ تأثیر منفی می‌گذارد.
- ✓ سلفر یکی از اجزایی نامطلوب در زغال سنگ بوده که به شکل سلفردای اکساید وارد محیط شده و در اثر اکسیدیشن به سلفرترای اکساید تبدیل شده، سلفرترای اکساید با آب باران در جو یکجا شده به شکل باران‌های تیزابی وارد زمین شده و اثر مخربی بالای انسان‌ها و حیوانات به جا می‌گذارد.
- ✓ بناً بررسی انجام شده در سطح ۳۳ کشور جهان انجام شده تا برای حفاظت از اتموسفر، انتشار سلفردای اکساید به حداقل خود برسد.
- ✓ بهترین روش که برای حذف سلفر از زغال سنگ به کار گرفته شده جاذب‌های کاربن فعال و خاک‌رست می‌باشد که تا ۸۰٪ حذف ناخالصی‌ها مؤثر می‌باشد
- ✓ تحقیقات که در این مقاله انجام شده است، محتوایی بهتری راجع به (مشکلات محیطی مرکبات سلفر در زغال سنگ و راه‌های جلوگیری آن) جمع‌آوری شده و یک منبع بهتر در زبان دری برای محققان و محصلان می‌باشد. این موضوع در منابع دیگر به صورت پراکنده موجود بوده که محققان و محصلان رشته کیمیا نمی‌توانست از آن به صورت بهتر بهره‌مند شوند.
- ✓ تحقیقات انجام شده با محدودیت‌های کاری عملی و لابراتواری نیز همراه بوده لذا به مسئولان محترم پیشنهاد می‌گردد تا برای انجام کاری علمی و تحقیقی وسایل و مواد لازم را مهیا نمایند، تا مقدار سلفر موجود در زغال سنگ را به صورت عملی و تجربی انجام داده و به یک نتیجه بهتری برسیم.

- Starý, J., Jirasek, J., Pticeň, F., Zahradník, J., & Sivek, M. (2021). Review of production, reserves, and processing of clays (including bentonite) in the Czech Republic. *Applied Clay Science*, 205, 106049.
- Ali, M. F., Al-Malki, A., El-Ali, B., Martinie, G., & Siddiqui, M. N. (2006). Deep desulphurization of gasoline and diesel fuels using non-hydrogen consuming techniques. *Fuel*, 85(10-11), 1354-1363.
- Speight, J. G. (2015). *Handbook of petroleum product analysis*. John Wiley & Sons.
- Yu, G., Lu, S., Chen, H., & Zhu, Z. (2005). Oxidative desulfurization of diesel fuels with hydrogen peroxide in the presence of activated carbon and formic acid. *Energy & Fuels*, 19(2), 447-452.
- Basfar, A. A., & Mohamed, K. A. (2011). Radiation-induced desulfurization of Arabian crude oil and straight-run diesel. *Radiation Physics and Chemistry*, 80(11), 1289-1290.
- Attar, A., & Corcoran, W. H. (1978). Desulfurization of organic sulfur compounds by selective oxidation. 1. Regenerable and nonregenerable oxygen carriers. *Industrial & Engineering Chemistry Product Research and Development*, 17(2), 102-109.
- Федяева, О. Н., & Патраков, Ю. Ф. (2004). структура и свойства макромолекулярных фрагментов органического вещества углей. *химия твердого топлива*, (5), 24-31.
- Деменкова, Л. Г., & Игишева, А. Л. (2014). Каменный уголь: состав, строение, теории образования. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*, (3-2), 392-395.
- Кушнарев, Д. Ф., Пройдаков, А. Г., & Бисикало, А. Л. (2013), оличественная спектроскопия ЯМР многокомпонентных систем природного происхождения.
- World Health Organization. (2019). Ambient air pollution: training for health care providers (No. WHO/CED/PHE/EPE/19.12. 14). World Health Organization.
- Денисов, Г. В., Кузнецов, Д. Л., Новоселов, Ю. Н., & Ткаченко, Р. М. (2002). Конверсия оксидов серы и азота в воздухе под действием микросекундных пучков электронов. *Журнал технической физики*, 72(5), 102-107.
- Белокурова, В. М., Смольникова, П. В., Карбаинова, Н. В., & Волкова, Е. А. (2015). экологические проблемы в теплоэнергетике при сжигании твердого топлива. *Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика*, 1, 44-48.
- Perera, F. (2018). Pollution from fossil-fuel combustion is the leading environmental threat to global pediatric health and equity: Solutions exist. *International journal of environmental research and public health*, 15(1),16.

- Watts, N., Adger, W. N., Agnolucci, P., Blackstock, J., Byass, P., Cai, W., ... & Costello, A. (2015). Health and climate change: policy responses to protect public health. *The lancet*, 386(10006), 1861-1914.
- سورکوا، و. و. (2016). آنتروپوژنیک آلودگی هوا - عامل بیماری‌های
نوع ۱ سرطان. *مجله علمی و فناوری*, (3-1)،
74-83.
- Yi, D., Huang, H., Meng, X., & Shi, L. (2013). Desulfurization of liquid hydrocarbon streams via adsorption reactions by silver-modified bentonite. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52(18), 6112-6118.
- Ullah, S., Hussain, S., Ahmad, W., Khan, H., Khan, K. I., Khan, S. U., & Khan, S. (2020). Desulfurization of model oil through adsorption over activated charcoal and bentonite clay composites. *Chemical Engineering & Technology*, 43(3), 564-573.
- Dehbashi, M., Pahlavani, M., & Moradi, E. (2014). Investigating the effect of trade development and economic growth on the quality of the environment Living in Iran. *Economic Research*, 49(3), 463-482.
- Malumbazo, N. (2011). Chemical and physical structural studies on two inertinite-rich lump coals. *University of the Witwatersrand, Johannesburg*.
- Speight, J.G. (2002) Handbook of Petroleum Product Analysis, New Jersey: John Wiley & Sons, p. 454.
- Wise, W. (1981). Coal, water, fuel technology. In *Workshop US Dept. Energy. Pittsburgh, ETCTr-Report-NO. BNL* (Vol. 51427).
- Meshram, P., Purohit, B. K., Sinha, M. K., Sahu, S. K., & Pandey, B. D. (2015). Demineralization of low grade coal—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 745-761.
- Markuszewski, R., Wei, C. K., & Wheelock, T. D. (1980). Oxydesulfurization of coal treated with methyl iodide—Implications for removal of organic sulfur. *Am. Chem. Soc. Div. FuelChem. Prepr*, 25(2), 187-194.
- Ozbayoglu, G. (1998). Desulfurization of coal to protect the environment. In *Mineral processing and the environment* (pp. 199-222). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Jorjani, E., Rezai, B., Vossoughi, M., & Osanloo, M. (2004). Desulfurization of Tabas coal with microwave irradiation/ peroxyacetic acid washing at 25, 55 and 85 C. *Fuel*, 83(7-8), 943-949.
- Abdollahy, M., Moghaddam, A. Z., & Rami, K. (2006). Desulfurization of mezino coal using combination of 'flotation' and 'leaching with potassium hydroxide/methanol'. *Fuel*, 85(7-8), 1117-1124.
- Бухаркина, Т. В., Вержичинская, С. В., Дигуров, Н. Г., & Туманян, Б. П. (2009). Химия природных энергоносителей и углеродных материалов.
- Бунеева, Е., & Трясунов, Б. Г. (2017). Методы определения структуры угля. *Вестник Кузбасского государственного технического университета*, (4 (122)), 147-155.

- Москаленко, Т. В., Данилов, О. С., Михеев, В. А., & Леонов, А. М. (2009). Теоретические методы расчета структурных параметров органической массы угля (обзор). *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*, 10(12), 417-427.
- Liu, G., Peng, Z., Yang, P., & Wang, G. (2001). Sulfur in coal and its environmental impact from Yanzhou mining district, China. *Chinese Journal of Geochemistry*, 20, 273-281.
- Реза, С. С., Степнова, А. Ф., & Казиев, Г. З. (2021). ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СЕРЫ И ОБЩЕЙ ВЛАГИ В КАМЕННОМ УГЛЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУЗБАСС. *ББК 72: 4я431*, 432.
- Meshram, P., Purohit, B. K., Sinha, M. K., Sahu, S. K., & Pandey, B. D. (2015). Demineralization of low grade coal—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 745-761.
- Gürü, M., Sariöz, B. V., & Cakanyildirim, C. (2008). Oxidative desulfurization of tufanbeyli coal by hydrogen peroxide solution. *Energy Sources, Part A*, 30(11), 981-987.
- Van Aelst, J., Rodríguez, R. Á., Yperman, J., Jul, C. C., Franco, D. V., Mullens, J., & Van Poucke, L. C. (2000). Ap–tpr investigation of the effect of nitric acid leaching on the sulphur distribution in coal. *Fuel*, 79(5), 537-544.
- Alam, H. G., Moghaddam, A. Z., & Omidkhah, M. R. (2009). The influence of process parameters on desulfurization of Mezino coal by HNO₃/HCl leaching. *Fuel processing technology*, 90(1), 1-7.



Two quarterly

Ainak Academic- Research Journal

Logar Higher Education Institute

Journal license date: June/2023



Environmental problems of sulfur citrus in coal and ways to prevent it

Sayed Reza, Sarwari^{1*} and Amanullah Lami²

^{1*} Chemistry, Education, Nimroz Institute of Higher Education

² Biology, Education, Nimroz Institute of Higher Education.

Email: s.reza.sarwari@gmail.com

ABSTRACT

Problem Statement: Coal is one of the most important sources of energy supply, which is used in the production of coke, and it consists of two parts, organic and mineral materials, which organic materials are the main components of coal with herbal origin. The presence of impurities such as sulfur and ash, in coal, affects its quality and causes equipment to corrode and pollute the environment. Usually, as a result of burning coal, sulfur, especially sulfur dioxide (SO₂), is released in the environment, which has an adverse effect on human health and the environment through acid rain.

Objective: The objective of this research is to study and review the environmental problems of sulfur compounds in coal and ways to prevent them to minimize sulfur compounds in the atmosphere.

Method: To write this article, a descriptive and library (review) method was used, as well as international authoritative articles (Google Scholar, ISA) and computer were used.

Conclusion: As a result, to remove the impurities of the coal content by the active carbon absorber, clay has been investigated, which can reduce 80% of the sulfur content in the coal.

Keywords: sulfur removal method, coal, sulfur dioxide, environmental problems.

Cite this article: Sarwari· Sayed Reza & Lami, Amanullah.(2024). Environmental problems of sulfur citrus in coal and ways to prevent it, Ainak Academic – Research Journal (Two Quarterly), 1(2): 117- 129.

Logar Higher Education Institute

© The Author(s).
