

# **АДСОРБЦИОННАЯ СЕРООЧИСТКА ГАЗОВ**

# ГОСТ Р 50831 - 95. Установки котельные. Тепломеханическая часть. Общие технические требования.

## Нормативы удельных выбросов в атмосферу оксидов серы для твердых и жидких топлив

Тепловая мощность котлов Q, МВт (паропроизводительность котла D, т/ч)	Приведенное содержание серы, S <sup>пр</sup> , % кг/МДж	Ввод котельных установок на ТЭС до 31.12.2000 г.			Ввод котельных установок на ТЭС с 01.01.2001 г.		
		Массовый выброс SO <sub>x</sub> на единицу тепловой энергии, г/МДж	Массовый выброс SO <sub>x</sub> , кг/т.у.т.	Массовая*) концентрация SO <sub>x</sub> в дымовых газах при α = 1,4, мг/м <sup>3</sup>	Массовый выброс SO <sub>x</sub> на единицу тепловой энергии, г/МДж	Массовый выброс SO <sub>x</sub> , кг/т.у.т.	Массовая*) концентрация SO <sub>x</sub> в дымовых газах при α = 1,4, мг/м <sup>3</sup>
До 199 МВт (до 320 т/ч)	0,045 и менее	0,875	25,7	2000	0,5	14,7	1200
	более 0,045	1,5	44,0	3400	0,6	17,6	1400
200 – 249 МВт (320 – 400 т/ч)	0,045 и менее	0,875	25,7	2000	0,4	11,7	950
	более 0,045	1,5	44,0	3400	0,45	13,1	1050
250 – 299 МВт (400 – 420 т/ч)	0,045 и менее	0,875	25,7	2000	0,3	8,8	700
	более 0,045	1,5	44,0	3400	0,3	8,8	700
300 МВт и более (420 т/ч и более)	0,045 и менее	0,875	25,7	2000	0,3	8,8	700
	более 0,045	1,3	38,0	3000	0,3	8,8	700

\*) при нормальных условиях (температура 0°C, давление 101,3 кПа), сухие газы

## ХЕМОСОРБЕНТЫ

Реагенты: - известняк  $\text{CaCO}_3$ ; ✘  
- известь  $\text{Ca(OH)}_2$ ; ✘  
- сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;  
- поташ  $\text{K}_2\text{CO}_3$

Хемосорбция - химическое связывание твердым материалом

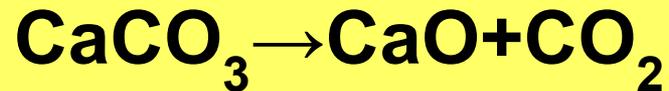
## СУХОЙ ИЗВЕСТНЯКОВЫЙ МЕТОД

Этот способ именуется **сухой известняковой технологией (СИТ)**.

Она основана на обжиге тонко размолотого известняка  $\text{CaCO}_3$  в топочной камере при температуре **1000-1100<sup>0</sup>С** до образования извести **CaO** с последующим её взаимодействием с диоксидом серы  $\text{SO}_2$ .

# ПРОЦЕССЫ СВЯЗЫВАНИЯ ОКСИДОВ СЕРЫ

Процесс **кальционирования известняка** с образованием активной извести (900-1000°C):



Химическая **реакция связывания оксидов серы (хемосорбция)** на **поверхности известняка** при температурах от 900 до 500°C:

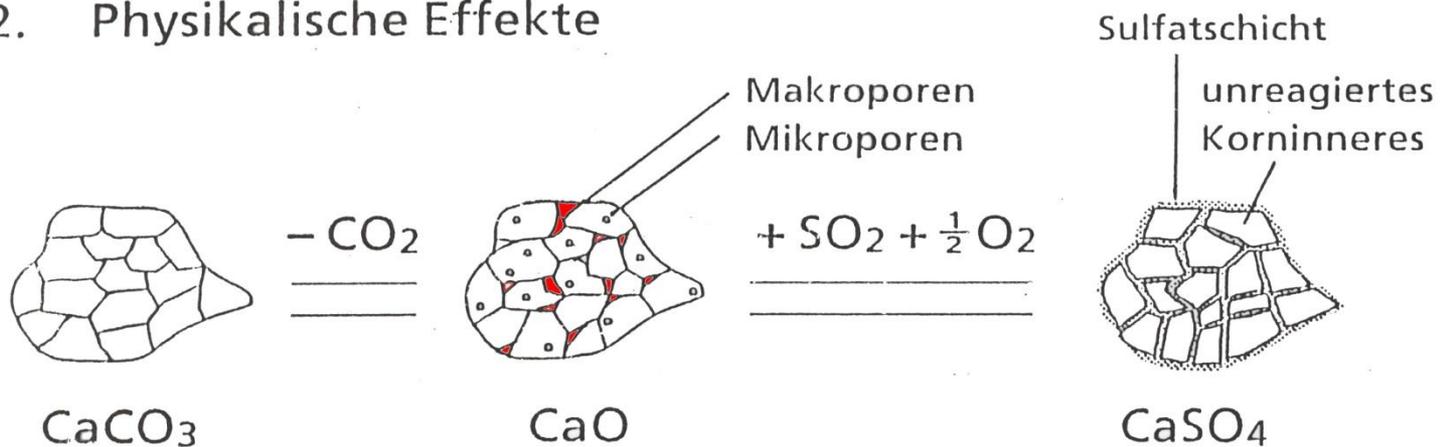


## *Mechanismus der Entschwefelung mit Kalkstein*

### 1. Chemische Reaktionen



### 2. Physikalische Effekte



## СУХОЙ ИЗВЕСТНЯКОВЫЙ МЕТОД

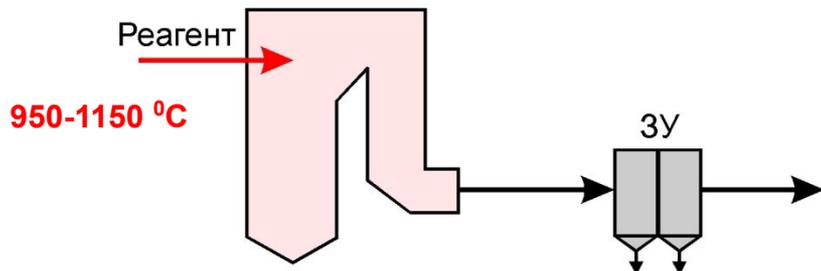
Размолотый известняк  $\text{CaCO}_3$  из стационарной силосной башни подают в расходный бункер. Из него – в верхнюю часть топочной камеры, где имеется зона с температурой дымовых газов **1000-1100<sup>0</sup>С**. Частицы известняка при этой температуре разлагаются с образованием активной извести  $\text{CaO}$ , которая взаимодействует с  $\text{SO}_2$  при температуре газов около **850<sup>0</sup>С**.

При температуре газов приблизительно **500<sup>0</sup>С** связывание диоксида серы прекращается, и летучая смесь золы с отходами сероочистки уходит с дымовыми газами в золоуловитель. В результате реакции образуется безводный гипс (ангидрид).

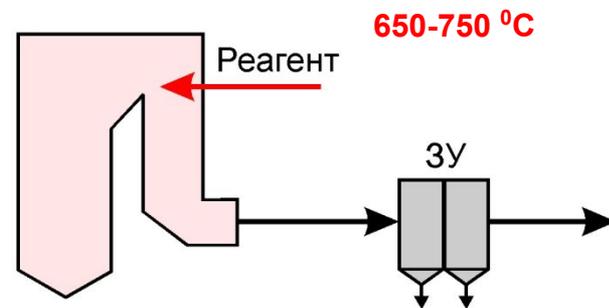
# СУХОЙ ИЗВЕСТНЯКОВЫЙ МЕТОД

Существуют следующие схемы реализации данного метода:

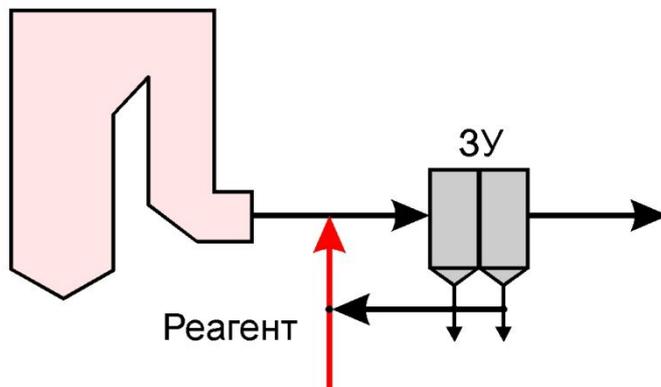
а) Ввод реагента в топочную камеру



б) Ввод реагента в конвективную шахту



в) Ввод реагента в газоход перед ЗУ



Условия эффективности реакции:

- размер известняка 30-50 мкм
- мольное отношение  $Ca/S=2-2,5$
- $\Delta SO_x = 20-35\%$

В данной методе велики эксплуатационные затраты. Поэтому он не нашёл широкого применения.

# СУХОЙ ИЗВЕСТНЯКОВЫЙ МЕТОД

**Применение СИТ имеет ряд особенностей:**

- ввод известняка в дымовые газы **изменяет химический состав золы** и **снижает** в результате этого **температуру начала деформации золы**, что может привести к **увеличению шлакования поверхностей нагрева**.
- известь  $\text{CaO}$  реагирует в первую очередь с триоксидом серы  $\text{SO}_3$ , так что **температура насыщения паров серной кислоты (сернокислотная точка росы) снижается**.

**Данный метод позволяет многократное использование реагента.**

Эффективность увеличивается, если зола топлива содержит  $\text{CaO} > 20-30\%$ .

## СУХАЯ СЕРООЧИСТКА

В целом сухой метод сероочистки характеризуется сравнительно низкой степенью связывания оксидов серы (20÷35%) и невысоким коэффициентом использования известняка.

Значительный расход реагента (повышенные значения  $Ca/S = 2 \div 2,5$ ) порождает образование больших количеств твердых отходов, которые невозможно утилизировать.

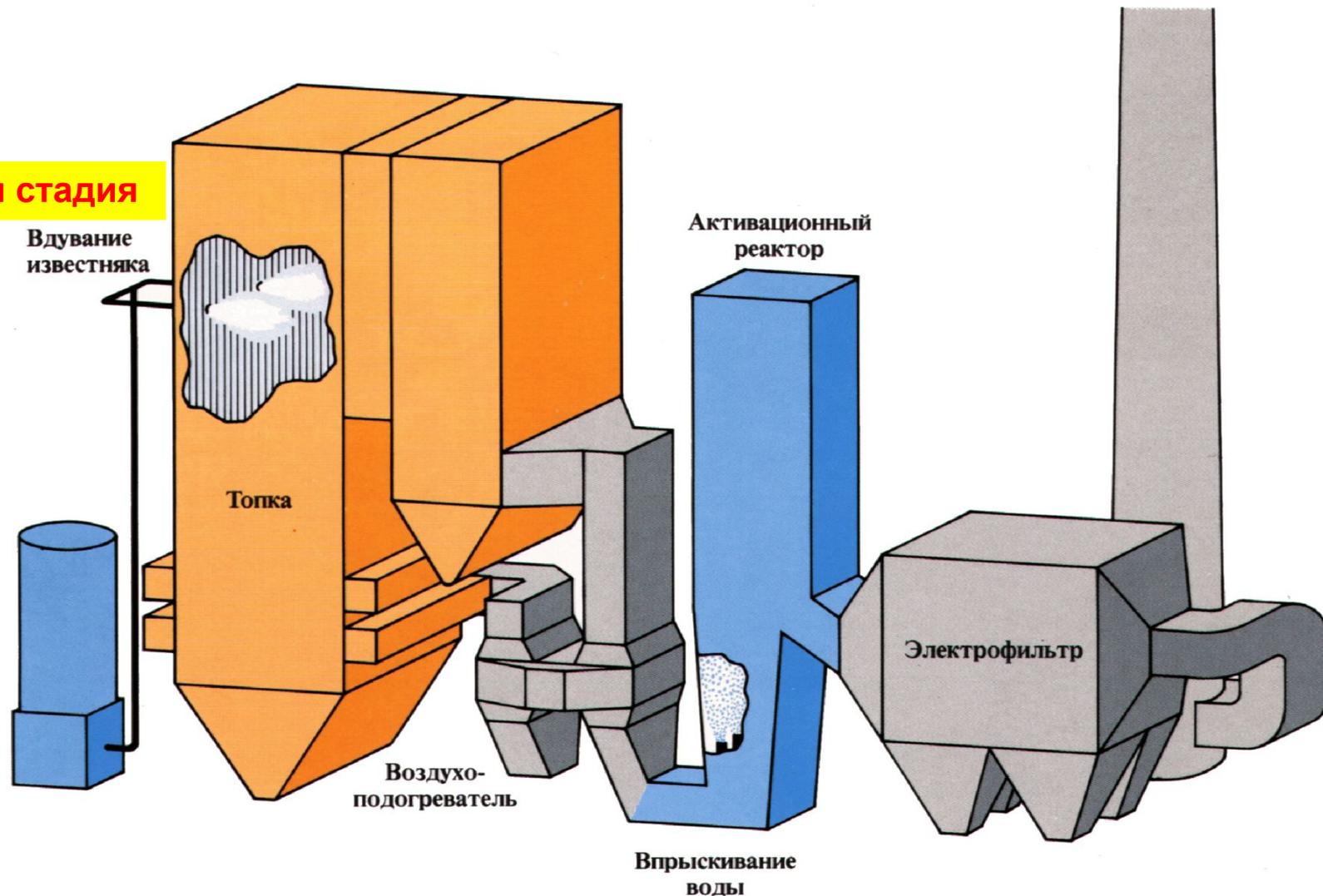
Появление отложений на котельных поверхностях нагрева из-за изменения свойств летучей золы.

Это во многих случаях ограничивает применение сухой сероочистки дымовых газов на ТЭС.

Наибольший эффект по очистке дымовых газов получен при сжигании бурых углей. Несколько худшие показатели дает применение этого метода при сжигании каменных углей.

# АДДИТИВНЫЙ СУХОЙ МЕТОД СЕРООЧИСТКИ (ПРОЦЕСС LIFAC)

## Первая стадия



## АДДИТИВНЫЙ СУХОЙ МЕТОД СЕРООЧИСТКИ (ПРОЦЕСС LIFAC)

На первой стадии процесса LIFAC карбонат кальция непосредственно разлагается термически с образованием оксида кальция и углекислого газа (процесс кальционирования известняка):

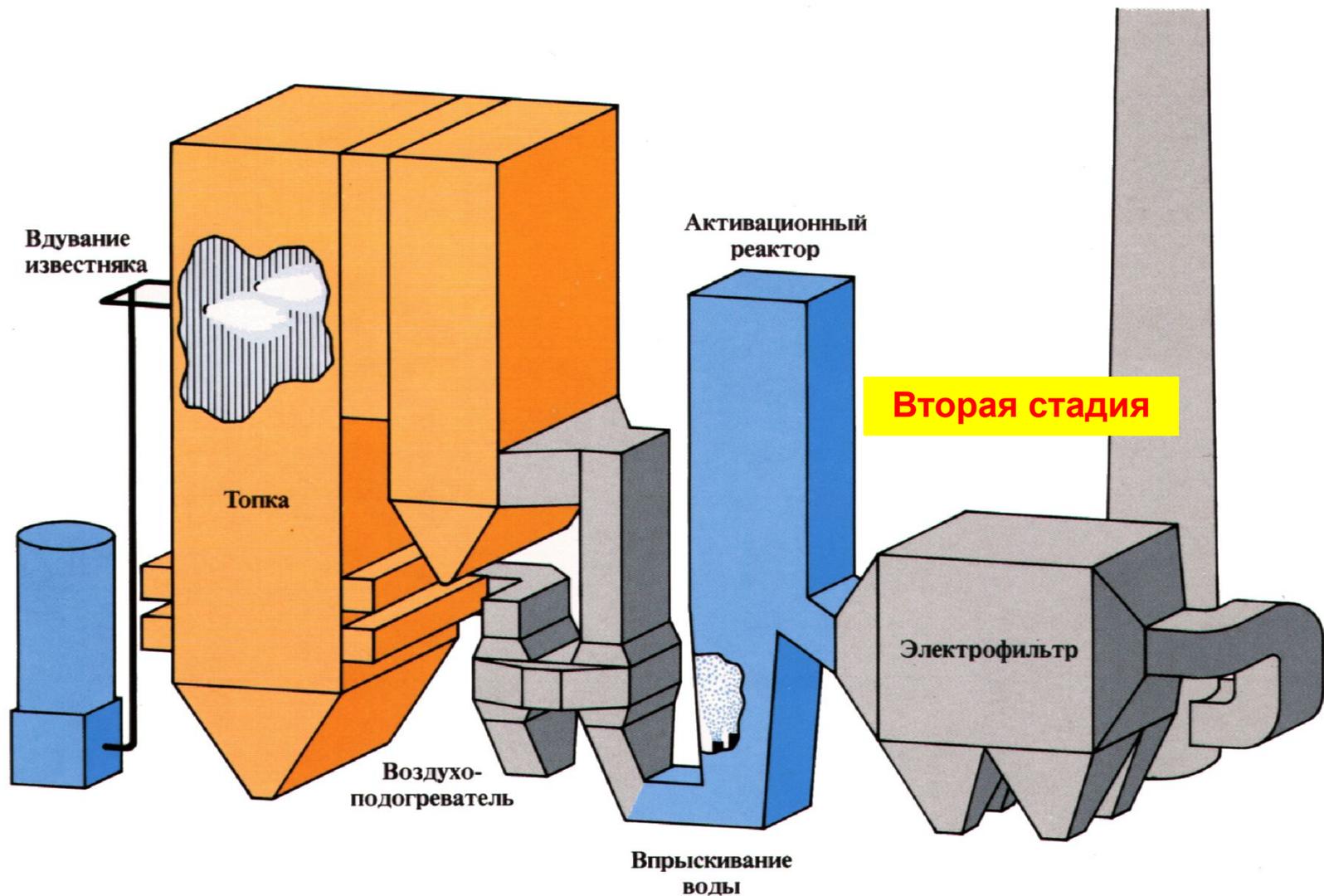


Часть диоксида серы вступает в реакцию с оксидом кальция, образуя сульфит и сульфат кальция:



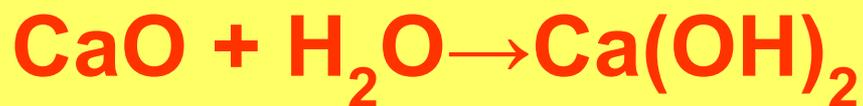
Степень улавливания оксидов серы в топке находится на уровне 30÷35%.

# АДДИТИВНЫЙ СУХОЙ МЕТОД СЕРООЧИСТКИ (ПРОЦЕСС LIFAC)



## АДДИТИВНЫЙ СУХОЙ МЕТОД СЕРООЧИСТКИ (ПРОЦЕСС LIFAC)

Образовавшиеся сульфит и сульфат кальция и непрореагировавший оксид кальция перемешиваются с летучей золой в потоке дымовых газов, которые в восходящем газоходе орошают водой, впрыскиваемый в активационный реактор. При этом **в реакторе реализуется вторая стадия процесса**, включающая следующие реакции:



## АДДИТИВНЫЙ СУХОЙ МЕТОД СЕРООЧИСТКИ (ПРОЦЕСС LIFAC)

Реакционная среда, созданная впрыском воды, значительно повышает утилизацию оксида кальция. Чем ближе к температуре точки росы  $\text{H}_2\text{O}$  охлаждаются дымовые газы, тем эффективнее идет процесс связывания оксидов серы. Распыл воды и оптимальный размер капли достигается при помощи системы сопел, производящих распыл под давлением. Рабочая температура в активационном реакторе на  $10\div 15^\circ\text{C}$  превышает температуру точки росы  $\text{H}_2\text{O}$ , в силу чего дымовые газы и продукты реакции остаются сухими.

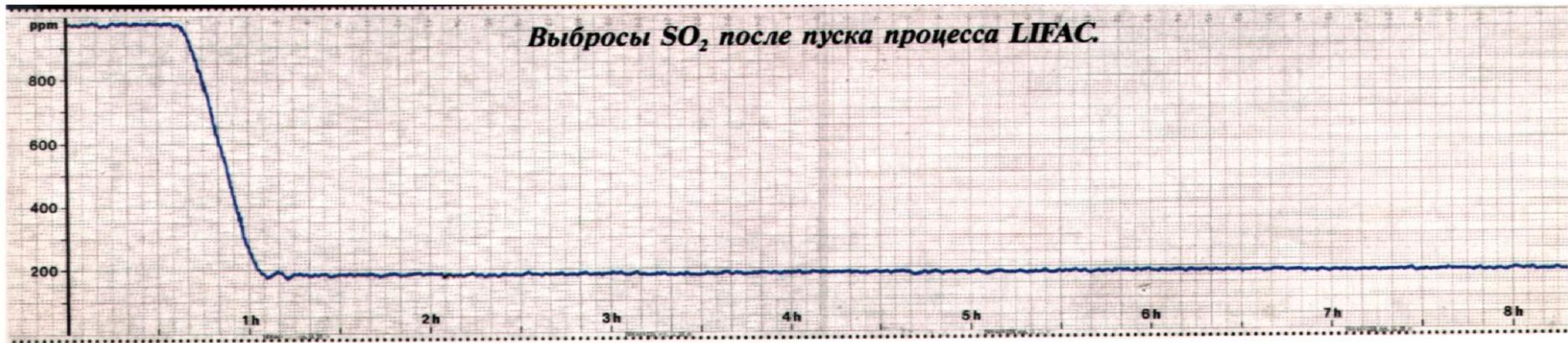
## АДДИТИВНЫЙ СУХОЙ МЕТОД СЕРООЧИСТКИ (ПРОЦЕСС LIFAC)

$Ca/S = 1,5 \div 2,5$

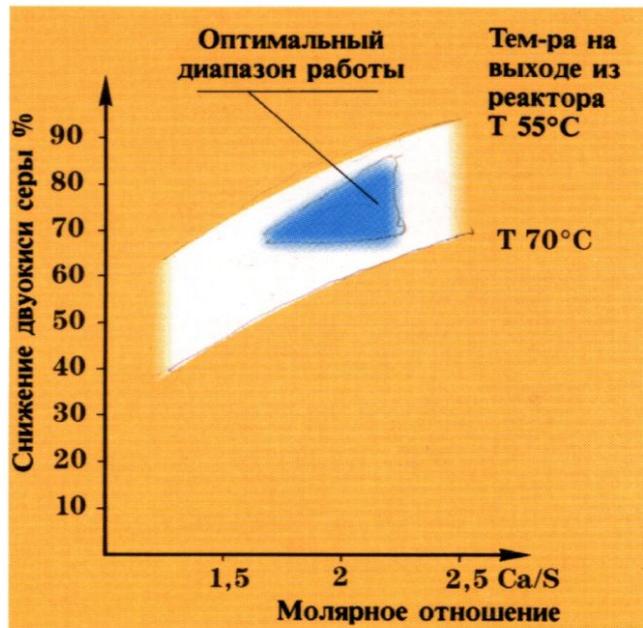
### Типичный состав конечного продукта:

- летучая зола - 50÷70%
- сульфит кальция  $CaSO_3$  - 10÷15%
- сульфат кальция  $CaSO_4$  - 10÷15%
- известь  $CaO$ ,  $CaCO_3$ ,  $Ca(OH)_2$  - 5÷15%
- влага или вода, включая кристаллизационную воду - 2÷5%

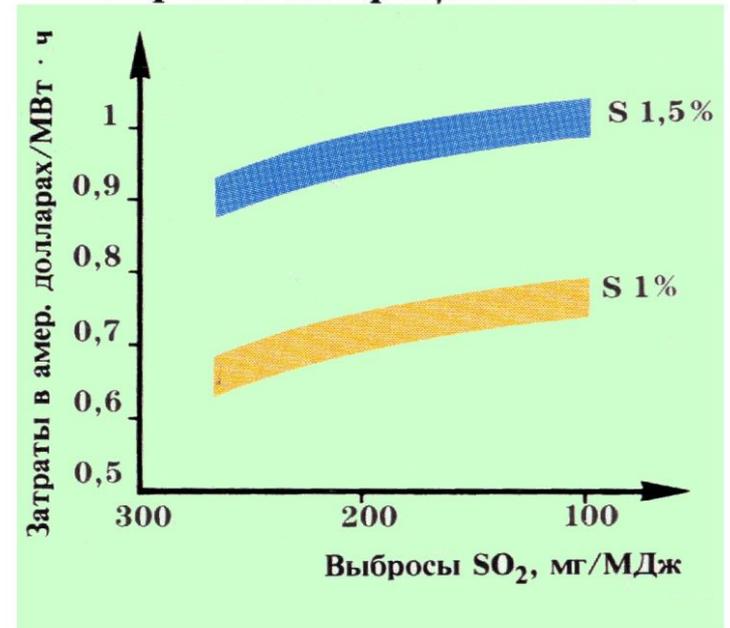
# ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА LIFAC



## Диапазон работы процесса LIFAC



## Эксплуатационные затраты на процесс LIFAC



# АДДИТИВНЫЙ СУХОЙ МЕТОД СЕРООЧИСТКИ (ПРОЦЕСС LIFAC)

## Преимущества процесса LIFAC:

- низкие эксплуатационные (2,5-3% от выработки электроэнергии) и капитальные затраты;
- возможность снижения выбросов летучей золы;
- малая потребность в площади, легкость эксплуатации, быстрый пуск и останов, простая автоматизация и др.

## Недостатки:

- продукты сгорания после выхода из активационного реактора, где охлаждаются впрыскиваемой водой, имеют температуру всего 55-70° С. Поэтому для улучшения рассеивания дымовых газов и предотвращения конденсации требуется обеспечить их подогрев в специальном теплообменнике перед подачей в дымовую трубу.
- с целью предотвращения отложений на конвективных поверхностях нагрева необходимо организовать их периодическую очистку.