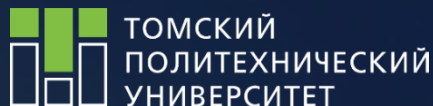


X Международный Российско-Казахстанский симпозиум «Углекислотная и экология Кузбасса» - 2021



tpu.ru

СОСТАВ ГАЗОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ГОРЕНИИ ОРГАНОВОДОУГОЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Няшина Галина Сергеевна , к.т.н., ассистент

13 июля 2021, г. Кемерово

Исследования выполнены при поддержке гранта Минобрнауки России, Соглашение № 075-15-2020-806

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

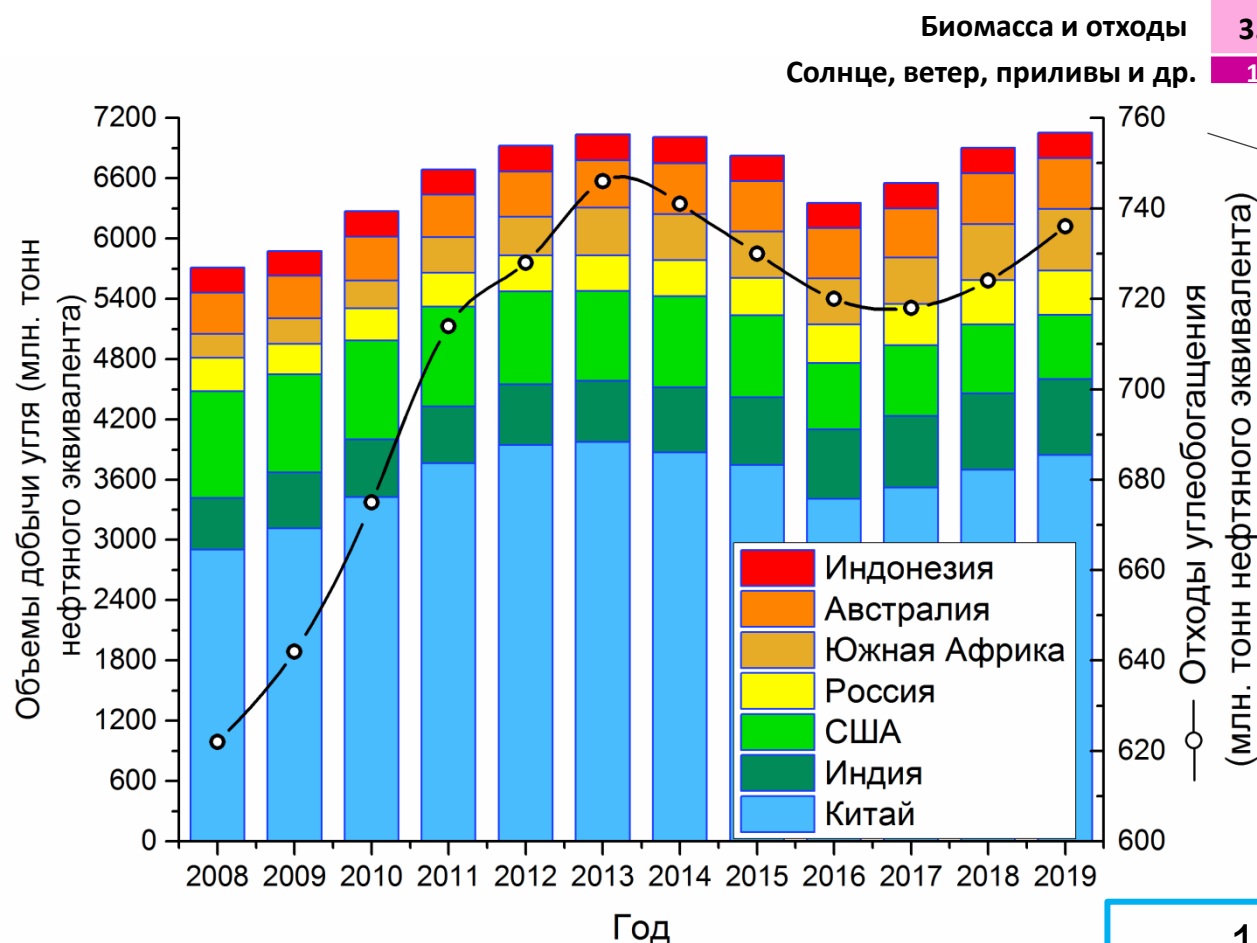


Рис.1. Объемы производства угля и отходов его переработки в период с 2008 по 2019 год [1]



Рис. 2. Потребление первичных энергоресурсов [1]

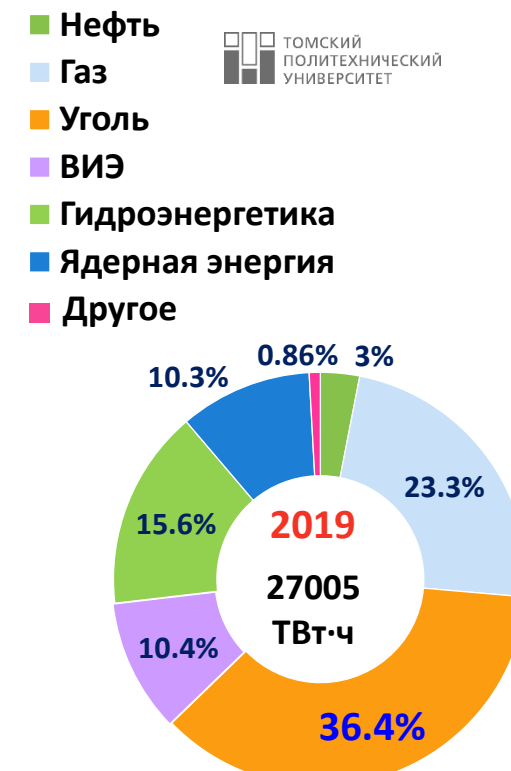


Рис. 3. Мировая выработка электроэнергии [1]

1. В первой половине 2020 года глобальный **прирост мощностей** возобновляемых источников электроэнергии **был на 11% ниже**, чем за тот же период в 2019 году [2].

2. Мощности угольной генерации в 2020 году остались **на прежнем уровне** (2 125 ГВт) [2].

[1] BP Statistical Review of World Energy 2020.

<http://www.bp.com/statisticalreview>

[2] Electricity Market Report - December 2020. International Energy Agency.

<https://webstore.iea.org/>

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Возможные компоненты



Водоугольные топлива



Органоводоугольные топлива



BP Statistical Review of World Energy, 2019.

Strizhak, P. A. et al., (2019). Effective incineration of fuel-waste slurries from several related industries. Environmental Research, 176, 108559

Zhao, Z. et al. (2019). Energy utilization of coal-coking wastes via coal slurry preparation: The characteristics of slurring, combustion, and pollutant emission. Energy, 168, 609–618.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель настоящей работы заключается в экспериментальном исследовании компонентного состава газообразных продуктов сгорания, образованных при горении группы составов, содержащих отходы разных отраслей промышленности.

Измеряемые величины:

$O_2, CO, CO_2, H_2, SO_2, NO$

Газоанализатор Testo-340



Газоанализатор Тест-2

Измеряемые величины:
 $O_2, CO, CO_2, H_2, CH_4, HCl, H_2S, SO_2, NO, NO_2$



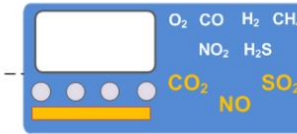
Координатный механизм



Компьютер

Муфельная печь Nabertherm R 50/250/13

Керамическая трубка



Газоанализатор Testo-340

Газоанализатор Тест 1

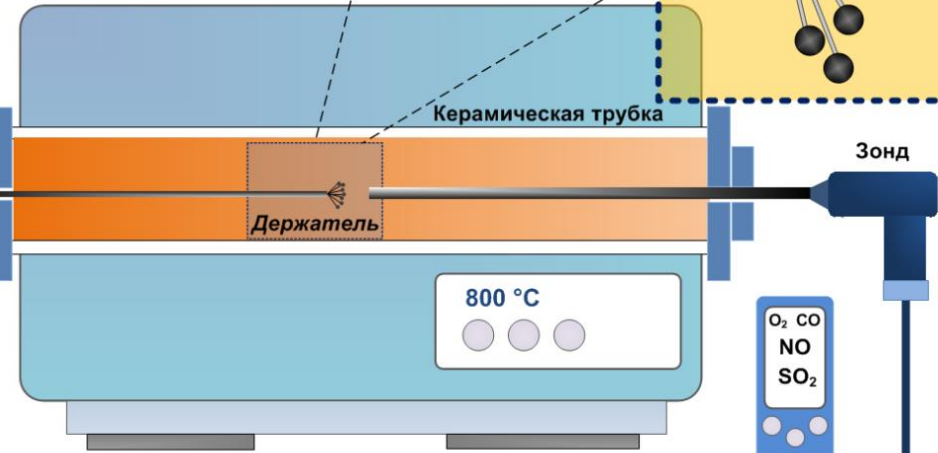
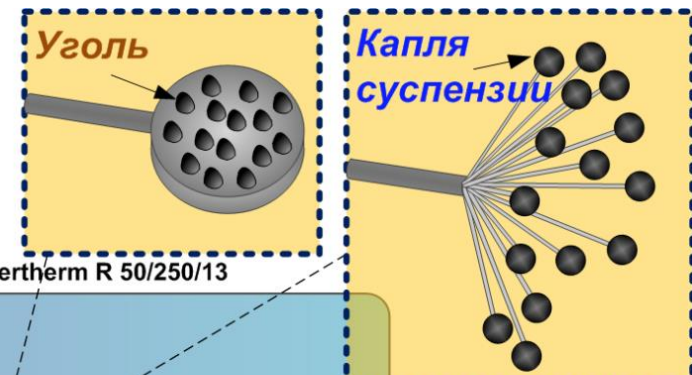


Рис. 4. Схема экспериментального стенда.

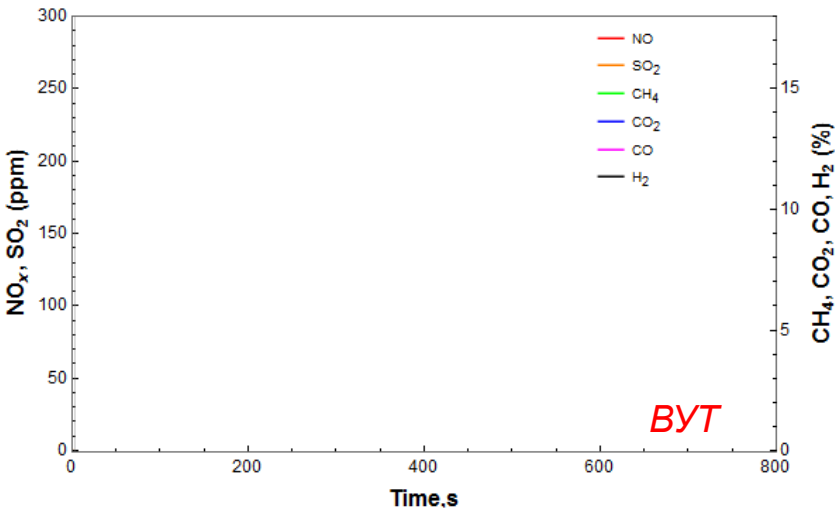
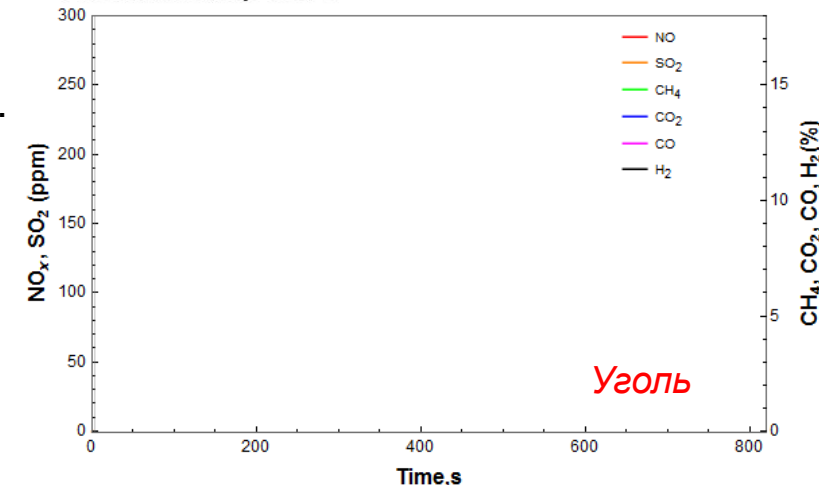


Рис. 5. Тренды изменения концентраций газов.



ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРЕНИЯ

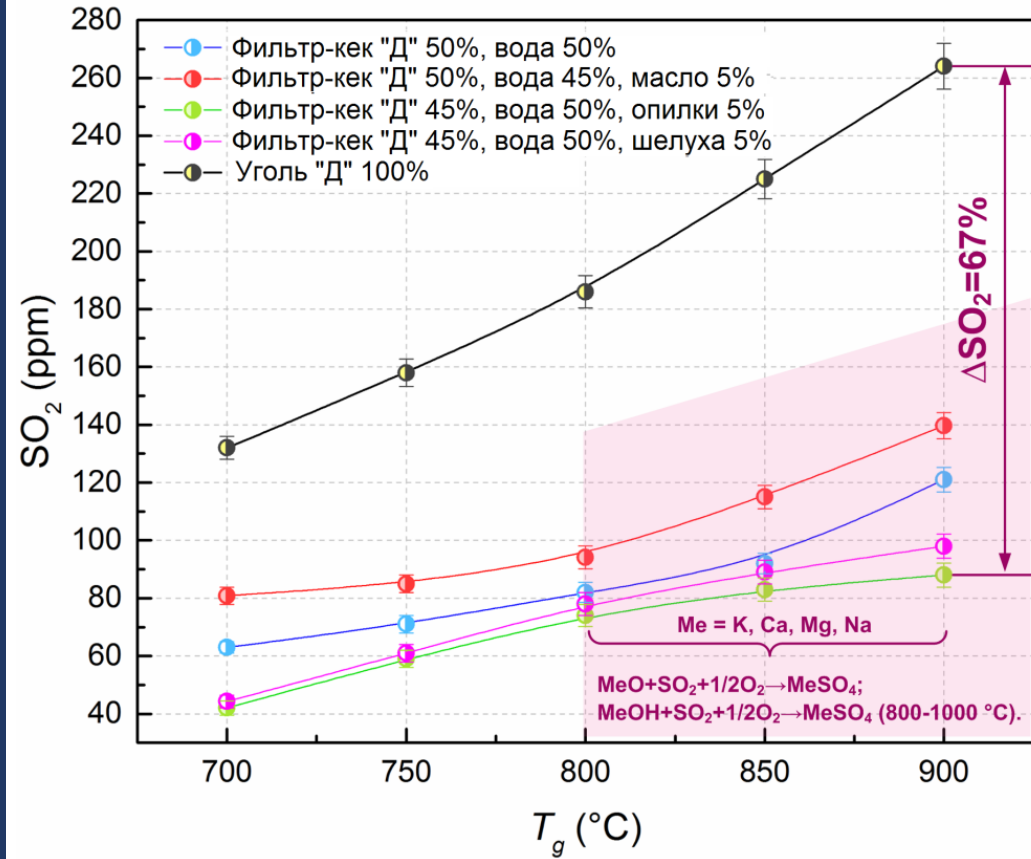


Рис.6. Средние концентрации оксидов серы SO₂.

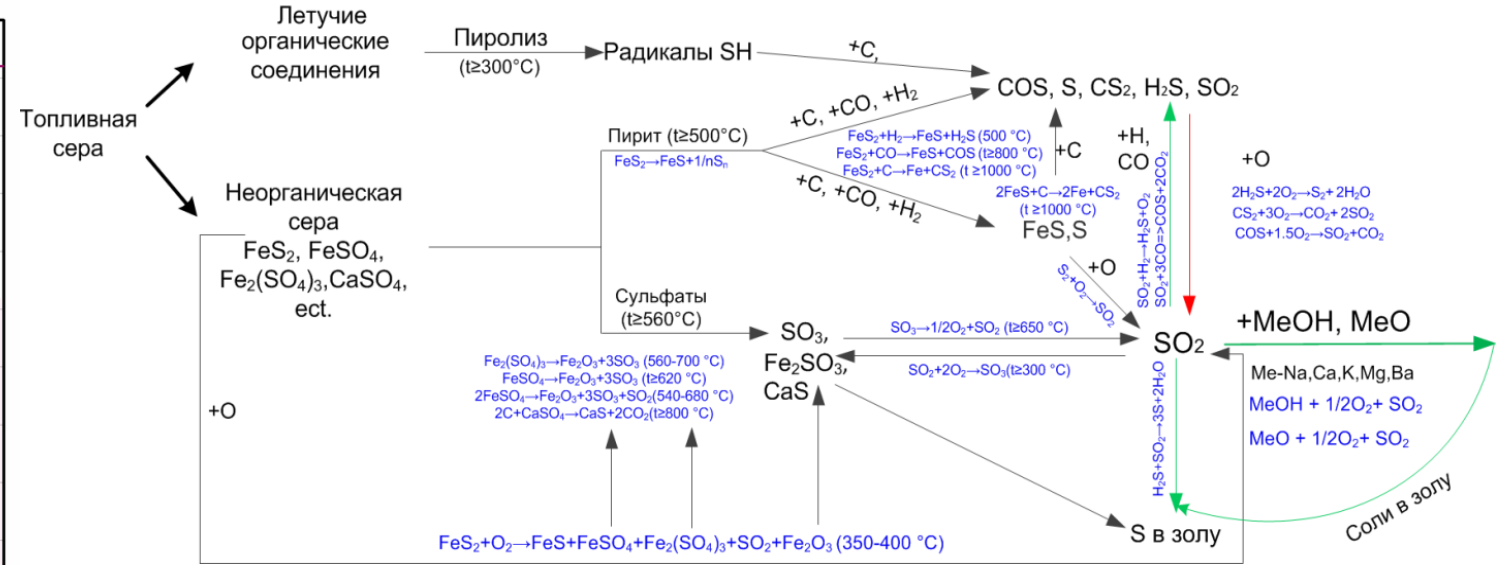


Рис.7. Механизм и стадии образования SO₂.

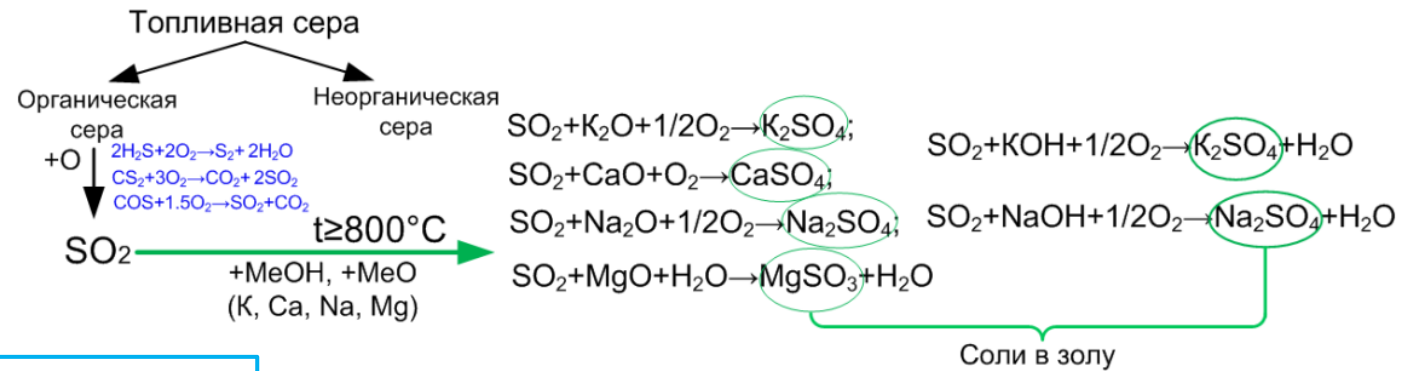


Рис.8. Химические взаимодействия между оксидами серы и соединениями металлов

Dorokhov V.V., Kuznetsov G.V., Nyashina G.S., Strizhak P.A. Composition of a gas and ash mixture formed during the pyrolysis and combustion of coal-water slurries containing petrochemicals. Environmental Pollution. 2021. V. 285. Article number 117390

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРЕНИЯ

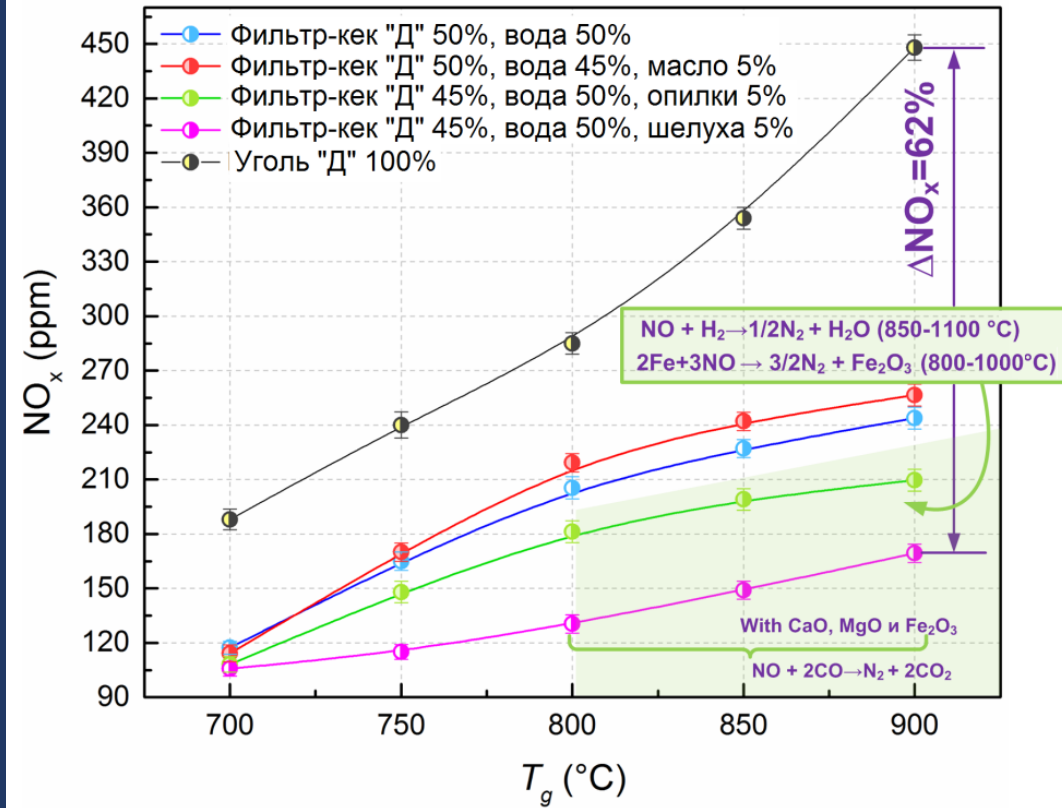


Рис.8. Средние концентрации оксидов азота NO_x .

Рис.9. Механизм и стадии образования NO_x .

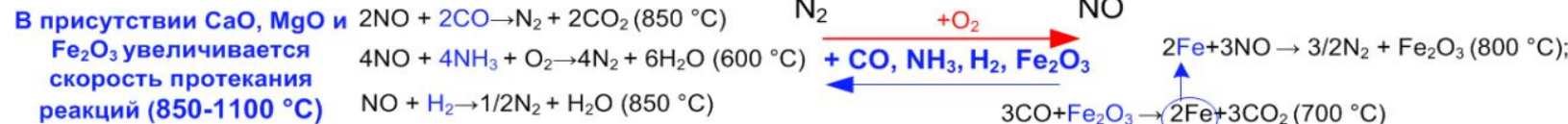
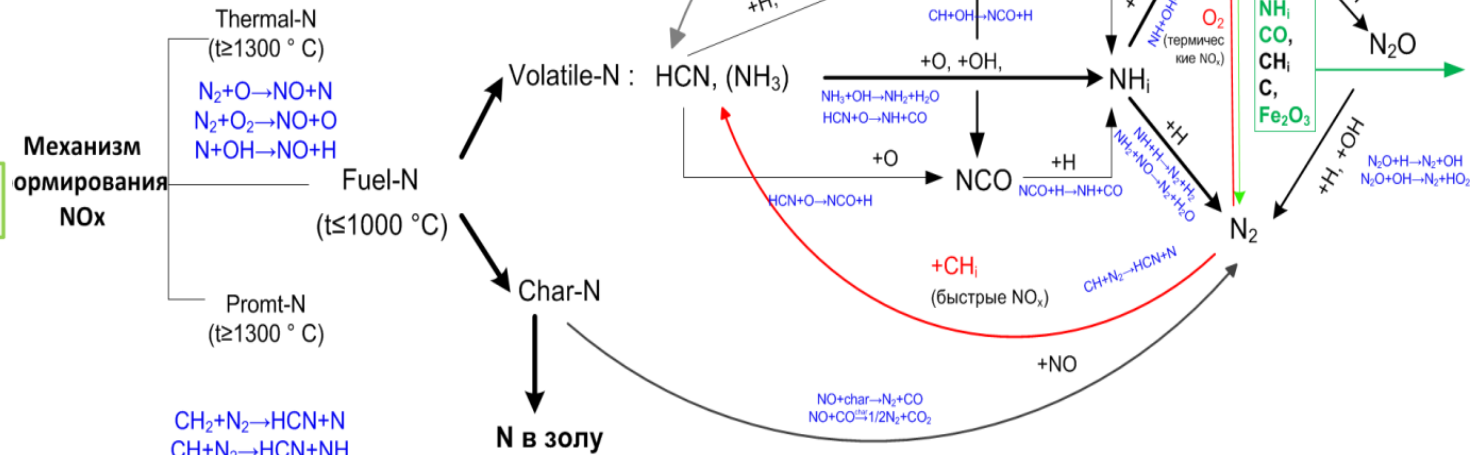
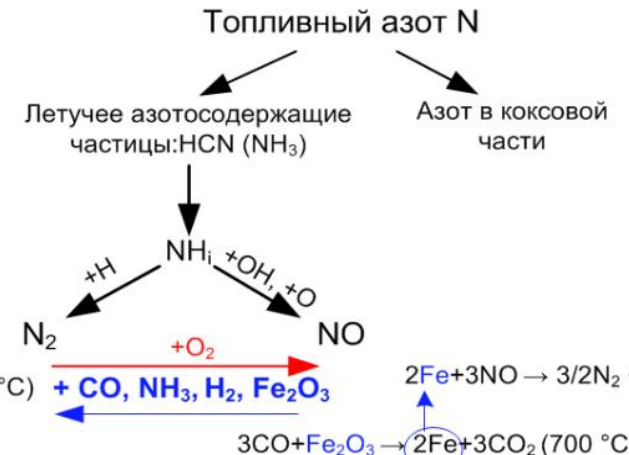
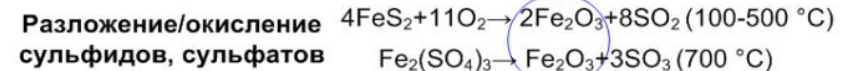


Рис.10. Реакции восстановления оксида азота.



ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРЕНИЯ

Dorokhov V.V., Kuznetsov G.V., Nyashina G.S., Strizhak P.A. Composition of a gas and ash mixture formed during the pyrolysis and combustion of coal-water slurries containing petrochemicals. Environmental Pollution. 2021. V. 285. Article number 117390

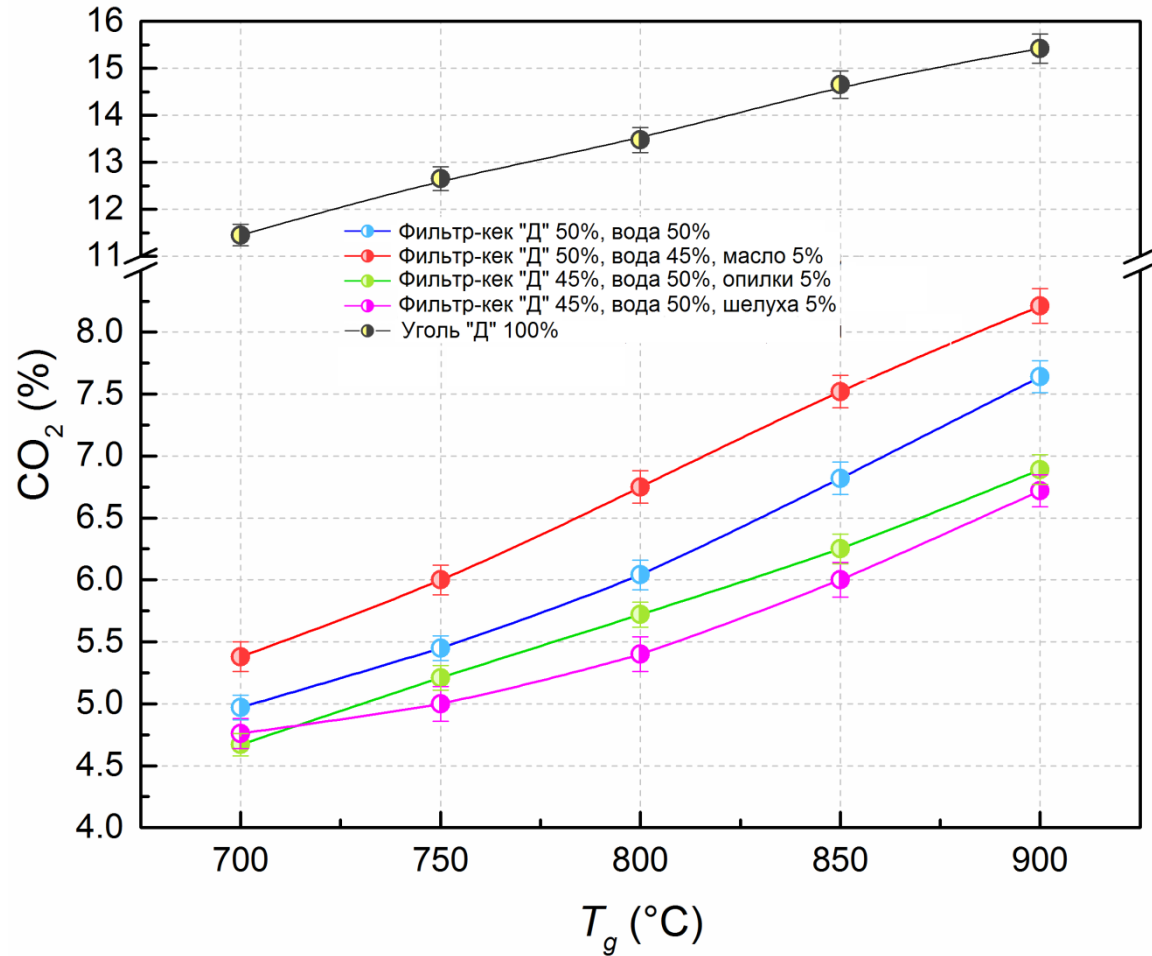
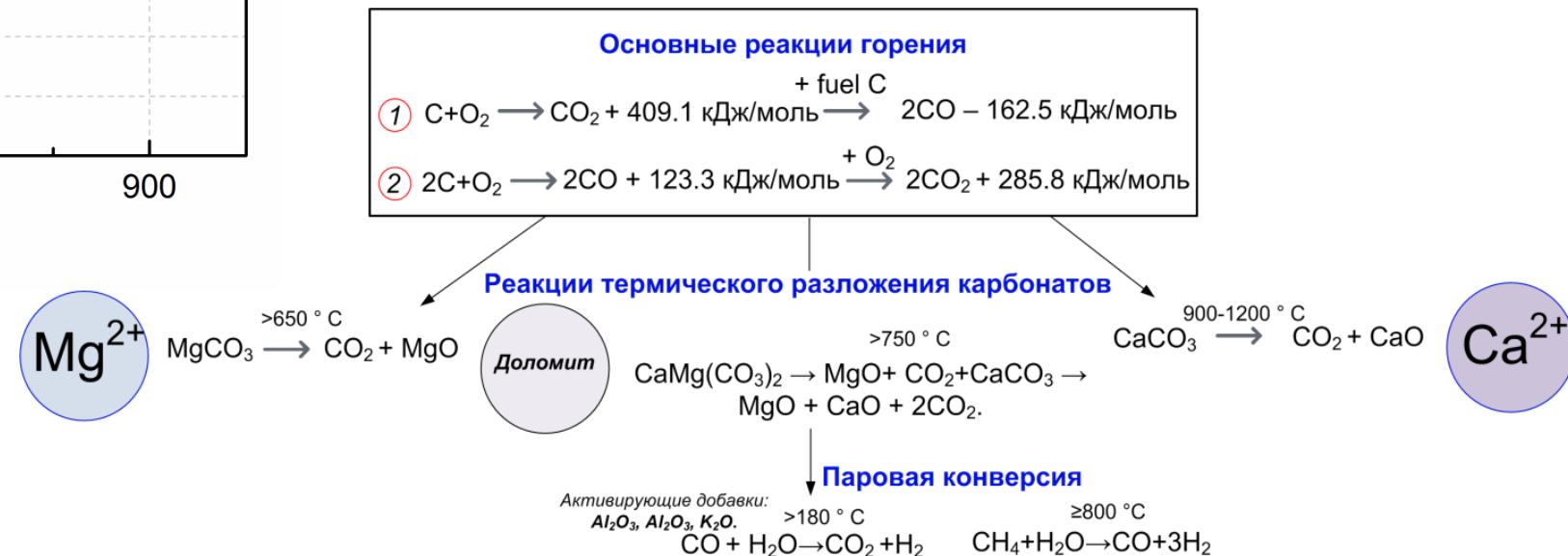


Рис. 11. Средние концентрации оксидов углерода CO_2

Рис. 12. Схема реакций оксида и диоксида углерода.



МУЛЬТИКРИТЕРИАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОПЛИВ

Для определения эффективности использования **топлива** на энергетических предприятиях применяются методики:

Weight sum method (Метод взвешенных сумм)

$$A_n = \sum w_j \cdot x_{ij},$$

w_j – весовой коэффициент для каждого критерия;
 x_{ij} – нормализованное значение критерия

Weight product method (Метод взвешенных произведений)

$$A_n = \prod x_{ij}^{w_j},$$

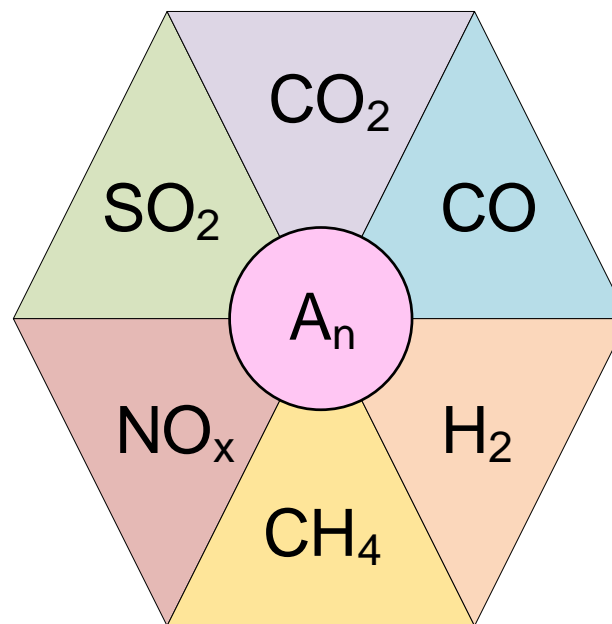
Analytic Hierarchy Process (Метод аналитической иерархии)

Выбор критериев и весовых коэффициентов происходит на основе определенной иерархической структуры. Цель располагается на нулевом уровне иерархии.

Достоинства методов:

Достаточность исходных данных.

Простота производимых расчетов.



МУЛЬТИКРИТЕРИАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОПЛИВ

Нормализованные значения показателей

$$A_n = \sum C \cdot X,$$

A_n – обобщенный экологический показатель,
 C – значение весового критерия для каждого критерия сравнения,
 X – нормализованное значение отдельного показателя.

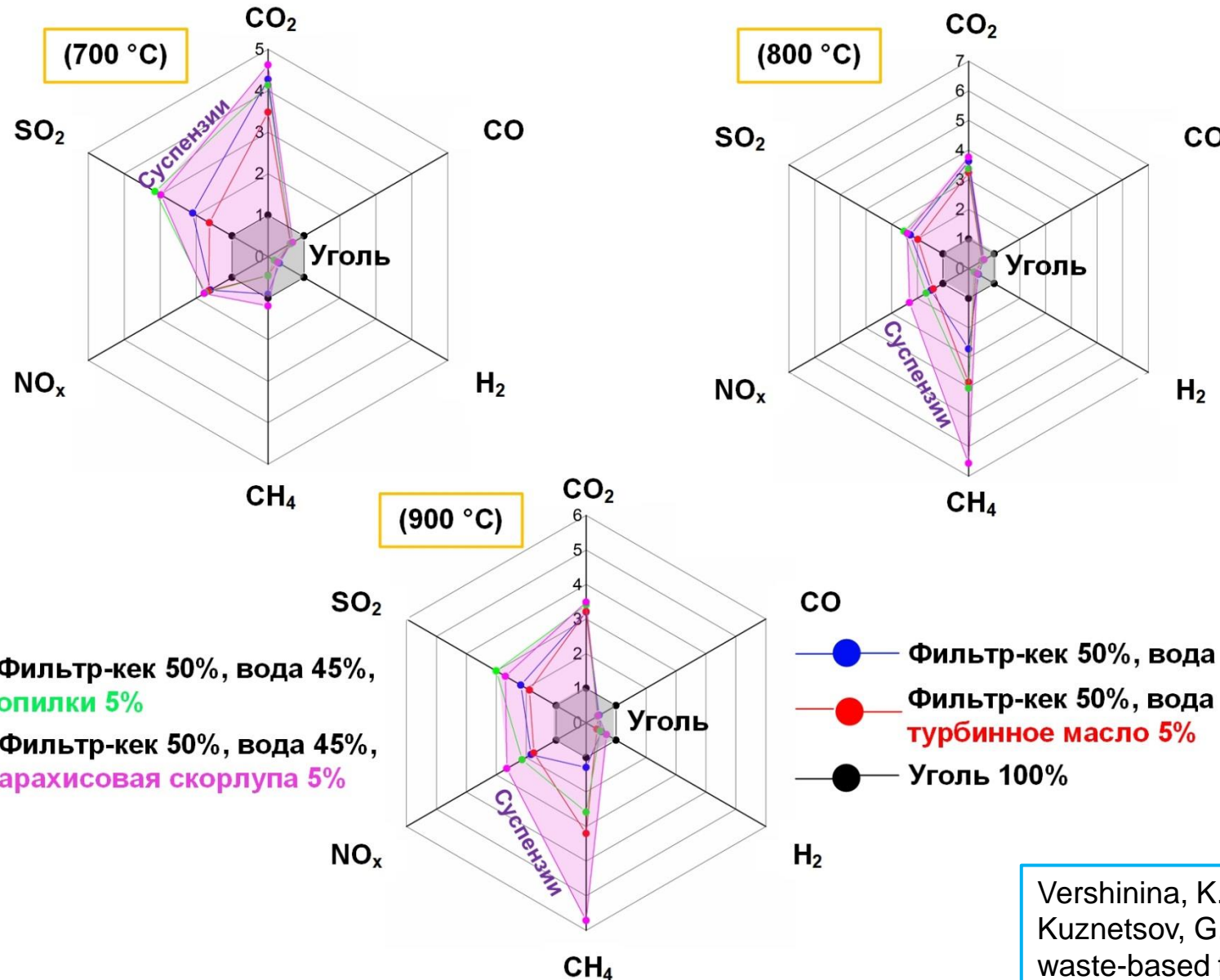


Рис. 13. Нормализованные значения экологических показателей

Vershinina, K., Dorokhov, V., Romanov, D., Nyashina, G., & Kuznetsov, G. (2020). Multi-criteria efficiency analysis of using waste-based fuel mixtures in the power industries of China, Japan, and Russia. Applied Sciences (Switzerland), 10(7)

НОРМИРОВАНИЯ ГАЗОВЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ВЫБРОСОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ГОРЕНИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СУСПЕНЗИОННЫХ ТОПЛИВ В СРАВНЕНИИ С ТРАДИЦИОННЫМ УГЛЕМ

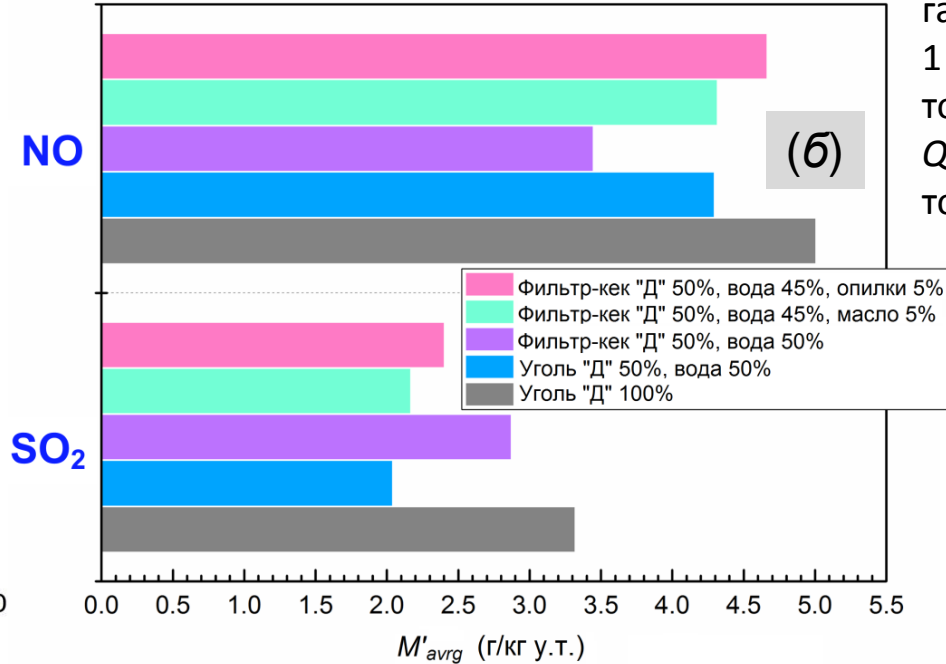
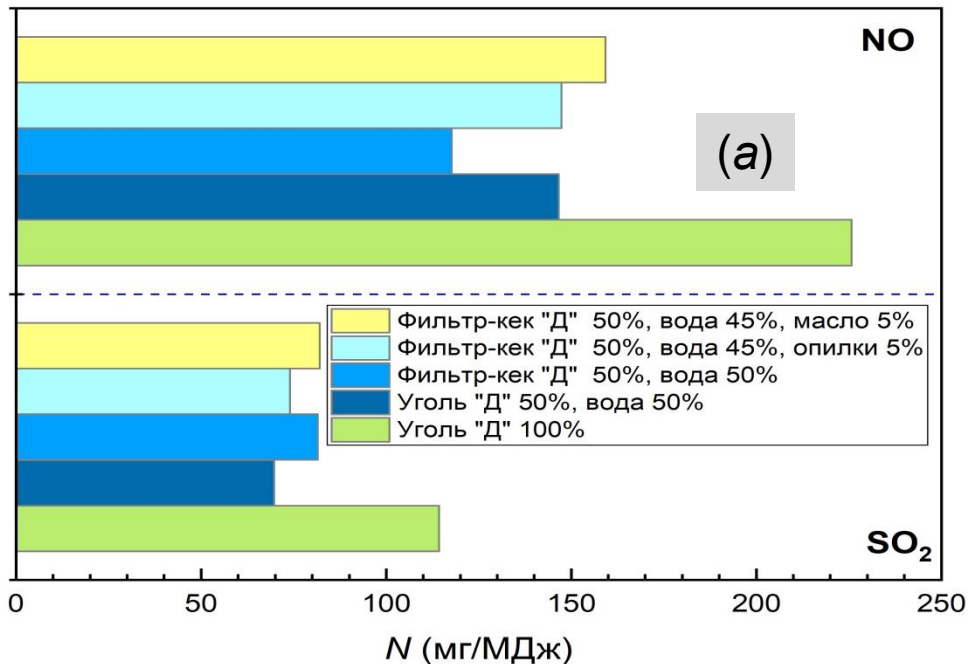
Нормирование относительно удельных выбросов загрязняющего вещества, приходящегося на кг условного топлива и 1 МДж тепловой энергии [1]

Выбросы загрязняющего вещества

Удельные выбросы загрязняющего вещества

$$M_j = C_j \cdot V_{dg} \cdot B_f \cdot 10^{-3}$$

$$M'_j = \frac{M_j}{B_f \cdot Q_{y.t.}} \cdot Q_{y.m.}$$



где C_j – измеренная (максимальная/средняя) концентрация вещества в уходящих газах при сжигании i -го вида топлива, мг/м³ при н.у.; V_{dg} – удельный объем сухих дымовых газов, образующихся при сгорании 1 кг топлива, при $\alpha = 1.4$, м³/кг топлива; B_f – расход топлива, кг/с; $Q_{y.t.}$ – теплота сгорания условного топлива (29.3 МДж/кг у.т.)

[1] РД 34.02.305-98. Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС

Рис. 14. Удельные концентрации антропогенных выбросов: а – массовые выбросы, приходящиеся на кг условного топлива (у.т.); б – выбросы, приходящиеся на 1 МДж тепловой энергии


ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ


1. Установлено, что применение суспензионных топлив позволяет **снизить выбросы диоксида углерода в 1.8–2.4 раза** по сравнению с углем.
2. Сжигание угля характеризовалось наивысшими выбросами оксидов азота. Средние значения **концентраций NOx для угля выше в 1.4–2.6 раза** по сравнению с суспензионными жидкими топливами. **Добавка биомассы позволила снизить выбросы оксидов азота на 7–30%** в сравнении с традиционной водоугольной суспензией и композицией с примесью отработанного турбинного масла.
3. В результате экспериментов установлено, что при горении угля **концентрации SO₂ в 1.9–3.1 раза выше**, чем у суспензий. **Дополнительного снижения выбросов оксиды серы** можно достичь за счет **использования биомассы** в составе. Небольшая добавка (5%) растительного компонента обеспечивает снижение концентраций SO₂ на 5–33% относительно суспензий без них.
4. По результатам вычислений обосновано, что **экологический показатель эффективности для топливных суспензий превосходит** аналогичный параметр для каменноугольного топлива **на 28–56%**. Наивысшее значение данного показателя получено для топливной суспензии с добавкой опилок.


Благодарю за внимание!

Няшина Галина Сергеевна

к.т.н., ассистент

 634050, г. Томск, улица Усова дом 7, аудитория 128

 тел.: (+7 3822) 701-777 доп. 3463

 gsn1@tpu.ru

 <http://hmtslab.tpu.ru>