

УДК 620.9

*Габдулина Вера Вадимовна,*  
 обучающаяся кафедры «Экология и безопасность деятельности человека»,  
 ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
 e-mail: verazot.jil@mail.ru

*Филиппова Тамара Матвеевна,*  
 к.х.н., доцент кафедры «Экология и безопасность деятельности человека»,  
 ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
 e-mail: filipovatom2020@yandex.ru

## ОСНОВНЫЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЫБРОСЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ НА ПРИМЕРЕ ТЭЦ

*Gabdulina V.V., Filippova T. M.*

### MAIN POLLUTING EMISSIONS OF HEAT POWER INDUSTRY ON THE EXAMPLE OF CHPP

**Аннотация.** В статье приводятся данные исследования дымовых газов топливосжигающих установок ТЭЦ -10 и изучаются первичные и режимно-технические мероприятия по снижению выбросов азота.

**Ключевые слова:** выбросы, загрязнитель, токсичность, предельно допустимая концентрация.

**Abstract.** The article presents data on the study of flue gases of fuel-burning plants of CHPP-10 and examines the primary and regime-technical measures to reduce nitrogen emissions.

**Keywords:** emissions, pollutants, toxicity, maximum permissible concentration.

Основой энергетики России в настоящее время остаются тепловые электростанции, их общая численность составляет 358 единиц. Они обеспечивают около 70 % электроэнергии в стране, более 34 % тепла системы централизованного теплоснабжения отпускается тепловыми станциями [1].

В свою очередь ТЭС разделяются по видам используемого топлива. Среди них 71 % работают на природном газе, 27 % – на угле, остальные – на мазуте и других видах жидкого топлива. Крупнейшие электростанции России в большинстве случаев привязаны к месторождениям топливно-энергетических ресурсов [2]. Если в период становления энергетики в нашей стране в первую очередь руководствовались целесообразностью с точки зрения экономических затрат, то сегодня при возведении и эксплуатации объектов энергетики на первый план выдвигаются вопросы их влияния на экологию [2]. Таким образом, рост выработки электрической и тепловой энергии обуславливается не только внедрением новых технологий и новых мощностей, надёжной и бесперебойной работой действующего оборудования, но и современными технологиями защиты природной среды. Аббревиатура «ТЭЦ» (тепловая электроцентраль) пришло к нам со времен СССР. ТЭЦ и работает по тем

же циклам, что и любая другая тепловая электростанция: паровой цикл и парогазовый цикл. Функция ТЭЦ – снабжать население и предприятия электричеством и тепловой энергией (горячее водоснабжение, отопление и пар на производство). Теплоэнергетика на сегодняшний день считается экологами самой загрязняющей отраслью. По объемам выброса вредных веществ в атмосферу предприятия теплоэнергетики занимают лидирующее место – почти 30 % от общего числа выбросов всех предприятий различных отраслей. Это более 6 млн. тонн пыли, вредных соединений углерода, азота, серы, ванадия.

Защисление почвы кислотными дождями - это следствие такого процесса, как загрязнение воздуха ТЭЦ диоксидом серы. Накопление большого количества углекислого газа в атмосфере приводит к увеличению температуры воздуха на планете, ее среднегодовых показателей (парниковый эффект). ТЭЦ являются причиной скопления в нижних слоях атмосферы аэрозольных химически вредных частиц и органической пыли («фотохимический туман»), когда в условиях слабых ветров, сильной радиации солнца и повышенной концентрации фотооксидантов в воздухе над городами повисает смог. Необходимость уменьшения негативного влияния на среду обитания энергетики как никогда

остро ставит вопрос экономии энергии. В первую очередь за счет уменьшения энергоёмкости всех производственных процессов. Для этого нужны современные разработки, прежде всего:

- экономия энергии в быту;
- приближение объектов выработки энергии к потребителю, что сокращает затраты за счет повышения КПД используемого топлива, одновременно снижая риск от тепловых загрязнений;
- совершенствование физических и химических методов подготовки топлива для доведения его до безопасного и энергетически выгодного горючего;
- модернизация режимов горения;
- совершенствование и разработка высокоэффективных очистных сооружений.

Рабочая масса органического топлива состоит из углерода, водорода, кислорода, азота, серы, влаги и золы. В результате полного сгорания топлива образуются углекислый газ, водяные пары, оксиды серы (сернистый газ, серный ангидрид) и зола. Из перечисленных составляющих к числу токсичных относятся оксиды серы и зола. При высоких температурах в ядре факела топочных камер котлов большой мощности происходит частичное окисление азота воздуха и топлива с образованием оксидов азота (оксид и диоксид азота). При неполном сгорании топлива в топках могут образовываться также монооксид углерода CO, углеводороды,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$  и др., а также канцерогенные вещества. Продукты неполного сгорания весьма вредны, однако при современной технике сжигания их образование можно исключить или свести к минимуму [3].

Наибольшую зольность имеют горючие сланцы и бурые угли, а также некоторые сорта каменных углей. Жидкое топливо имеет небольшую зольность; природный газ является беззольным топливом. Современные золоуловители благодаря высокой степени улавливания золы позволяют значительно снизить выбросы золы и довести их до весьма малых значений.

В последние десятилетия серьезное внимание привлекает проблема изучения канцерогенных веществ, образующихся при неполном сгорании топлива. По своей распространенности и интенсивности воздействия из многих химических веществ этого типа наибольшее значение имеют полицикли-

ческие ароматические углеводороды (ПАУ) и наиболее активный из них – бенз(а)пирен. Максимальное количество бенз(а)пирена образуется при температуре 700-800 °С в условиях нехватки воздуха для полного сгорания топлива [3].

Токсичность выбрасываемых в окружающую воздушную среду дымовых уходящих, отработавших и выхлопных газов зависит, главным образом, от качества, сорта и вида сжигаемого углеводородного топлива, условий организации процесса его сгорания, технического состояния тепловых двигателей и топливо сжигающих установок. Например, применение низкосортных топлив, с одной стороны, способствует уменьшению текущих эксплуатационных затрат на приобретение топлива, а с другой – повышает количество выбрасываемых в атмосферу экологически опасных загрязнителей (табл.1).

Исследования дымовых уходящих газов топливосжигающих установок показывают, что в их составе основными загрязнителями атмосферного воздуха являются оксиды углерода (до 50 %), оксиды серы (до 20 %), оксиды азота (до 6 - 8 %), углеводороды (до 5 - 20 %), сажа, оксиды и производные минеральных включений и примесей углеводородного топлива.

К числу обладающих большей канцерогенной активностью, в первую очередь, следует отнести 3,4-бенз(а)пирен ( $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ ), который образуется при нарушении организации процесса горения. Наибольший выход канцерогенных веществ, в частности 3,4-бенз(а)пирена, наблюдается на нестационарных и переходных режимах. И, наконец, твердое топливо (например, уголь), наряду с вышеуказанными элементами добавляет в зону горения примеси, которые могут включать: алюминий, титан, барий, фосфор, мышьяк, сурьму, кадмий, ртуть, селен, олово, никель и другие элементы. Химические элементы, поставляемые в зону горения топливом, принято называть «топливными». Последние преобразуются в токсичные производные уже при температурах 600-700 °С на начальном этапе горения. Кроме того, для нагрева воздуха, не участвующего в процессах горения, дополнительно затрачивается углеводородное топливо, что приводит к увеличению выхода опасных «топливных» составляющих в выбрасываемых в атмосферу продуктах сгорания.

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации вредных веществ  
в атмосферном воздухе населенных мест

Загрязняющее вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>		Наличие в дымовых газах котельных, работающих на:		
	максимально разовая	среднесут.	газе	мазуте	угле
Оксид азота NO	0,4	0,06	+	+	+
Диоксид азота NO <sub>2</sub>	0,085	0,04	+	+	+
Сернистый ангидрид SO <sub>2</sub>	0,5	0,05	+	+	+
Пыль (зола) нетоксичная	0,5	0,15	-	-	+
Летучая зола (при массовой доле СаО ≥ 35 %)	0,05	0,02	+	+	+
Монооксид углерода СО	-	-	+	+	+
Сажа (копоть)	0,15	0,05	-	+	+
Пентаксид ванадия V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	0,02	-	+	-
Сероводород H <sub>2</sub> S	0,008	-	+	+	+
Аммиак NH <sub>3</sub>	0,2	0,04	+	+	+
Бенз(а)пирен C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	-	0,1 · 10 <sup>-5</sup>	+	+	+

ТЭЦ мощностью 2,5 млн. кВт за сутки расходует около 20 тыс. т угля и выбрасывает в атмосферу до 700 т SO<sub>2</sub> и SO<sub>3</sub>, 200 т оксидов азота, около 200 т твердых частиц (зола, сажа, пыль). Основными токсичными выбросами ТЭС и промышленных предприятий в атмосферу являются: твердые частицы (пыль, зола), оксиды серы и азота, монооксид углерода [5].

Очистка дымовых газов объектов промышленной теплоэнергетики имеет свои особенности. Они заключаются в том, что объем дымовых газов обычно достаточно велик. Например, на каждый 1 млн. кВт мощности приходится очищать около 20 млрд., м<sup>3</sup> дымовых газов в год, при этом концентрация SO<sub>2</sub> в указанных газах составляет всего 0,10 - 0,25 % по объему. Современная ТЭЦ мощностью 1000 МВт, сжигающая 9 тыс. т угля с 2 % -м содержанием серы, генерирует около 360 т SO<sub>2</sub> [5].

Последние 20 лет на стоимость тепловых электростанций на угольном топливе наибольшее влияние оказывали ужесточившиеся требования к удалению газообразных, жидких и твердых отходов. Поэтому важной задачей при проектировании и строительстве объектов энергетики является ограничение их негативного воздействия на окружающую среду.

Принимая во внимание «Основные положения энергетической стратегии России на период до 2020 г.» все предприятия отрасли должны выполнять следующие требования:

- соблюдать нормативы ПДВ и ПДК загрязняющих веществ;

- ограничивать выбросы парниковых газов;

- ограничивать валовой выброс сернистого ангидрида, оксидов азота, тяжелых металлов и стойких органических загрязнителей [6].

В дымовых газах, выбрасываемых в атмосферу ТЭЦ-10 (г. Ангарск), содержатся следующие вещества: CO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, зола, микроэлементы тяжелых металлов и другие вещества. Эти элементы оказывают вредное воздействие на окружающую среду. Наиболее острой проблемой защиты воздушного бассейна является снижение выбросов диоксида серы и оксидов азота, поэтому показатели ПДК SO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub> являются одними из основных.

Для снижения выбросов азота проводят следующие первичные или режимно-технологические мероприятия [6]:

- использование горелок с низким выбросом NO<sub>x</sub> (снижение NO<sub>x</sub> до 60 %);

- ступенчатое сжигание топлива (снижение NO<sub>x</sub> на 35 - 45 %);

- ступенчатую подачу воздуха (снижение NO<sub>x</sub> до 50 %);

- рециркуляцию дымовых газов (снижение NO<sub>x</sub> до 33 %);

- впрыск пара и влаги в топку (снижение NO<sub>x</sub> до 25 - 45 %);

- организация режима горения с минимальным коэффициентом избытка воздуха (1,05);

- комбинация первичных мероприятий (снижение NO<sub>x</sub> до 90 %).

В качестве вторичных мероприятий, направленных на снижение NO<sub>x</sub> используют

селективный некаталитический (СНКВ) и каталитический (СКВ) методы восстановления  $\text{NO}_x$  до молекулярного азота [6].

На ТЭЦ-10 для сжигания применяются угли Черемховского месторождения марки «Д» и Мугунского месторождения марки «БЗ».

В табл. 2 представлены основные характеристики используемых топлив.

В табл. 3 приведены характеристики смеси данных углей. Расчётное количество золовых частиц и недожога, уносимое из

топки парогенераторов составляет 15982,7 т/год.

Количество оксидов серы, поступающих в атмосферу с дымовыми газами, в пересчете на  $\text{SO}_2$  – 36435,15 т/год.

Количество оксидов азота, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами, в пересчете на  $\text{NO}_2$  – 610 т/год.

Количество бенз(а)пирена, поступающего в атмосферу с дымовыми газами паровых котлов при факельном сжигании органического топлива –  $4,99 \cdot 10^{-3}$  т/год.

Таблица 2

Характеристики проектных топлив

Вид сжигаемого топлива	Состав топлива в % по массе								$Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ , МДж/кг
	W <sup>р</sup>	A <sup>р</sup>	S <sup>р</sup>	H <sup>р</sup>	C <sup>р</sup>	N <sup>р</sup>	O <sup>р</sup>	N <sup>г</sup>	
Черемховского месторождения	15	27	1,1	3,4	45,9	0,7	8,9	1,2	17,878
Азейского месторождения	26	12,8	0,4	3,3	46	0,9	11,6	1,1	17,334

Таблица 3

Характеристика смешанного топлива

Вид сжигаемого топлива	Состав топлива в % по массе								$Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ , МДж/кг
	W <sup>р</sup>	A <sup>р</sup>	S <sup>р</sup>	H <sup>р</sup>	C <sup>р</sup>	N <sup>р</sup>	O <sup>р</sup>	N <sup>г</sup>	
Смесь	20,5	19,9	0,75	3,35	46	0,8	10,3	1,15	17,606

Расчётное количество золовых частиц и недожога, уносимое из топки парогенераторов, составляет 15 982,7 т/год.

Количество оксидов серы, поступающих в атмосферу с дымовыми газами, в пересчете на  $\text{SO}_2$  – 36 435,15 т/год.

Количество оксидов азота, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами, в пересчете на  $\text{NO}_2$  – 610 т/год.

Количество бенз(а)пирена, поступающего в атмосферу с дымовыми газами паровых котлов при факельном сжигании органического топлива –  $4,99 \cdot 10^{-3}$  т/год.

Плата за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от котлов ПК-24 (14 шт.) составляет 12 141 912 руб./год.

Значительные объемы загрязнения атмосферы энергосектором объясняются: во-первых, использованием в энергетике низкокачественных углей, во-вторых, слабой оснащённостью теплоэлектростанций и котельных системами очистки отходящих га-

зов. Основным методом оценки степени загрязнения атмосферного воздуха выбросами ТЭС является сопоставление создаваемой ею (без учета фона) максимальной приземной концентрации веществ в жилой застройке и допустимого вклада ТЭС в загрязнение воздушного бассейна.

В связи с ростом энергопотребления необходимо уделять особое внимание решению

задачи охраны окружающей среды с тем, чтобы не только обеспечить экологическую безопасность ТЭЦ, но и создать условия для наращивания их мощностей. Поэтому природоохранная деятельность в энергетике последние годы приобретает более качественное значение в связи с формированием новой системы законодательных актов по охране окружающей среды и проводимым на этой основе нормированием вредных выбросов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронный ресурс: <https://electric220.ru> (дата обращения 05.11.2020).
2. Белоусов В.Н., Смородин С.Н.,

Смирнова О.С. Топливо и теория горения. Ч.1. Топливо: учебное пособие/ СПбГТУРП. – СПб, 2011. -84 с.: ил.15.

3. Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация. – 2-е изд., испр. М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 423 с.

4. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т. 1. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. – 917 с.

5. Внуков А.К. Защита атмосферы от выбросов энергообъектов: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 176 с.

6. Инженерная защита окружающей среды: Учебное пособие / под ред. О. Г. Воробьева – СПб: Изд-во «Лань», 2002. – 288 с.

УДК 504.05

Головищиков Владимир Олегович,  
к.т.н., ст.н.с. РАН, профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail:  
vladgo@isem.irk.ru

Коновалов Юрий Васильевич,  
к.т.н. доцент, заведующий кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail:  
yrvaskon@mail.ru

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ И НЕКОТОРЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

*Golovshchikov V.O., Kononov Yu.V.*

### ECOLOGICAL PROBLEMS OF THE BAIKAL NATURAL TERRITORY AND SOME WAYS OF THEIR SOLUTION

**Аннотация.** В статье рассмотрены некоторые важные экологические проблемы Байкальской природной территории. Показано, что эти проблемы не решались много лет. Анализ показал, что эффективное решение экологических проблем возможно только при активной поддержке федеральными органами власти планируемых мероприятий.

**Ключевые слова:** экология, органы власти, энергетические компании, электрическая и тепловая энергия, законодательная база.

**Abstract.** The article discusses some important ecological problems of the Baikal natural territory. It is shown that these problems have not been solved for many years. The analysis showed that an effective solution to environmental problems is possible only with the active support of the planned activities by the federal authorities.

**Keywords:** ecology, authorities, energy companies, electricity and heat energy, legal framework, production factors, the working place of an operator with 4 bits, safety of production processes.

В Советском Союзе, а после 1991 года и в России, достаточно много говорили и писали об экологических проблемах, которые негативно сказываются как на природе в целом, так и на населении страны в частности. Проводились симпозиумы, конференции и всевозможные «круглые столы», на которых научное сообщество, совместно с «общественниками», пытались донести до государственных органов власти необходимость решения экологических проблем, острота которых непрерывно нарастала. Нельзя сказать, что органы государственной власти различных уровней ничего не предпринимали в этом направлении: утверждались нормативы по допустимым уровням вредных выбросов, нормативы по качеству питьевой воды, уровням производственных шумов и т.д. Однако

реальная ситуация с экологической обстановкой в стране не улучшалась, а становилась во многих регионах ещё хуже. Огромное количество населения страны не получало качественную питьевую воду, непрерывно рос список городов с острейшими экологическими проблемами, росли золоотвалы Тепловых электростанций (ТЭС: конденсационных (КЭС) и ТЭЦ), использующих в качестве топлива уголь. Рекультивация земель шла крайне медленно и в минимальных объемах. В нашей северной стране, где требуется производство большого количества тепловой энергии, было (и остается) множество мелких и средних низкоэффективных котельных, использующих мазут и уголь (часто низкосортный) и практически не имеющих какую-либо очистку дымовых газов и не проводя-