

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального  
образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

# Методы защиты окружающей среды

---

Лекция №1 Влияние ТЭС на  
окружающую среду

---

# СОДЕРЖАНИЕ

- 1) Понятие «Экология»
  - 2) Влияние ТЭС на окружающую среду
  - 3) Вредные выбросы, образующиеся при сжигании различных видов топлива
  - 4) Материальный баланс станции
-

# Литература

## ■ **основная:**

- Жабо В.В. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС: учебное пособие / В.В. Жабо. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 240с.
- Пугач Л.И. Энергетика и экология: Учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 504 с.
- Саломатов В.В. Природоохранные технологии на тепловых и атомных электростанциях / В.В. Саломатов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 853 с.
- Росляков П.В. Методы защиты окружающей среды: учебник для вузов / П.В. Росляков. – М.: Изд-во МЭИ, 2007. – 336 с.
- Повышение экологической безопасности ТЭС: учебное пособие для вузов / А.И. Абрамов, Д.П. Елизаров, А.Н. Ремезов и др. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 378 с.
- Рихтер Л.А. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов тепловых электростанций : учебное пособие / Л.А. Рихтер, Э. П. Волков, В. Н. Покровский. – М.: Энергоиздат, 1981. – 295 с.
- Беспалов В.И. Природоохранные технологии на ТЭС : учебное пособие для вузов / В.И. Беспалов, С.У. Беспалова, М.А. Вагнер; Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 240 с.
- Сборник задач по теории горения : учебное пособие / Под ред. В.В.Померанцева. - Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 151 с.

## **дополнительная литература:**

- Юшин В.В. Техника и технология защиты воздушной среды: Учебное пособие для вузов / В.В. Юшин, В.М. Попов, П.П. Кукин и др. – М.: Высш.шк., 2005. – 391 с.: ил.
- Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата (Нью-Йорк, 9 мая 1992 г.): Ратифицирована Федеральным законом от 04.11.94 г. № 34-ФЗ // Консультант Плюс. Версия Проф.: Справ.-прав. система.
- Справочник по пыле- и золоулавливанию. Под общ. ред. Русанова А.А., М., «Энергия», 1975. – 296 с. ил.
- Будилов О.И., Заворин А.С., Купрюнин А.А. Сорбентная очистка дымовых газов котельных установок. – Томск: Изд. ТПУ, 2001. – 143 с.
- Будилов О.И., Будилов Д.О., Заворин А.С. Механизмы Киотского протокола для модернизации теплоэнергетики. // Известия Томского политехнического университета. – Изд-во ТПУ, 2006. – Т. 309. – № 5. – С. 129-133.
- Инженерная экология и экологический менеджмент: Учебник / М.В. Буторина, П.В. Воробьев, А.П. Дмитриева и др.: Под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадына. – М.: Логос, 2003. – 528 с.

## Основные понятия

- **Экология** (от др. гр. οἶκος - обиталище, жилище, дом, имущество и λόγος - понятие, учение, наука) - наука о взаимодействиях живых организмов и их сообществ между собой и с окружающей средой.
- Охрана окружающей среды - комплекс мер, предназначенных для ограничения отрицательного влияния человеческой деятельности на природу.

Одной из таких мер является ограничение выбросов в атмосферу и гидросферу с целью улучшения общей экологической обстановки.

## Виды воздействия на окружающую среду

- *Техногенное воздействие*, или воздействие технологических процессов на окружающую среду, - это форма взаимосвязи технологических и природных ресурсов; это такой процесс обмена продуктами комплексной жизнедеятельности человека (веществом, энергией) с природными компонентами, в результате которого происходят их качественные и количественные изменения, превышающие предельно допустимые нормативы. При этом под окружающей средой подразумевается среда обитания человека, характеризующая совокупностью физических, химических и биологических факторов, способных при определенных условиях оказывать прямое или отдаленное воздействие на его деятельность и здоровье.

- *Антропогенное воздействие* — это влияние деятельности человека на окружающую среду: изменение состава и режима атмосферы, рек, океанов, а также почв при загрязнении их продуктами технологии и радиоактивными веществами; деятельность, которая приводит к нарушению состава и структуры экосистемы. А экосистема (экологическая система) определяется как природная система, в которой живые организмы и среда обитания в них объединены в единое функциональное целое через обмен веществ и энергии, в тесную причинно-следственную взаимосвязь слагающих ее экологических компонентов. Антропогенная деятельность оказывает влияние на атмосферу, гидросферу и литосферу.

Воздействие технологических процессов, или техногенное воздействие, на окружающую среду весьма разнообразно и по уровню распространения носит различный характер:

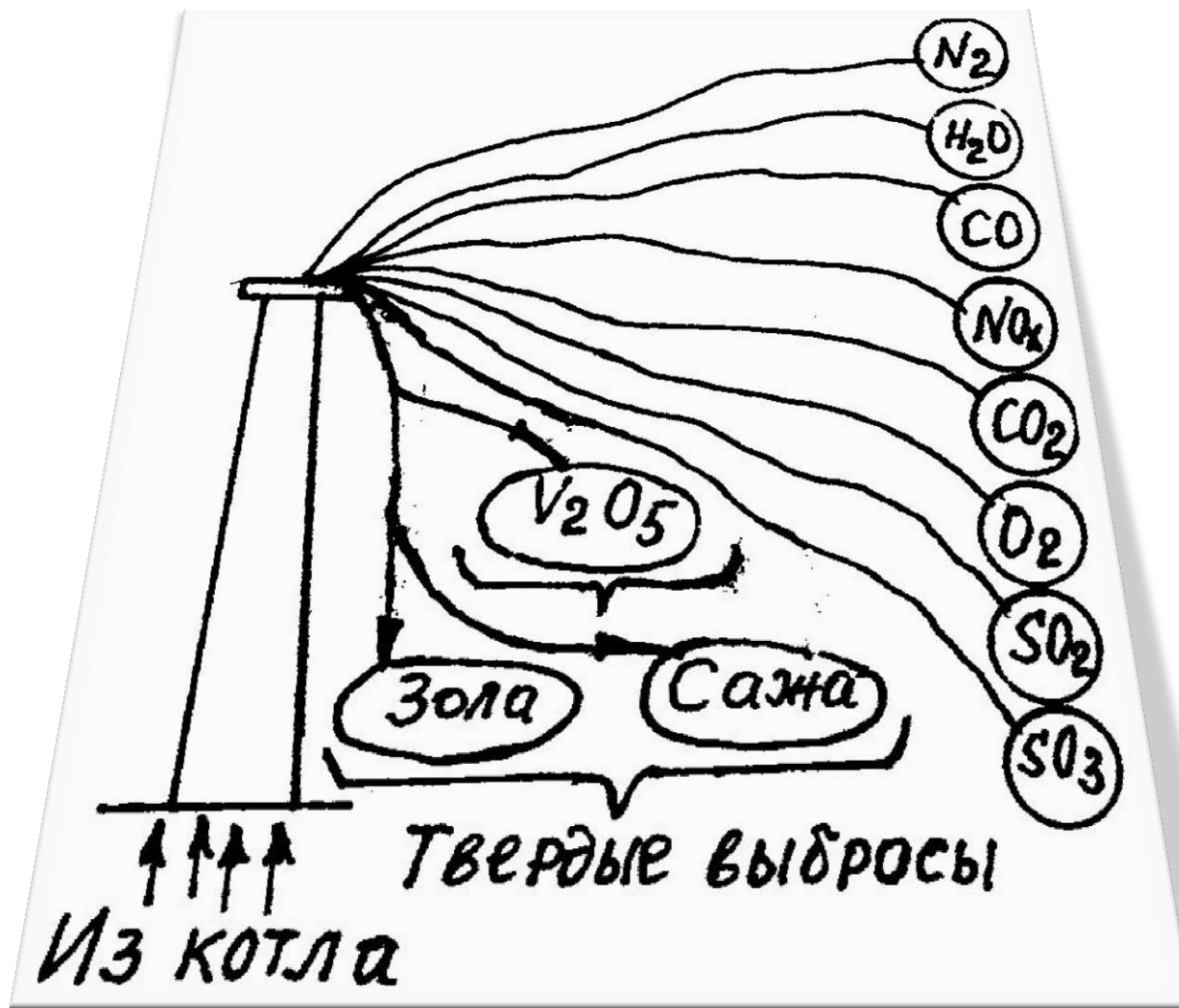
- локальный (на расстоянии вокруг технологического объекта до нескольких единиц и десятков километров);
- региональный (расстояние воздействия достигает сотен и тысяч километров);
- глобальный (в масштабе полушария или земного шара).

# Схема ресурсопотребления и отведения отходов ТЭС в окружающую среду

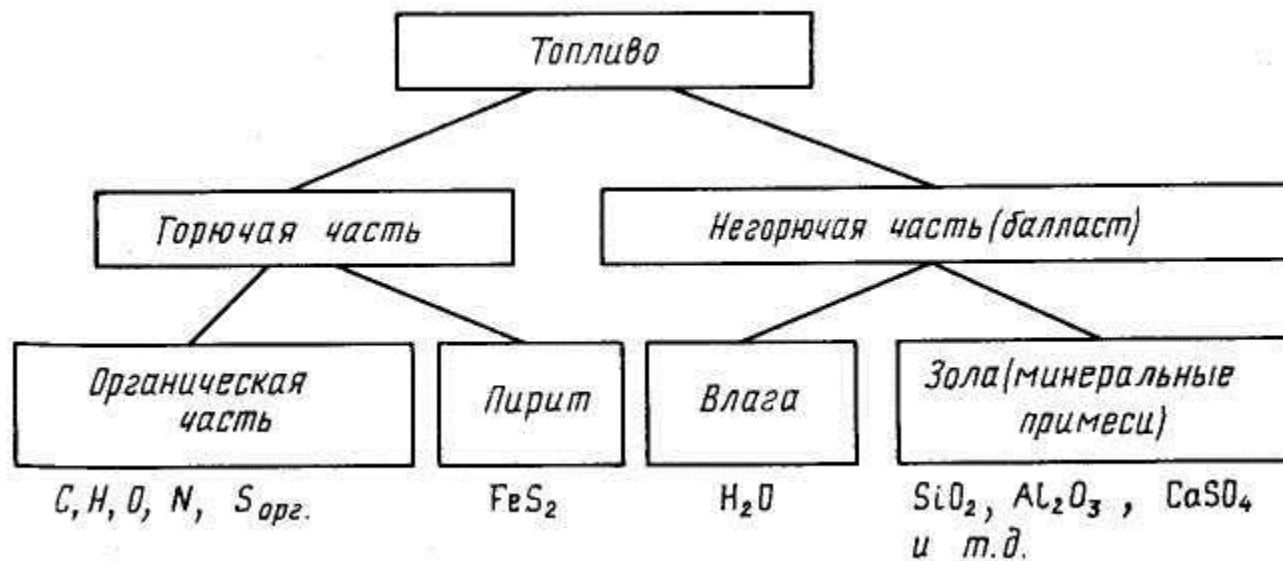




# Вредные выбросы ТЭС



# Вредные вещества, образующиеся при сжигании твердого топлива



# Основные виды выбросов



# ПДК

- Законодательством промышленно развитых стран установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) веществ, загрязняющих воздух, водоемы и почву.
- ПДК – это норматив концентрации химического соединения, которая при ежедневном воздействии в течение длительного времени на организм человека не приводит к каким-либо патологическим изменениям в состоянии здоровья человека, а также не нарушает биологического оптимума для человека.

## Нормативы, используемые для оценки загрязнения окружающей среды

Нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов - нормативы, которые установлены в соответствии с показателями предельно допустимого содержания химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов в окружающей среде и несоблюдение которых может привести к загрязнению окружающей среды.

Нормативы допустимых физических воздействий (ПДВ) - нормативы, которые установлены в соответствии с уровнями допустимого воздействия физических факторов на окружающую среду и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

Для большинства загрязняющих веществ устанавливают два значения ПДК: максимально разовая и среднесуточная. Максимально разовая ПДК связана, в основном, с возможным рефлексорным действием вещества на организм. Это — ПДК примеси в воздухе, регистрируемая с 20-минутным осреднением; предельно допустимая частота появления концентрации, превышающей максимально разовую ПДК, не должна превышать 2 % общего числа измерений.

Среднесуточная ПДК направлена на предупреждение хронического резорбтивного действия вещества при длительном вдыхании. Это - ПДК примеси в воздухе, усредненная за длительный интервал времени (до 1 года).

- 
- **ПДК** - предельно допустимая концентрация химического вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м<sup>3</sup>. ПДК не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений при ежедневной (кроме выходных дней) работе в пределах 8 часов или другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю, в течение всего рабочего стажа.
-

- 
- **ПДК<sup>сс</sup>** - предельно допустимая среднесуточная концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м<sup>3</sup>. ПДК<sup>сс</sup> не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом (годы) вдыхании. Это основной норматив оценки состояния атмосферного воздуха с санитарно-гигиенической точки зрения.
-



- **ПДК<sup>мр</sup>** - предельно допустимая максимальная разовая концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м<sup>3</sup>. ПДК<sup>мр</sup> не должна вызывать рефлекторных (в том числе субсенсорных) реакций в организме человека при вдыхании в течение 30 мин. Этот показатель устанавливается для веществ, обладающих специфическим действием (например, резким запахом) и может рассматриваться как норматив, если его значение ниже, чем ПДК<sup>сс</sup>.

- 
- Одним из факторов, определяющих качество природной среды, является предельно-допустимый выброс в атмосферу (ПДВ) — научно-технический норматив, устанавливаемый из условия, чтобы содержание загрязняющих веществ в приземном слое воздуха от источника или совокупности источников не превышало загрязнений, определенных нормативами качества воздуха для населения, а также для животного и растительного миров.
-

- 
- Сущность ПДВ состоит в нормировании выбросов, так как при существующих методах сокращения отходов производства практически невозможно полностью избежать проникания в атмосферу вредных веществ. Вместе с тем можно уменьшить промышленные выбросы до установленного предела или ослабить их воздействие до уровней, определяемых ПДК. Для выявления связи между ПДВ и ПДК исследуют закономерности распространения примесей от их источников до зоны воздействия, обусловленной турбулентной диффузией в атмосфере.
-

---

# ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ ТЭС НА ЧЕЛОВЕКА

- Влияние  $SO_x$
  - Действие токсических веществ может вызвать хронические заболевания, в том числе атеросклероз, заболевания сердца, бронхит, бронхиальную астму и прочее.
  
  - Влияние  $NO_x$
  - Оксиды азота обладают раздражающим действием на слизистую оболочку глаз. Они способны глубоко проникать в лёгкие, вызывая повреждения бронхов.
-

# Выбросы соединений серы

- Наличие в дымовых газах диоксида серы обусловлено постоянным присутствием в твердом и жидком (и в природном газе некоторых месторождений) различных соединений серы. При сжигании топлива сера  $S$  окисляется до диоксида  $SO_2$ . Затем диоксид серы в атмосфере при воздействии озона, образующегося из кислорода воздуха под действием солнечного света, окисляется до триоксида серы  $SO_3$ , который соединяется с водяным паром и образует пары серной кислоты.

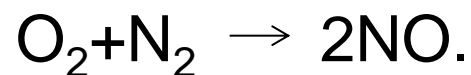
---

# Снижение выбросов соединений серы

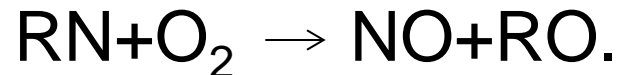
- Осуществляется тремя способами:
    - 1) Путём очистки топлива от соединений серы до его сжигания;
    - 2) Связыванием серы в процессе горения;
    - 3) В результате очистки дымовых газов.
-

# Выбросы оксидов азота

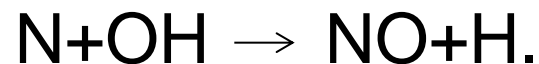
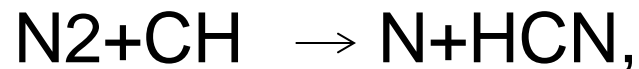
- Наиболее опасными выбросами ТЭС являются оксиды азота. Количество этих выбросов зависит от вида топлива, а при сжигании твердого топлива и от способа шлакоудаления.
- В настоящее время хорошо изучены три принципиально разных источника оксидов азота:
  - 1) Образование термических оксидов азота при высоких температурах и достаточном времени пребывания продуктов сгорания в зоне горения из молекулярного азота воздуха, подаваемого в топку котла.



- 2) Образование топливных оксидов азота в два этапа: сначала происходит газификация капель мазута или угольных частиц с выделением азотсодержащих соединений типа CN, CHN, NH, NH<sub>2</sub>, а затем частичное окисление этих соединений.



- 3) Образование «быстрых» оксидов азота происходит в зоне фронта пламени углеводородных топлив в результате аномально быстрых реакций молекулярного азота с углеводородами, содержащихся в топливе:





## Снижение выбросов оксидов азота

- Для снижения выбросов проводят следующие режимно-технологические мероприятия (с процентным снижением  $\text{NO}_x$ ):
  - 1) Использование горелок с низким выбросом  $\text{No}_x$  (до 60%);
  - 2) Ступенчатое сжигание топлива (до 35-45%);
  - 3) Ступенчатая подача воздуха (до 50%);
  - 4) Рециркуляция дымовых газов (до 33%)
  - 5) Впрыск воды в ядро факела (до 25-44%);
  - 6) Комбинация первичных мероприятий (до 90%).

# Выбросы Золы

- При сжигании мазута и газа проблема золоулавливания отсутствует: она становится актуальна при сжигании в топках твёрдого топлива. Объем выброса золовых частиц из топок котлов для твёрдого топлива существенно зависит от типа топочного устройства.
- В золе некоторых топлив имеется мышьяк, свободный диоксид кремния, свободный оксид кальция и др.
- Наибольшие выбросы – при пылеугольных камерных топках с ТШУ. Наименьшее – при ЖШУ, поскольку часть золы расплавляется в топке и оседает в шлаковую ванну.
- Наиболее признанным способом снижения выбросов золы является установка различных видов золоуловителей.

## ЗОЛОШЛАКОТВАЛЫ

- Золошлаки по объему образования занимают одно из первых мест среди отходов энергетического производства.
- Главные составляющие золошлаковых материалов – это оксиды  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ . Небольшая доля приходится на сульфаты  $CaSO_4$ ,  $MgSO_4$ ,  $FeSO_4$ , а также различные микроэлементы.
- Практически во всех золах содержатся органические включения в виде кокса и полукокса.

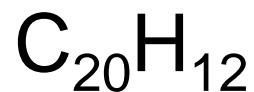
---

# ВЛИЯНИЕ ЗОЛОШЛАКОВ

- Из-за пыления золоотвалов при ветре загрязняется окружающая среда, что отрицательно влияет на здоровье людей. Пыль причиняет вред организму в результате механического воздействия (повреждение органов дыхания острыми кромками пыли), химического (отравление ядовитой пылью), бактериологического (вместе с пылью в организм проникают болезнетворные микроорганизмы).
  - В связи с чем зачастую проводится консервация золошлакоотвалов.
  - Одной из наиболее серьёзных проблем является защита подземных и поверхностных вод от загрязнения токсичными химическими элементами, содержащимися в фильтрационных водах золоотвалов.
-

## Ванадий и бенз(А)пирен

- Токсичностью отличается пентаксид ванадия ( $V_2O_5$ ), входящий в состав дымовых газов при сжигании мазута. Это вещество вызывает раздражение дыхательных путей у человека и животных, расстройство кровообращения и нервной системы, а также нарушение обмена веществ.
- Бенз(а)пирен - своеобразный канцероген, который способен вызывать онкологические заболевания. Образуется в диапазоне температур 973-1073 К при недостаточном количестве воздуха, подаваемого в зону горения.



---

# Выбросы парниковых газов

- Парниковый эффект заключается в задерживании углекислым газом теплового излучения Земли, из-за чего происходит длительный нагрев атмосферы.
  - **Парниковые газы** — газы с высокой прозрачностью в видимом диапазоне и с высоким поглощением в дальнем инфракрасном диапазоне. Присутствие таких газов в атмосферах планет приводит к появлению парникового эффекта.
  - Основными парниковыми газами, в порядке их оцениваемого воздействия на тепловой баланс Земли, являются водяной пар, углекислый газ, метан и озон.
-

Газ	Формула	Вклад (%)
Водяной пар	$H_2O$	36 – 72 %
Диоксид углерода	$CO_2$	9 – 26 %
Метан	$CH_4$	4 – 9 %
Озон	$O_3$	3 – 7 %

- Оксиды углерода, а также углеводороды могут образовываться при неполном сгорании топлива в топках. Однако при современной технике сжигания их образование можно исключить или свести к минимуму.
- Одним из основных способов снижения выбросов может быть переход с углеродных топлив (углей) на углеводородные (природный газ), что снижает эмиссию практически в 2 раза.

---

## Выбросы водяного пара

- Одним из основных выбросов от ТЭС является водяной пар, основными источниками которого являются системы охлаждения конденсаторов турбин и дымовые трубы.
  - Водяной пар не оказывает непосредственного вредного влияния на человека и окружающую среду, однако приводит к образованию тумана, наледи на сооружениях и проводах. Выброс водяного пара отрицательно влияет на климатические условия, способствует образованию паров серной кислоты, а также образованию смога. К тому же как любой трёхатомный газ вносит свой вклад в парниковый эффект.
-



# Сброс сточных вод

- Современное производство энергии сопровождается использованием большого количества природной воды и сбросом вод разного уровня загрязненности в зависимости от потребителей этой воды:
  - 1) Нормативно чистые (воды систем охлаждения конденсаторов турбин);
  - 2) Нормативно очищенные (обмывочные воды конвективных поверхностей нагрева, сточные воды водоподготовительных установок);
  - 3) Загрязненные сточные воды (системы гидрозолоудаления, а также воды, загрязненные нефтепродуктами).

---

# Виды загрязнений сточных вод

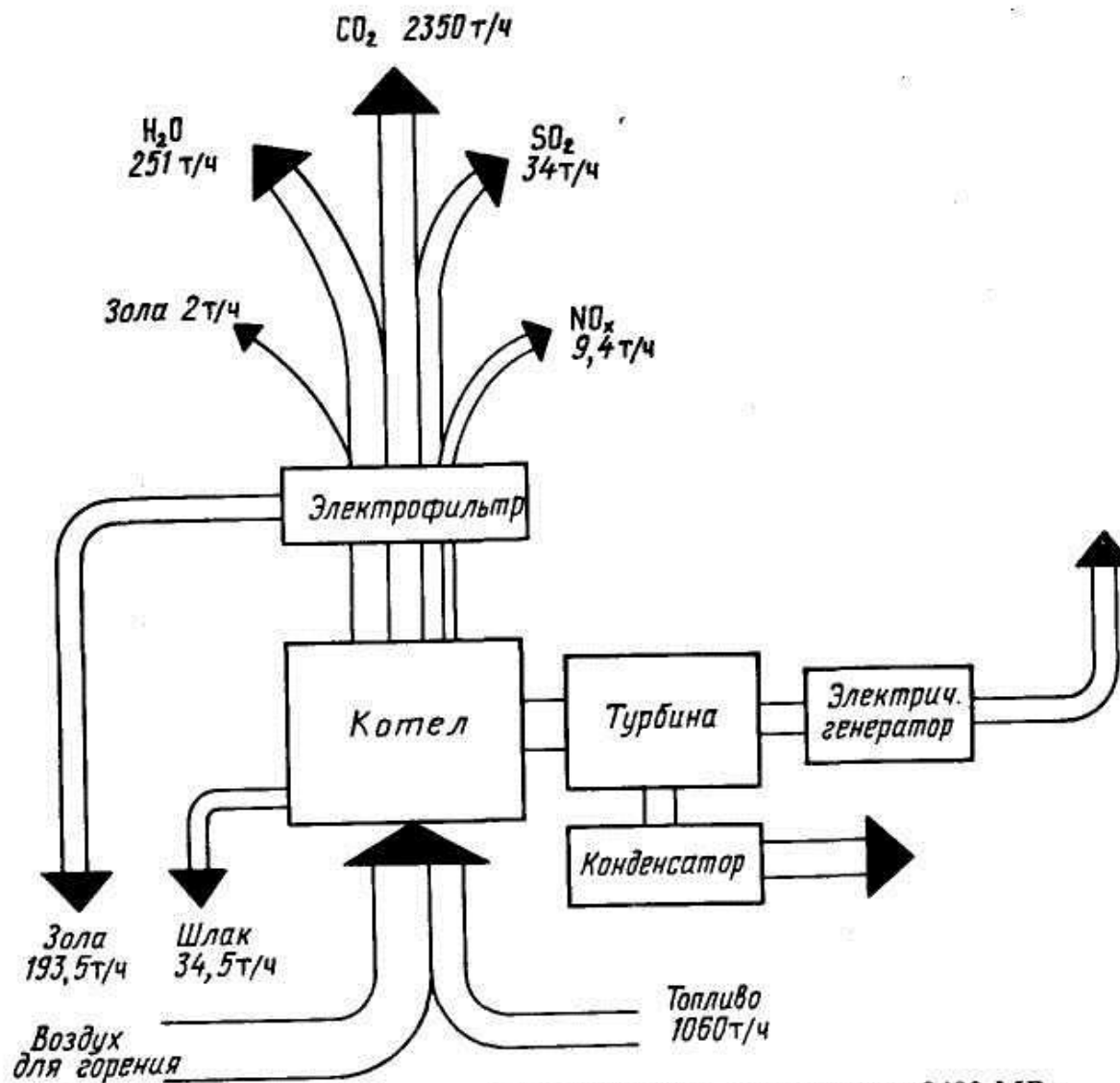
- Механические
  - Химические
  - Биологические и бактериологические
  - Тепловые
  - Радиоактивные
-

- Количество сточных вод, содержащих нефтепродукты, не зависит от мощности станции и типа оборудования, хотя при использовании жидкого топлива оно несколько выше, чем для ТЭС на твердом топливе. В то же время в основном количество их зависит от качества монтажа и эксплуатации оборудования электростанции.
- Совершенствование конструкции оборудования, тщательное соблюдение правил его эксплуатации позволяют снизить до минимальных значений количество поступающих в сточные воды нефтепродуктов, а применение различного типа ловушек и отстойников позволяет исключить их попадание в окружающую среду.

# Методы очистки



# Материальный баланс ТЭС



Материальный баланс угольной ТЭС мощностью 2400 МВт