

DOI: 10.34031/2618-7183-2019-2-5-13-18

Мотулевич А.В. \*, кандидат технических наук, доцент,  
Московский энергетический институт (НИУ МЭИ), Россия

\*Ответственный автор E-mail: [motulevich@rambler.ru](mailto:motulevich@rambler.ru)

## ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

**Аннотация:** в настоящее время предприятие теплоэнергетики представляет собой взаимосвязанный комплекс технических средств, устройств и механизмов, основное назначение которых – накопление и передача энергии до конечного потребителя. В силу специфики своей работы на каждом этапе работы предприятия тепловой энергетики выполняются самые разнообразные задачи. В зависимости от поставленных задач формируется система самого комплекса с подбором установок, хранилищ энергоносителей, а также очистных сооружений. В процессе реализации своих непосредственных функций подобные предприятия оказывают влияние на окружающую среду, которое носит скорее негативный характер. Поэтому особенно остро стоит проблема взаимодействия теплоэнергетических предприятий и окружающей среды.

Как непосредственно работа самого предприятия, так и работы по его строительству наносят непоправимый вред окружающей среде. Применение на предприятии таких мероприятий, как выбор топлива и использование мер по повышению эффективности преобразования энергии, позволяют сократить выбросы множества загрязнителей воздуха, включая CO<sub>2</sub>, на единицу выработки энергии. Оптимизация эффективности использования энергии в процессе генерации зависит от множества факторов. Однако, сделать предприятие полностью экологичным невозможно по множеству причин, однако, необходимо правильно оценивать возможные риски эксплуатации данного вида производства и принимать адекватные меры по минимизации вреда, наносимого окружающей среде.

**Ключевые слова:** комплекс тепловой энергетики, выбросы загрязняющих веществ, выбор топлива и использование мер по повышению эффективности преобразования энергии, сбрасываемой использованной воды, токсины и заболевания

### Введение

Предприятия тепловой энергетики представляют собой сложный комплекс с развитой инфраструктурой. Современный комплекс тепловой энергетики характеризуется интенсивным развитием появлением новых технологических и конструктивных решений в области обеспечения населения тепловой энергией.

Согласно последним статистическим исследованиям, суммарные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу превышают 20 млн тонн в год. На рис. 1 приведена динамика выбросов от различных производств за период 2012-2018 гг.

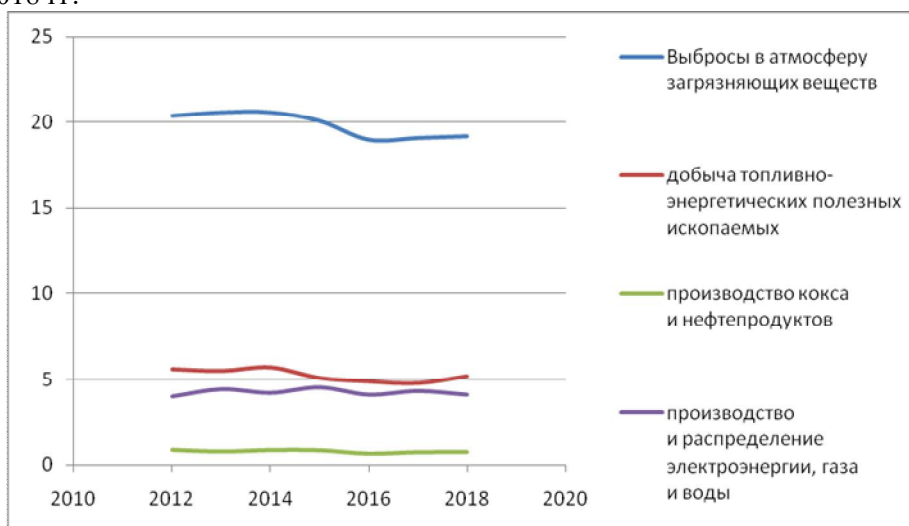


Рис. 1. Динамика выбросов загрязняющих веществ от различных производств (млн. тонн) за период 2012-2018 гг [2].

Fig. 1. Dynamics of Pollutant Emissions from Different Production (million tons) for the Period 2012-2018 [2].

Нельзя не отметить периодическое снижение выбросов. Однако оно столь незначительно, что может считаться статистическим отклонением от среднего. Несмотря на то, что объем воздействия на окружающую среду не увеличивается, необходимо совершенствовать комплекс мер по снижению выбросов.

Обычные тепловые предприятия теплоэнергетики, производящие пар, вырабатывают электроэнергию посредством ряда этапов преобразования энергии: вначале топливо сжигается в котлах для преобразования воды в пар высокого давления, который затем используется для привода турбины для выработки электроэнергии.

На предприятиях теплоэнергетики, работающих на угле, уголь измельчается (для повышения эффективности сгорания), затем подается в камеру сгорания котла и сжигается. Электричество вырабатывается из нефти с использованием аналогичных методов.

Предприятия теплоэнергетики с комбинированным циклом сжигают топливо в камере сгорания, а выхлопные газы используются для привода турбины. Котлы-утилизаторы отбирают энергию из выхлопных газов для производства пара, который затем используется для привода другой турбины; этот процесс, как правило, более эффективен, чем обычные системы.

Основными выбросами в атмосферу в процессе работы предприятий теплоэнергетики являются: диоксид серы ( $SO_2$ ), оксиды азота ( $NO_x$ ), твердые частицы, окись углерода (CO) и парниковые газы, такие как двуокись углерода ( $CO_2$ ) [5].

В зависимости от типа и качества топлива могут выделяться и другие вещества, такие как тяжелые металлы (ртуть, мышьяк, кадмий, ванадий, никель и т. Д.), галогенидные соединения (включая хлористый водород и фтористый водород), диоксины и несгоревшие углеводороды и другие летучие органические вещества.

### Методы и материалы

Количество и характер выбросов в атмосферу зависит от таких факторов, как топливо (уголь, мазут, природный газ или биомасса), тип и конструкция узла сгорания (поршневые двигатели, турбины сгорания или котлы), методы работы, меры по ограничению выбросов (первичное управление сгоранием, вторичная обработка дымовых газов) и общая эффективность системы. Заводы, работающие на природном газе, обычно производят незначительное количество оксидов ТЧ и серы, а уровни оксидов азота ниже, чем на угольных заводах (без сокращения выбросов).

Применение на предприятии таких мероприятий, как выбор топлива и использование мер по повышению эффективности преобразования энергии, позволяют сократить выбросы множества загрязнителей воздуха, включая  $CO_2$ , на единицу выработки энергии. Оптимизация эффективности использования энергии в процессе генерации зависит от множества факторов, включая природу и качество топлива, выбранный тип цикла генерации (поршневой двигатель, газовая турбина с одним или несколькими циклами, паровая турбина), его конфигурацию (производство электроэнергии или совместное или трехкратное производство электроэнергии, отопление и охлаждение), рабочая температура турбин внутреннего сгорания, рабочее давление и температура паровых турбин, местные климатические условия, тип используемой системы охлаждения и потенциал для близлежащего тепла пользователя.

Использование воды для производства пара требует большого количества воды из близлежащих рек или озер или из местных подземных водоносных горизонтов, и она должна быть очищена. В некоторых случаях вода должна сливаться с завода после его использования. Количество сбрасываемой использованной воды, температура сбрасываемой воды и концентрация загрязняющих веществ в воде - все это факторы, которые необходимо учитывать.

Теплоэнергетические станции, использующие воду для создания пара или охлаждения, часто должны фильтровать и очищать воду перед сбросом в поверхностные воды. Отфильтрованные твердые вещества являются побочным продуктом, который необходимо утилизировать соответствующим образом.

Вода, используемая для охлаждения, часто проходит через градирни, чтобы уменьшить тепло. Воздух, который нагревается водой в градирне, попадает в атмосферу, пропуская большое количество воды в виде пара, в некоторых случаях миллионы галлонов в день. Потеря водяного пара, полученного на месте, представляет значительный расход воды предприятием.

Все указанные выше факторы также являются выбросами, загрязняющими атмосферу.

### Результаты и обсуждения

Градирни часто используются для конденсации пара, образующегося при работе предприятия теплоэнергетики, перемещая тепло путем контакта в колоннах либо с воздухом, либо с отдельным источником подачи воды. Большие градирни испаряют большое количество воды в атмосферу. Испаренная вода теряет-

ся местным потоком или местным подземным водоносным горизонтом. Снижение основного стока может отрицательно повлиять на морфологию, среду обитания, водные сообщества растений и животных и виды, а также способствовать росту водорослей и неприятных или инвазивных водных растений. Озера могут быть подвержены аналогичному влиянию. Накачка большого количества подземных вод создает «конус депрессии» вокруг скважины, понижая уровень воды в водоносном горизонте на некотором расстоянии от скважины. Это может повлиять на продуктивность муниципальных и других близлежащих скважин и повлиять на жизнеспособность зависящих от подземных вод ресурсов в регионе, таких как озера, водно-болотные угодья, родники и ручьи.

Предприятия теплоэнергетики заменяют водопроницаемые почвы и подпочвы непроницаемыми поверхностями, такими как крыши, бетонные площадки и места для парковки. Увеличенная непроницаемая площадь поверхности уменьшает область, где вода может проникать в землю, чтобы пополнить водоносные горизонты и запасы подземных вод. Там, где он захвачен, его энергия должна рассеиваться, чтобы он мог впитаться в водоносный горизонт ниже.

Места сброса варьируются от ручьев или озер до местных муниципальных канализационных систем, которые в конечном итоге сбрасываются в ручьи или озера. Чтобы справиться со сбросом, поверхностные воды или системы очистки сточных вод должны быть в состоянии поглощать воду, которая была изменена в результате добавления тепла, кислот или солей. Более крупные водоемы или ручьи могут быть в состоянии принять больше этой измененной воды из-за их размера и объема или потому, что они содержат воду, содержащую растворенные вещества, которые могут буферизовать добавленные химические вещества, или они не могут.

Загрязнение и загрязняющие вещества, сбрасываемые в поверхностные воды от предприятий теплоэнергетики, могут привести к неблагоприятным последствиям для качества воды. Некоторые предприятия теплоэнергетики используют «однократное охлаждение». При однократном охлаждении охлаждающая вода отбирается из озера или реки и используется для конденсации пара для рециркуляции через установку. Вода, используемая для охлаждения, улавливает тепло от пара и затем возвращается в озеро или реку при более высокой температуре. Воздействие этой технологии может включать потепление озера или реки вблизи места сброса, потенциально влияющее на чувствительные к температуре растения, рыбу, микробную активность или химические и физические реакции в воде. Даже при наличии градирен вместо однократного охлаждения сбрасываемая техническая вода, которая выше температуры окружающей среды, может изменить состав местного промысла, сообщества водных беспозвоночных (клопов) и сообщества водных растений. Загрязнители поверхностных вод могут поглощаться водными видами, что приводит к болезням обитателей данных водоемов.

Предприятия, расположенные на большой площади часто требуют заполнения или осушения некоторых территорий.

Тяжелая техника может уничтожить растительность. Почвы особенно при строительстве на водно-болотных территориях, особенно торфяных, легко уплотняются, увеличивая сток и снижая водоудерживающую способность водно-болотных угодий.

Строительство подъездных дорог может изменить количество или направление потока воды, что приведет к необратимому повреждению почв и растительности.

Эти и другие воздействия предприятий теплоэнергетического комплекса могут серьезно повлиять состояние окружающей экосистемы. Некоторыми примерами воздействия являются потеря видов растений, уменьшение видового разнообразия, потеря среды обитания, необходимой видам животных для выживания, распространение инвазивных видов и изменение гидрологического режима.

Растительность на любом участке в значительной степени зависит от:

- 1) качества почвы и плодородия;
- 2) относительных высот и склонов;
- 3) наличия влаги;
- 4) солнечного тепла;
- 5) степени и типа нарушений почвы.

Новая теплостанция может воздействовать на растительность, устраняя ее или изменяя один или несколько из этих пяти факторов, что может ослабить растительность (например, путем их затенения или перенаправления стока таким образом, чтобы растительность получала меньше воды).

Удаление или ослабление растительности на участке предприятия может оказать влияние на растительные сообщества в окружающем ландшафте. Если пораженная растительность редка, уникальна или имеет локальное значение, потеря ее вклада в семенной или генофонд может повлиять на окружающую экосистему. Могут быть неблагоприятные воздействия на насекомых, диких животных или других организмов, ко-

торые зависят от растительности как источника пищи для насекомых, диких животных или других организмов. Неместные виды растений, интродуцированные или вызванные нарушениями строительства, могут распространяться и вторгаться в другие близлежащие природные сообщества растений [4].

Предприятия выбрасывают в атмосферу загрязнители воздуха и водяной пар в виде тумана, который может повлиять на рост и выживание некоторых растительных видов. Некоторые загрязняющие вещества являются токсинами или вызывают заболевания, которые повреждают или убивают растения. И наоборот, загрязняющие вещества могут обеспечивать растения питательными веществами, такими как удобрения из воздуха. Туман от градирен может изменить режим влажности, так что некоторые растения имеют конкурентное преимущество перед другими из-за различий в способности использовать влагу или противостоять грибковым заболеваниям.

Растительность в поверхностных водах также может быть затронута или потеряна в результате строительства водозаборных или сливных сооружений, удаления воды (водозабора) для процессов предприятия теплоэнергетики или характера сточных вод, сбрасываемых теплостанцией в водоем.

Воздействия на растительность могут создать цепочку воздействий на дикую природу. Воздействия на местную или мигрирующую дикую природу могут возникнуть, когда их среда обитания и источник пищи удалены или повреждены. Источником пищи может быть сама растительность или насекомые, животные, птицы или организмы, которые используют растительность в пищу.

Места гнездования и логова будут уничтожены.

Строительство нового предприятия может вытеснить некоторые виды дикой природы и привлечь другие виды. Может произойти потеря среды обитания лесных видов, и может быть создана среда обитания для «крайних видов» и «универсалов». Пограничные виды и универсалы могут процветать или выживать в среде обитания, возникшей в результате нарушения строительства или новых зданий и ландшафта. Виды, которые полагались конкретно на первоначальную естественную среду обитания, могут не выжить или, возможно, должны покинуть этот район [13].

Мигрирующие виды, которые зависели от первоначальной местной среды обитания для отдыха, питания или размножения, должны были бы найти новые места для этих видов деятельности.

Новое предприятие теплоэнергетики может создать возможности для будущего развития в сообществе.

Производство золы может служить источником строительных материалов. Наличие нового предприятия может обеспечить опору для новой промышленной и близлежащей коммерческой застройки.

В качестве альтернативы, новое предприятие может замедлить или остановить развитие жилищного строительства в непосредственной близости. Это также может оказать негативное влияние на планы развития розничной торговли, развлечений, отдыха и ресторанов.

Однако, несмотря на все кажущиеся плюсы в развитии и постройке новых предприятий теплоэнергетического комплекса, необходимо принимать значительное количество мер по уменьшению их воздействия на окружающую среду. К числу таких мер можно отнести:

1) Использование экологически чистого топлива, экономически доступного (например, природный газ предпочтительнее нефтепродуктов, которые предпочтительнее угля). Для большинства крупных предприятий теплоэнергетики выбор топлива часто является частью национальной энергетической политики, и топлива, технологии сжигания и контроля загрязнения, которые все взаимосвязаны, должны быть очень тщательно оценены в начале проекта для оптимизации экологических показателей проекта; – при сжигании угля, отдавая предпочтение высокотемпературному, зольному и малосернистому углю;

2) Рассмотрение возможности обогащения для снижения содержания золы, особенно для высокозольного угля путем мойки угля;

3) Выбор лучших технологий производства электроэнергии и контроля загрязнения для топлива, выбранного для баланса экологической и экономической выгоды.

### Выводы

Предприятия тепловой энергетики представляют собой сложный комплекс с развитой инфраструктурой. Как непосредственно работа самого предприятия, так и работы по его строительству наносят непоправимый вред окружающей среде. Сделать предприятие полностью экологичным невозможно по множеству причин, однако, необходимо правильно оценивать возможные риски эксплуатации данного вида производства и принимать адекватные меры по минимизации вреда, наносимого окружающей среде.

**Литература**

1. Белан Ф.И., Сутоцкий Г.П. Водоподготовка промышленных котельных. М.: Энергия Д969. 289 с.
2. Данные Федеральной службы государственной статистики: <http://www.gks.ru>
3. Клячко В.А., Аземцин И.Э. Очистка природных вод. М.: Стройиздат, 1971. 421 с.
4. Коварда В.В. Ресурсное обеспечение регионального развития (на примере центрального федерального округа) // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2011. №4 (2). С. 50 – 55.
5. Коварда В.В. Региональный агропромышленный комплекс: структура, ресурсное обеспечение и пути перехода к долгосрочному устойчивому развитию // Региональная экономика: теория и практика. 2012. №29 (260). С. 59 – 64.
6. Кульский Л.А. Основы химии и технологии воды. Киев: Наук. думка, 1991. 542 с.
7. Кульский Л.А. Технология очистки природных вод. Киев: Вища шк., 1986. 350 с.
8. Лапотышкина Н.П., Сазанов Р.П. Водоподготовка и воднохимический режим тепловых сетей. М.: Энергоиздат, 1982. 249 с.
9. Лотош В.Е. Экология природопользования. М.: Высш.шк., 2000. 540 с.
10. Неведров А.В., Трясунов Б.Г., Ушаков Г.В. Обработка воды электрическим полем для защиты поверхностей водогрейного оборудования от накипи // Вестник КузГТУ. 2002. №3. С. 66 – 68.
11. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод. М.: Высш.шк., 1987. 479 с.
12. Тебенихин Е.Ф. Безреагентные методы обработки воды в энергоустановках. М.: Энергия, 1977. 312 с.
13. Шапоров М.Ф. Водоподготовка для промышленных и отопительных котельных. М.: Стройиздат, 1976. 119 с.

**References**

1. Belan F.I., Sutockij G.P. Vodopodgotovka promyshlennyh kotel'nyh. M.: Energiya D969. 289 p. (rus.)
2. Dannye Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki: <http://www.gks.ru> (rus.)
3. Klyachko V.A., Apemcin I.E. Ochistka prirodnyh vod. M.: Strojizdat, 1971. 421 p. (rus.)
4. Kovarda V.V. Resursnoe obespechenie regional'nogo razvitiya (na primere central'nogo federal'nogo okruga). Intellekt. Innovacii. Investicii. 2011. 4 (2). P. 50 – 55. (rus.)
5. Kovarda V.V. Regional'nyj agropromyshlennyj kompleks: struktura, resursnoe obespechenie i puti perekhoda k dolgosrochnomu ustojchivomu razvitiyu. Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika. 2012. 29 (260). P. 59 – 64. (rus.)
6. Kul'skij L.A. Osnovy himii i tekhnologii vody. Kiev: Nauk. dumka, 1991. 542 p. (rus.)
7. Kul'skij L.A. Tekhnologiya ochistki prirodnyh vod. Kiev: Vishcha shk., 1986. 350 p. (rus.)
8. Lapotyshkina N.P., Sazanov R.P. Vodopodgotovka i vodnohimicheskij rezhim teplovyh setej. M.:Energoizdat,1982. 249 p. (rus.)
9. Lotosh V.E. Ekologiya prirodopol'zovaniya. M.: Vyssh.shk., 2000. 540 p. (rus.)
10. Nevedrov A.V., Tryasunov B.G., Ushakov G.V. Obrabotka vody elektricheskim polem dlya zashchity poverhnostej vodogrejnogo oborudovaniya ot nakipi. Vestnik KuzGTU. 2002. 3. P. 66 – 68. (rus.)
11. Nikoladze G.I. Tekhnologiya ochistki prirodnyh vod. M.: Vyssh.shk., 1987. 479 p. (rus.)
12. Tebenihin E.F. Bezreagentnye metody obrabotki vody v energoustanovkah. M.: Energiya, 1977. 312 p. (rus.)
13. SHaprov M.F. Vodopodgotovka dlya promyshlennyh i otopitel'nyh kotel'nyh. M.: Strojizdat, 1976. 119 p. (rus.)

*Motulevich A.V. \*, Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,  
Moscow Power Engineering Institute (NRU MEI), Russia*

\*Corresponding author E-mail: [motulevich@rambler.ru](mailto:motulevich@rambler.ru)

## PROBLEMS OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF THERMAL POWER PLANTS

**Abstract:** now the enterprise of heat power engineering represents the interconnected complex of technical means, devices and mechanisms which main purpose-accumulation and transfer of energy to the final consumer. Due to the specifics of its work at each stage of the thermal power plant performed a variety of tasks. Depending on the tasks, the system of the complex itself is formed with the selection of installations, energy storage facilities, as well as treatment facilities. In the process of realization of their direct functions, such enterprises have an impact on the environment, which is rather negative. Therefore, the problem of interaction between heat and power enterprises and the environment is particularly acute.

Both the work of the enterprise itself and the work on its construction cause irreparable harm to the environment. Plant interventions such as fuel selection and energy conversion efficiency measures reduce emissions of many air pollutants, including CO<sub>2</sub>, per unit of energy generation. Optimization of energy efficiency in the generation process depends on many factors. However, it is impossible to make the enterprise completely environmentally friendly for many reasons, however, it is necessary to assess correctly the possible risks of operation of this type of production and take adequate measures to minimize the harm caused to the environment.

**Keywords:** thermal energy complex, pollutant emissions, fuel selection and use of measures to improve the efficiency of energy conversion, discharged used water, toxins and diseases

**Для цитирования:** Мотулевич А.В. Проблемы экологической безопасности предприятий тепловой энергетики // Строительные материалы и изделия. 2019. Том 2. №5. С. 13 – 18. DOI: 10.34031/2618-7183-2019-2-5-13-18

**For citation:** Motulevich A.V. Problems of environmental safety of thermal power plants. Construction Materials and Products. 2019. 2 (5). P. 13 – 18. DOI: 10.34031/2618-7183-2019-2-5-13-18

*Поступила в редакцию 1 октября 2019 г.*

*Принята в доработанном виде 12 ноября 2019 г.*

*Одобрена для публикации 3 декабря 2019 г.*

*Received: October 1, 2019.*

*Revised: November 12, 2019.*

*Accepted: December 3, 2019.*