

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ВЛАГИ И СЕРЫ В КАМЕННОМ УГЛЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУЗБАСС

Сарвари, Сайед Реза

Институт высшего образования Нимроза, педагогический факультет, Кафедра химии

Лами, Аманулла

Институт высшего образования Нимроза, педагогический факультет, Кафедра химии

### АННОТАЦИЯ

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- рассмотреть виды твердого топлива, его основные характеристики и марки угля, добываемого на территории Российской Федерации;
- рассмотреть и проанализировать экологическое воздействие, обусловленное процессами выработки и использования энергии твердого топлива, влияющее на качество атмосферного воздуха;
- провести исследование каменноугольного образца на содержание в нем влаги и серы.

**Ключевые слова:** Уголь, метод Ишка, окружающая среда,

### ВВЕДЕНИЕ

Сера и влаги присутствует во всех типах твердого топлива и входит в состав различных органических и неорганических соединений. Общее содержание серы в органических и минеральных массах твердого топлива называется серой и обозначается символом S.

Сера - нежелательная и даже вредная часть твердого топлива. Во время горения сера выделяется в виде оксидов, загрязняя и отравляя окружающую среду, что приводит к коррозии металлических поверхностей, снижению теплоты сгорания топлива и превращению его в кокс во время коксования, что ухудшает свойства и качество расплавленного металла.

Топливо-энергетический сектор является основой экономики и формирования бюджета любой развитой страны мира, в том числе и России. Одновременно с этим ТЭК является крупнейшим потребителем минеральных природных ресурсов

и главным загрязнителем окружающей среды. Угольная промышленность – одна из ведущих отраслей в ТЭК России [4]. Однако, именно при сжигании твердого топлива, по сравнению с жидким и газообразным, образуется большое количество вредных выбросов и загрязнение геосферных оболочек нашей планеты.

В твердых горючих ископаемых сера находится в виде минеральных составляющих, среди которых основными являются дисульфиды железа  $FeS_2$  (пирит и марказит) и сульфаты (в основном кальция и железа), а также в виде серосодержащих органических соединений. Другие разновидности (формы) серы в углях встречаются крайне редко и в незначительных количествах. Содержание общей серы и ее отдельных разновидностей колеблется в широком диапазоне и существенно влияет на эффективность процессов переработки топлив, качество угольной продукции и безопасность окружающей среды.

Суммарное содержание серы в угле (сера общая) представляет собой сумму трех форм серы:

- сульфатная сера — часть общей серы, входящая в состав неорганической массы угля в виде сульфатов;
- пиритная сера — часть общей серы, входящая в состав неорганической массы угля в виде пирита и марказита;
- органическая сера — часть общей серы, входящая в состав органических соединений.

Одним из основных показателей качества твердого топлива является содержание в нем серы. Присутствие серы значительно снижает теплоту его сгорания и оказывают сильное негативное влияние на окружающую среду, поэтому сера — крайне нежелательный элемент для топлива [1].

**Целью** настоящей работы заключается в определение общей влаги и серы в длиннопламенном каменном угле месторождения Кемеровской области Кузбасс.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методика исследования угольных проб включает в себя, пробоподготовку, лабораторно-аналитические исследования, методы обработки и интерпретацию результатов.

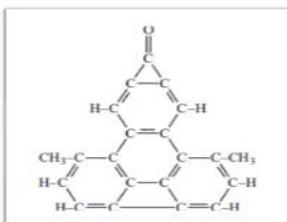
В соответствии с программой работ была выполнена пробоподготовка, определение общей и сульфатной серы и влажности образцов угля [2, 3].

Оценка проводилась по методикам, представленным в соответствующих ГОСТах.

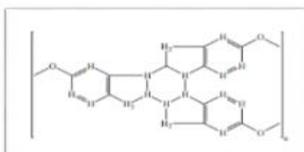
### Молекулярная органическая структура угля.

О молекулярной структуре органических веществ углей было высказано много различных мнений и даже предложены формулы или модели элементарных структурных единиц, не получившие общего признания [5, 11].

Гипотетическая формула молекулярной структуры каменного угля по Ф. Мюку

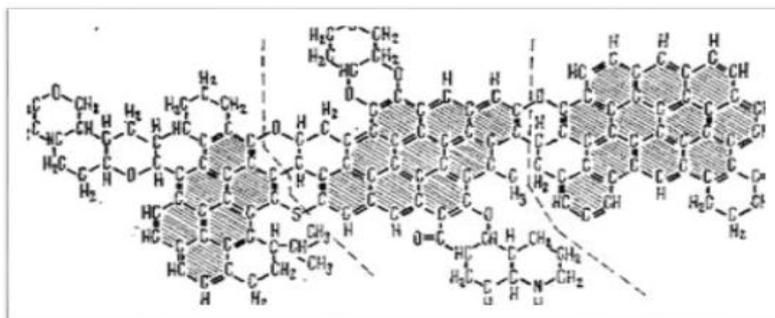


Модель элементарной структурной единицы каменного угля по Г. Сторчу



C135H98O9NSH/C=0,72

Модель макромолекулы витрена (малометаморфизованного каменного угля) по В. Фуксу и Д. В. Ван-Кревелену



Содержание *общей влаги в топливе* определяли по потере массы при высушивании на воздухе, поскольку угли высоких стадий метаморфизма, как в нашем случае, не окисляются при высушивании на воздухе при нагревании до 110 °С. Высушенные до воздушно-сухого состояния пробы образцов сначала измельчались, а затем высушивались в сушильном шкафу при 110 °С на воздухе. Массовую долю общей влаги рассчитывали по потере массы пробы по данной формуле.

$$w_t = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1}$$

где

$m_1$  - масса пустого бюкса, г;

$m_2$  - масса бюкса с пробой до сушки, г;

$m_3$  - масса бюкса с пробой после сушки, г.

Массовую долю общей влаги аналитической пробы принимали так среднее значение результатов 10 экспериментов, в которых суммарная масса пробы угля составила приблизительно 100 г.

Результаты определения общей влаги аналитической пробы представлены в таблице 1:

Бюкс 1		Бюкс 2		Бюкс 3		Бюкс 4		Бюкс 5	
m <sub>1</sub> (г)	54,9583	m <sub>1</sub> (г)	54,8995	m <sub>1</sub> (г)	55,0520	m <sub>1</sub> (г)	54,9455	m <sub>1</sub> (г)	54,9652
m <sub>2</sub> (г)	64,9815	m <sub>2</sub> (г)	65,0029	m <sub>2</sub> (г)	65,0941	m <sub>2</sub> (г)	65,0420	m <sub>2</sub> (г)	65,0073
m <sub>3</sub> (г)	63,9772	m <sub>3</sub> (г)	63,9198	m <sub>3</sub> (г)	64,0758	m <sub>3</sub> (г)	64,0011	m <sub>3</sub> (г)	63,9509
W <sub>t</sub> <sup>a</sup> (%)	10,02	W <sub>t</sub> <sup>a</sup> (%)	10,72	W <sub>t</sub> <sup>a</sup> (%)	10,14	W <sub>t</sub> <sup>a</sup> (%)	10,31	W <sub>t</sub> <sup>a</sup> (%)	10,52
Бюкс 6		Бюкс 7		Бюкс 8		Бюкс 9		Бюкс 10	
m <sub>1</sub> (г)	54,9325	m <sub>1</sub> (г)	55,0950	m <sub>1</sub> (г)	54,9725	m <sub>1</sub> (г)	55,0913	m <sub>1</sub> (г)	55,0180
m <sub>2</sub> (г)	64,9757	m <sub>2</sub> (г)	65,0971	m <sub>2</sub> (г)	65,0046	m <sub>2</sub> (г)	65,1571	m <sub>2</sub> (г)	65,0962
m <sub>3</sub> (г)	63,8659	m <sub>3</sub> (г)	64,1469	m <sub>3</sub> (г)	63,9984	m <sub>3</sub> (г)	64,1388	m <sub>3</sub> (г)	64,0723
W <sub>t</sub> <sup>a</sup> (%)	11,05	W <sub>t</sub> <sup>a</sup> (%)	9,95	W <sub>t</sub> <sup>a</sup> (%)	10,03	W <sub>t</sub> <sup>a</sup> (%)	10,82	W <sub>t</sub> <sup>a</sup> (%)	10,16

$$W_t^a = (10,2 + 10,72 + 10,14 + 10,31 + 10,52 + 11,05 + 9,95 + 10,03 + 10,82 + 10,16) / 10 = 10,39 \%$$

*Определение серы.* Общей серой называется ее суммарное содержание в органической и минеральной массах топлива. Ее определение проводилось по методу Эшка, широко распространенному в мире и признанному арбитражным методом.

Сущность этого метода состоит в спекании навески угля со смесью Эшка (смесь оксида магния и безводного карбоната натрия), в ходе чего происходит сгорание органической массы топлива и превращение всех форм серы в сульфаты натрия и магния, последующим растворением сульфатов в соляной кислоте, осаждении их хлоридом бария и дальнейшем весовом определении. Массовую долю общей серы в навеске аналитической пробы угля рассчитывают, исходя из полученной массы осадка сульфата бария.

Сущность метода определения сульфатной серы аналогична указанному только что и сводится к прямому гравиметрическому методу. Присутствие в солянокислом растворе соединений железа мешает весовому количественному определению сульфат-

ионов, поэтому перед определением проводят осаждение непиридного железа аммиаком. Пиридное железо в этих условиях в раствор не переходит.

В данной работе проводилось определение содержания общей и сульфатной серы в пробе образца. Содержание летучей серы (органической +пиридной) рассчитывалось как разность между общей и сульфатной серой:

$$S_{\text{летуч}} = S_{\text{общ}} - S_{SO_4}$$

Массовую долю общей серы  $S_{\text{общ}}^a$  в пробе, выраженную в процентах, вычисляют по формуле:

$$S_t^a = \frac{13.74 (m_2 - m_3)}{m_1}$$

$m_1$ - масса навески топлива, взятой для анализа, г.

$m_2$ - масса сульфата бария, полученная при анализе топлива, г;

$m_3$  - масса сульфата бария, полученная в холостом опыте, г;

$$S_{\text{общ}}^a = \frac{13.74 (0,2982 - 0,0108)}{1,053} = 3.75\%$$

Массовую долю сульфатной серы  $S_{SO_4}^a$  в пробе, выраженную в процентах, вычисляют по формуле:

$$S_{SO_4}^a = \frac{13.74 (m_2 - m_3)}{m_1}$$

$m_1$ - масса навески топлива, взятой для анализа, г.

$m_2$ - масса сульфата бария, полученная при анализе топлива, г;

$m_3$  - масса сульфата бария, полученная в холостом опыте, г;

$$S_{SO_4}^a = \frac{13.74 (0,240 - 0,0108)}{1,077} = 2,95 \%$$

Массовая доля летучей серы, которая является суммой содержания органической и пиридной (колчеданной) серы, рассчитывали по формуле:

$$S_{\text{летуч}}^a = S_{\text{общ}}^a - S_{SO_4}^a = 3,75 - 2,95 = 0,8 \%$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

- 1) главными требованиями к использованию твердого топлива являются:
- ✓ достаточность запасов природных топливных ресурсов,
  - ✓ минимизация вредного воздействия на экологию в ходе добычи, переработки и использования,
  - ✓ экономическая целесообразность добычи и использования.

2) Правильный выбор способа сжигания для каждого вида угля, усовершенствование установок различной мощности для его сжигания, обогащение угля и другие мероприятия повышают эффективность его использования.

3) В целом, по двум из указанным пунктам использование твердого топлива в качестве тепло- и энергоресурса в России оправдано, однако экологическая составляющая данной комплексной проблемы настойчиво говорит в пользу поиска иных источников тепла и энергии.

## РЕЗУЛЬТАТ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выбор путей использования и способов сжигания углей зависит, среди прочего, от данных показателей. Согласно нормам показателей качества, характеризующих безопасность угольной продукции, содержание общей серы в каменном угле не должно превышать 3 %. Качество угля, предназначенного для отправки потребителям, подвергается предварительному контролю со стороны отдела технического контроля предприятий угольной промышленности на каждом угольном предприятии. Однако, полученные нами данные говорят о превышении содержания общей серы в исследуемом образце больше, чем на 0,5 %. Расхождения между результатами двух экспериментальных определений содержания общей серы не превышали 0,1%, что соответствует установленной норме и позволяет говорить о «чисто» проведенном эксперименте. Содержание влаги в 10, 39 % – достаточно высокий показатель, негативным образом сказывающийся на теплосодержательных характеристиках угля.

## REFERENCES

1. ГОСТ 8606-2015 (ISO 334:2013) Межгосударственный стандарт. Топливо твердое минеральное. Определение общей серы. Метод Эшка (с Поправкой). Дата введения 01.04.2017. [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/1200133268> (дата обращения: 01.01.2021)
2. ГОСТ 30404-2013 (ISO 157:1996) Межгосударственный

- стандарт. Топливо твердое минеральное. Определение форм серы. Дата введения: 01.01.2015. [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/1200107845> (дата обращения 26.01.2021).
3. ОСТ Р 52911-2013 Национальный стандарт Российской Федерации. Топливо твердое минеральное. Определение общей влаги (с Поправкой). Дата введения 01.01.2015 [Электронный ресурс]:
4. <http://docs.cntd.ru/document/1200107159> (дата обращения 26.01.2021) Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. Утверждена Правительство Российской Федерации от 09 июня 2020. № 1523-р. [Электронный ресурс]:
5. <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения: 01.01.2021) Liu G., Peng Z., Yang P, Wang G. Sulfur in coal and its environmental impact from Yanzhou mining district//Chinese Journal of Geochemistry. 2001. 20 (273).
6. Кушнарев, Д. Ф. Количественная спектроскопия ЯМР многокомпонентных систем природного происхождения / Д. Ф. Кушнарев, А. Г. Пройдаков, А. Л. Бисикало. – Иркутск: ИГУ, 2013. – 105 с.
7. Каратаева, Ф. Х. Спектроскопия ЯМР в органической химии. Часть I. Общая теория ЯМР. Химические сдвиги  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ : Уч. пособие / Ф. Х. Каратаева, В. В. Ключков. – Казань: Казанский федеральный университет, 2013. – 129 с.
8. Пименов, Г. Г. Краткий курс по ядерному магнитному резонансу: Уч. пособие / Г. Г. Пименов, Б. И. Гизатуллин. – Казань: КГУ, 2008. – 55 с.
9. Smith, K. L. Geochemistry and macromolecular structure of coal / K. L. Smith, L. D. Smoot, T. H. Fletcher, R. J. Pugmire // The Structure and Reaction Processes of Coal. Ch. 3. – New York: Springer Science +Business Media, 1994. – P. 37–76.
10. Gavalas, G. E. Pyrolysis. – Amsterdam-Oxford-New York: Elsevier scientific publishing company, 1982. – 168 p.
11. Given, P. H. An essay on the organic geochemistry of coal, in Coal Science, Vol. 3 (M. L. Gorbaty, J. W. Larsen and I. Wender, eds.). New York: Academic Press, 1984. – 63–252 p.

