

Санкт-Петербургский государственный университет

КОВАЛЕНКО Денис Вячеславович

Выпускная квалификационная работа

Оценка влияния Благовещенской ТЭЦ на компоненты природной среды

Уровень образования: *Магистратура*

Направление 05.04.06 «*Экология и природопользование*»

Основная образовательная программа ВМ.5797 «*Геоэкология: мониторинг, природопользование и экологическая безопасность*»

Научный руководитель:
ст. преподаватель
кафедры геоэкологии,
к.г.н., доцент
Сенькин Олег Владимирович

Рецензент:
профессор,
каф. землеустройства
Санкт-Петербургский
государственный аграрный
университет,
доктор биологических наук,
Богданов Владимир Леонидович

Санкт-Петербург
2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАБОТЫ ТЭЦ.....	7
1.1 Краткая характеристика физико-географических условий места осуществления производственной деятельности Благовещенской ТЭЦ.....	7
1.2 Принцип работы и устройство ТЭЦ.....	9
1.3 Характеристика основных компонентов выбросов ТЭЦ.....	12
ГЛАВА 2. МЕТОДИКА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ БЛАГОВЕЩЕНСКОЙ ТЭЦ НА КОМПОНЕНТЫ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ.....	16
ГЛАВА 3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НА БЛАГОВЕЩЕНСКОЙ ТЭЦ.....	18
3.1 Общие сведения о Благовещенской ТЭЦ.....	18
3.2 Схема ресурсопотребления и образования отходов на Благовещенской ТЭЦ.....	20
3.3 Основные технологии и технологические процессы, в результате использования которых образуются выбросы в окружающую среду.....	21
3.4 Организация производственного экологического контроля на Благовещенской ТЭЦ.....	26
3.4.1 Цели и задачи производственного экологического контроля на Благовещенской ТЭЦ.....	27
3.4.2 Производственный контроль в области охраны атмосферного воздуха.....	30
3.4.3 Производственный контроль санитарно-защитной зоны Благовещенской ТЭЦ.....	31
3.4.4 Программа геоэкологического мониторинга золоотвала.....	32
ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БЛАГОВЕЩЕНСКОЙ ТЭЦ НА КОМПОНЕНТЫ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ.....	33
4.1 Оценка влияния Благовещенской ТЭЦ на атмосферу.....	33
4.2 Оценка влияния Благовещенской ТЭЦ на водные объекты.....	55
4.2.1 Водные объекты в зоне влияния золоотвала Благовещенской ТЭЦ.....	55
4.2.2 Расчет коэффициента комплексности загрязненности воды и комбинаторного индекса загрязненности воды для озера Ротанье.....	58
4.2.3 Расчет коэффициента комплексности загрязненности воды и комбинаторного индекса загрязненности воды для реки Амур.....	64
ГЛАВА 5. МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ БЛАГОВЕЩЕНСКОЙ ТЭЦ.....	70

5.1 Мероприятия по минимизации НВОС, проводимые на Благовещенской ТЭЦ.....	70
5.2 Предложения по минимизации НВОС для Благовещенской ТЭЦ.....	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	73
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	76
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Протокол испытаний (измерений и исследований) №28/1д 1 от 30.03.2020г.....	80
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Протокол испытаний (измерений и исследований) №28/1д 6 от 30.03.2020г.....	82
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Протокол испытаний (измерений и исследований) №28/1д 2 от 30.03.2020г.....	83
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Протокол испытаний (измерений и исследований) №28/1д 7 от 30.03.2020г.....	85
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 Протокол испытаний (измерений и исследований) №28/1д 3 от 30.03.2020г.....	86
ПРИЛОЖЕНИЕ 6 Протокол испытаний (измерений и исследований) №28/1д 8 от 30.03.2020г.....	88
ПРИЛОЖЕНИЕ 7 Протокол испытаний (измерений и исследований) №156/1д от 16.06.2020г.....	89
ПРИЛОЖЕНИЕ 8 Протокол испытаний (измерений и исследований) №156/1д 1 от 16.06.2020г.....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ 9 Протокол испытаний (измерений и исследований) №419/1д от 11.08.2020г.....	95
ПРИЛОЖЕНИЕ 10 Протокол испытаний (измерений и исследований) №419/1д 1 от 11.08.2020г.....	99
ПРИЛОЖЕНИЕ 11 Протокол испытаний (измерений и исследований) №590/1д от 12.10.2020г.....	101
ПРИЛОЖЕНИЕ 12 Протокол испытаний (измерений и исследований) №591/1д от 12.10.2020г.....	105
ПРИЛОЖЕНИЕ 13 Протокол испытаний (измерений и исследований) №591/1д от 12.10.2020г.....	107
ПРИЛОЖЕНИЕ 14 Протокол испытаний (измерений и исследований) №592/1д от 12.10.2020г.....	109
ПРИЛОЖЕНИЕ 15 Протокол испытаний (измерений и исследований) №592/1д от 12.10.2020г.....	111

ПРИЛОЖЕНИЕ 16	Протокол испытаний (измерений и исследований) №60/1д от 18.05.2020г.....	113
ПРИЛОЖЕНИЕ 17	Протокол испытаний (измерений и исследований) №588/1д от 24.09.2020г.....	118
ПРИЛОЖЕНИЕ 18	Протокол испытаний (измерений и исследований) №589/1 от 24.09.2020г.....	123

ВВЕДЕНИЕ

Окружающая среда - основа жизни человека, а ископаемые ресурсы и вырабатываемая из них энергия являются основой современной цивилизации. С каждым годом в мире увеличиваются масштабы энергопотребления. Современная энергетика наносит ощутимый вред окружающей среде, ухудшая условия жизни людей.

Основой современной энергетики являются различные типы электростанций. Технология производства электрической энергии на ТЭС связана с большим количеством отходов, выбрасываемых в окружающую среду. На заре развития отечественной индустрии, 70 лет назад о влиянии ТЭС на окружающую среду задумывались мало, так как первоочередной задачей было получение электроэнергии и тепла. Сегодня всё чаще при возведении и эксплуатации объектов энергетике на первый план выдвигаются вопросы их влияния на среду обитания человека (https://www.saveplanet.su/articles_114.html).

Одними из самых крупных источников загрязнения атмосферы являются ТЭС и ТЭЦ. Численность тепловых электростанций в России составляет 358 единиц. Из них 71% работает на природном газе, 27% - на угле, остальные – на мазуте и других видах жидкого топлива. Они обеспечивают около 70% электроэнергии в стране, более 34% тепла системы централизованного теплоснабжения отпускается тепловыми станциями (Габдулина, Филиппова, 2020).

Удельный вес ТЭС в энергобалансе страны составляет 79 %. Они потребляют до 25 % добываемого твердого топлива и выбрасывают в среду обитания человека более 15 млн. т золы, шлаков и газообразных веществ. Из общих антропогенных выбросов на долю энергетике приходится около 20-30 % (Ветошкин, 2019).

Ежегодно объем выбросов вредных веществ в атмосферу энергетическими предприятиями России составляет около 6 млн. т. В процессе сжигания топлива различных видов энергетическими предприятиями в атмосферу выделяются большие количества сернистого ангидрида, оксидов углерода и азота, сажи, оказывающих вредное воздействие на природу и человека. Современные ТЭС и ТЭЦ мощностью 2,4 млн. кВт расходуют до 20 тысяч тонн угля в сутки и выбрасывают в атмосферу 680 тонн оксидов серы, 200 тонн оксидов азота, 120-240 тонн золы, пыли, сажи (числовые значения приведены для процентного содержания серы в исходном топливе 1,7 % и при эффективности системы пылеулавливания 94-98 %).

ТЭС на угле, вырабатывающая электроэнергию мощностью $1 \text{ ГВт} = 10^9 \text{ Вт}$, ежегодно потребляет 3 млн. тонн угля, выбрасывая в окружающую среду 7 млн. тонн диоксида углерода, 120 тыс. тонн двуокиси серы, 20 тыс. тонн оксидов азота и 750 тыс. тонн золы.

Основной вклад в образование твердых отходов энергетики вносят золошлаковые отходы (99,3 %), из них используется малая часть (3,7 %), остальные размещаются на полигонах предприятий энергетики, загрязняя атмосферу, почву и воду (Ветошкин, 2019).

В городских территориях предприятия ТЭС по количеству выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и почву по стационарным источникам занимают первое место, а по общему количеству выбросов занимают второе место, уступая только быстрорастущему автотранспорту, несмотря на попытки уменьшить негативное воздействие, путём снижения количества и качества выбрасываемого выхлопа от сгорания традиционных видов топлива.

Объектом исследования является Благовещенская ТЭЦ.

Предметом является проведение анализа и оценки влияния источника загрязнения.

Таким образом, целью исследования является оценка влияния Благовещенской ТЭЦ на компоненты природной среды города Благовещенска.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- рассмотреть теоретические вопросы по теме исследования;
- охарактеризовать физико-географические условия осуществления деятельности Благовещенской ТЭЦ;
- изучить основные технологии и технологические процессы, в результате которых образуются выбросы в окружающую среду;
- произвести оценку влияния ТЭЦ на атмосферу города Благовещенска;
- произвести оценку влияния ТЭЦ на водные объекты сопредельных территорий.

Для выполнения поставленных задач применялись общепринятые теоретические и частные методы, описанные в главе 2.

Теоретическая и практическая значимость данной работы заключается в возможности применения результатов исследования в качестве методического и практического руководства при оценке влияния ТЭЦ на окружающую среду, а также при разработке мероприятий по минимизации вредного воздействия на окружающую среду. Оценка состояния окружающей среды, данная в работе, может использоваться для информирования населения об экологической обстановке в данной местности.

1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ И ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

1.1 Краткая характеристика физико-географических условий места осуществления производственной деятельности Благовещенской ТЭЦ

Город Благовещенск – административный центр Амурской области, который входит в состав Дальневосточного федерального округа (<https://www.amurobl.ru/>).



Рис. 1 – Благовещенск на карте России.
Красной стрелкой на карте обозначено местоположение города Благовещенска на административно-политической карте России (http://russia-karta.ru/russia/russia_map_2023_oblasti.png)

Территория города Благовещенска и его окрестностей занимает южный стык Амурско-Зейской и Зейско-Буреинской равнин и располагается в междуречье Амура и Зеи, в месте их слияния, на юге Благовещенского района Амурской области.

Рельеф города Благовещенска и его окрестностей представлен формами речного, озёрного и денудационного происхождения. Центральная часть города имеет плоскоравнинный характер, северная и северо-западная окраины города характеризуются холмисто-увалистым пересеченным рельефом (<https://www.amurobl.ru/>).

Климат Благовещенска обусловлен его положением в умеренных широтах на востоке евразийского континента, в относительной близости с водными пространствами Тихого океана и его морями, что определяет проявление муссонной циркуляции воздушных масс и определяется как резко континентальный с муссонными чертами.

Продолжительность зимнего периода колеблется в пределах 135-140 дней. Высота снежного покрова в среднем составляет 14-17 см. Средняя температура января составляет - 27,4°С, июля - + 20,4°С. Годовое количество осадков - 580 мм. (Многомерный статистический..., 2018).

Важное значение для анализа влияния Благовещенской ТЭЦ на воздушную среду имеют преобладающие в этой местности направления ветров. Как видно из розы ветров (рис. 2), основным направлением ветра в городе Благовещенске является северо-западный (24%). Кроме того, преобладающими направлениями ветра можно назвать северный (19%) и западный (15%) (<http://weatherarchive.ru/Pogoda/Blagoveshchensk>).

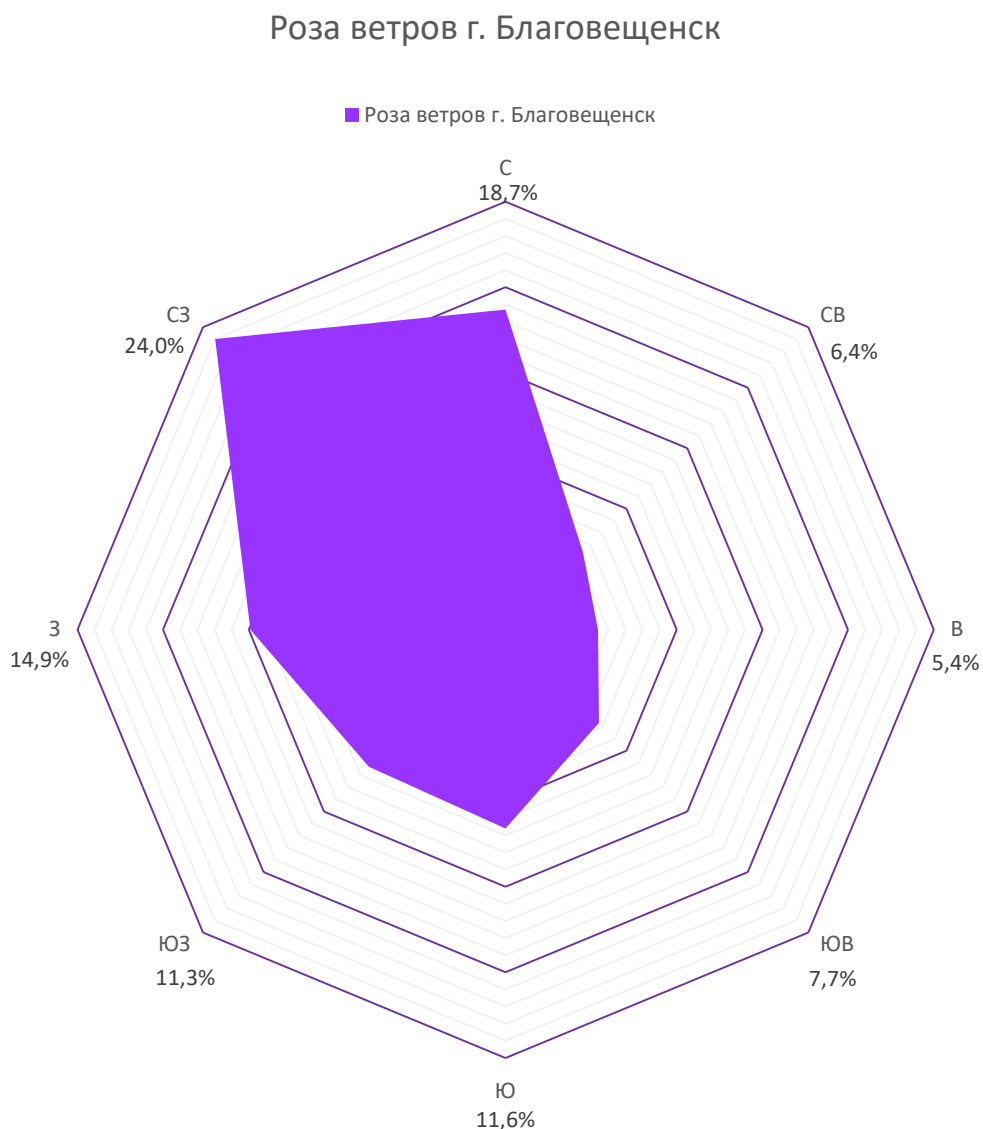


Рис. 2 – Роза ветров города Благовещенска (<http://weatherarchive.ru/Pogoda/Blagoveshchensk>)

Гидрографическая сеть развита достаточно хорошо (рис. 3). Крупными реками являются Амур и Зея. Гидрологический режим характеризуется слабыми весенними и

сильными летними паводками, возникающими после интенсивных муссонных дождей. Случаются катастрофические наводнения.

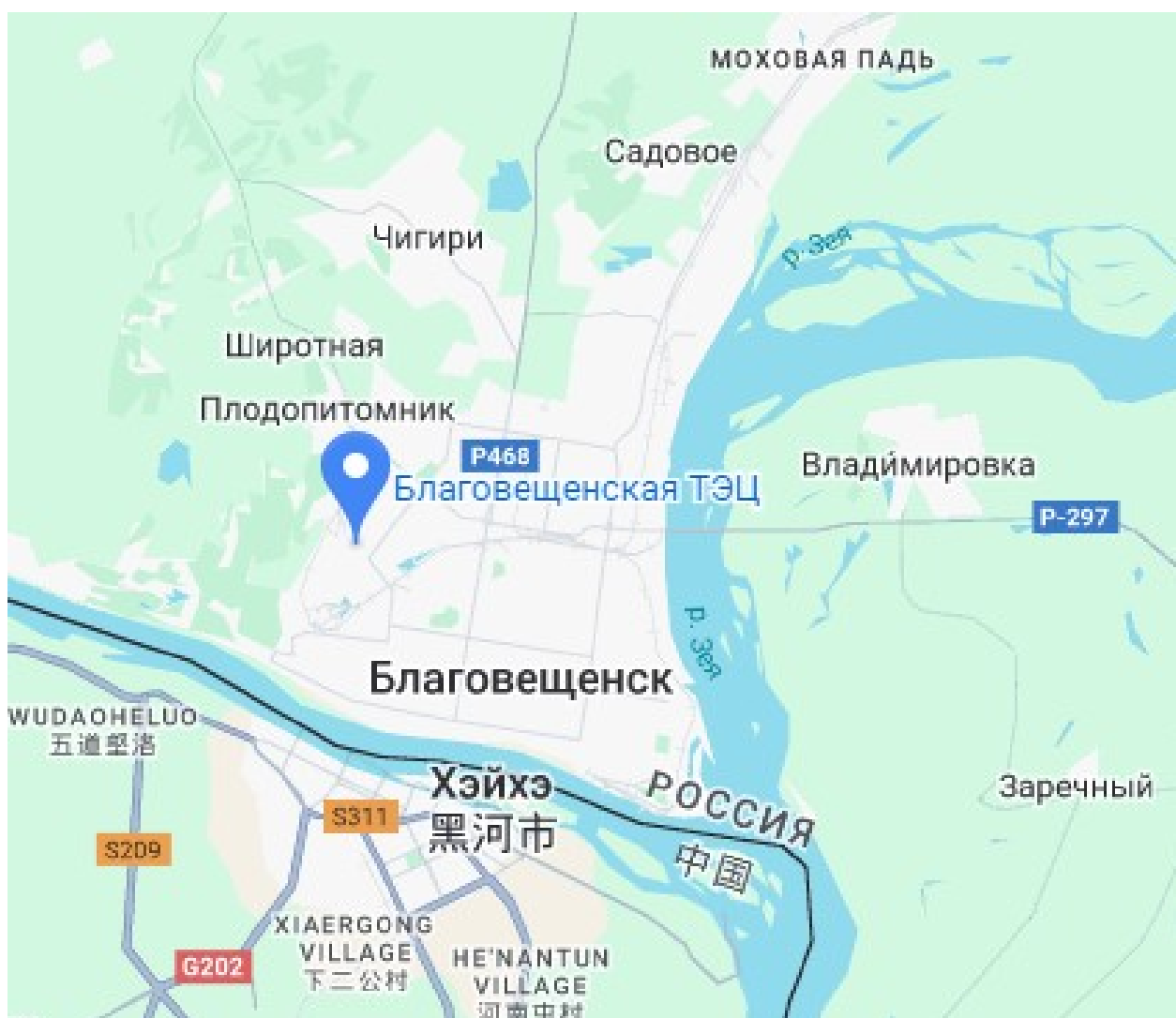


Рис. 3 – Карта-схема города Благовещенска (<http://russia-karta.ru/amurskaja-oblast-blagoveschensk.htm>)

Почвы города и его окрестностей представлены бурыми лесными оподзоленными, в долине - пойменными и пойменно-луговыми.

Территория города Благовещенска и его окрестностей расположена в зоне широколиственных лесов и представлена луговой, кустарниковой, лесной и водно-болотной растительностью (<http://amur.shamora.info>).

1.2 Принцип работы и устройство ТЭС

Теплоэлектроцентраль (ТЭС) – тепловая электростанция, вырабатывающая электроэнергию и теплоту (в виде пара и горячей воды, в том числе и для обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и промышленных объектов). Основным

источником теплоты на ТЭЦ является сжигаемое органическое топливо (<https://bigenc.ru/c/teploelektrotsentral-5c093b/?v=7268268>).

Схема работы ТЭЦ достаточно проста (рис. 4).



Рис. 4 – Схема работы ТЭЦ (<https://strojdvor.ru/elektrosnabzhenie/tets-rasshifrovka>)

В топку одновременно поступают топливо и разогретый воздух - окислитель. Наиболее распространенное топливо на российских ТЭЦ – измельченный уголь. Тепло от сгорания угольной пыли превращает воду, поступающую в котел в пар, который затем под давлением подается на паровую турбину. Мощный поток пара заставляет ее вращаться, приводя в движение ротор генератора, который преобразует механическую энергию в электрическую.

Далее пар, уже значительно утративший свои первоначальные показатели – температуру и давление – попадает в конденсатор, где после холодного «водяного душа» он опять становится водой. Затем конденсатный насос перекачивает ее в регенеративные нагреватели и далее - в деаэрактор. Там вода освобождается от газов – кислорода и CO_2 , которые могут вызвать коррозию. После этого вода вновь подогревается от пара и подается обратно в котел.

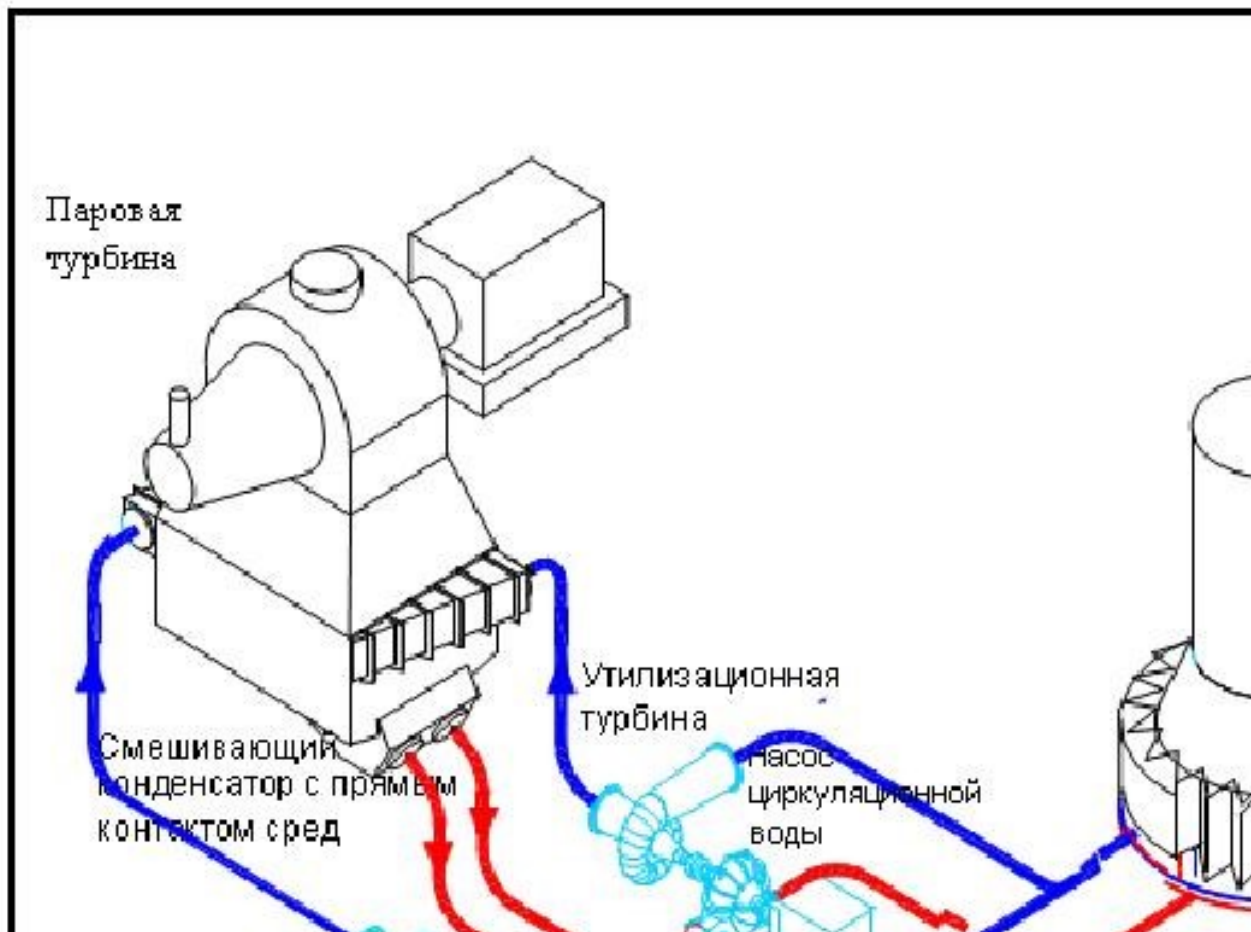


Рис. 5 – Схема оборотного водоснабжения ТЭЦ с градирнями (<https://triptonkosti.ru/25-foto/shema-oborotnogo-vodosnabzheniya-s-gradirnyami.html>)

Другая, не менее важная функция ТЭЦ – обеспечение горячей водой (паром), предназначенной для систем центрального отопления близлежащих населенных пунктов и бытового использования (Труб, 2020).

На ТЭЦ используют твёрдое, жидкое или газообразное топливо.

В состав ТЭЦ входят топливное хозяйство и устройства для подготовки топлива перед сжиганием. Топливное хозяйство включает приемно-разгрузочные устройства, транспортные механизмы, топливные склады, устройства для предварительной подготовки топлива (дробильные установки).

Продукты сгорания топлива – дымовые газы отсасываются дымососами и отводятся через дымовые трубы в атмосферу. Негорючая часть твердых топлив выпадает в топке в виде шлака, а значительная часть в виде мелких частиц уносится с дымовыми газами. Для защиты атмосферы от выброса летучей золы перед дымососами устанавливают золоуловители. Шлаки и зола удаляются обычно на золоотвалы.

Перечисленные выше участки образуют один из основных технологических трактов - топливно-газовоздушный тракт (<https://www.techcult.ru/technology/5057-princip-raboty-i-ustrojstvo-tec-tes/>).

1.3 Характеристика основных компонентов выбросов ТЭЦ

Теплоэнергетика на сегодняшний день считается экологами самой загрязняющей отраслью промышленности. По объемам выброса вредных веществ в атмосферу предприятия теплоэнергетики занимают лидирующее место - почти 30% от общего числа выбросов предприятий всех отраслей (Габдулина, Филиппова, 2020).

При сжигании топлива на тепловых электростанциях образуются продукты сгорания, к которым относятся: зола, несгоревшие пылевидные частицы топлива, сера и диоксид серы, оксиды азота, газообразные продукты неполного сгорания. При горении мазута образуются соединения ванадия, кокс, соли натрия и частицы сажи. Некоторая топливная зола содержит мышьяк, свободный диоксид кальция, свободный диоксид кремния (Талаботи энергетик..., 2023).

Рабочая масса органического топлива состоит углерода, водорода, кислорода, азота, серы (сернистый газ, серный ангидрид), влаги и золы. К числу токсичных относятся оксиды серы и зола. При высоких температурах в ядре факела топочных камер большой мощности происходит частичное окисление азота воздуха и топлива с образованием оксидов азота (оксид и диоксид азота). В результате полного сгорания топлива образуются углекислый газ, водяные пары, оксиды серы, зола. При неполном сгорании топлива в топках могут образовываться также монооксид углерода, углеводороды и другие канцерогенные вещества. В выбросах ТЭС содержится значительное количество металлов и их соединений. При пересчете на смертельные дозы в годовых выбросах ТЭС мощностью 1 млн. кВт содержится алюминия и его соединений свыше 100 млн. доз, железа-400 млн. доз, магния -1,5 млн. доз. Летальный эффект этих загрязнителей не проявляется только потому, что они попадают в организмы в незначительных количествах. Это, однако, не исключает их отрицательного влияния через воду, почвы и другие звенья экосистем. (Манапова, Бахтияр, 2023; Талаботи энергетик..., 2023).

Оксид углерода (СО) - бесцветный газ, не имеющий запаха, известен также под названием «угарный газ». Образуется в результате неполного сгорания ископаемого топлива (угля, газа, нефти) в условиях недостатка кислорода и при низкой температуре. При вдыхании угарный газ из-за имеющейся в его молекуле тройной связи образует прочные

комплексные соединения с гемоглобином крови человека и тем самым блокирует поступление кислорода в кровь. Это вызывает головные боли, тошноту, а при более высокой концентрации - смерть. Максимальная разовая ПДК СО - 5 мг/м³, а среднесуточная - 3 мг/м³. При 14 мг/м³ возрастает вероятность смерти от инфаркта миокарда (Гребенюк, Быков, 2021).

Диоксид углерода (СО₂) - бесцветный, тяжелый, малореакционноспособный газ, при низких умеренных температурах обладает слегка кисловатым запахом и вкусом. При содержании в воздухе до 1% не оказывает токсичного воздействия, но при 4—5% раздражает органы дыхания, а при 1.0% вызывает сильное отравление (Гладких, Вершинина, 2022). Выбросы диоксида углерода (СО₂), являющиеся основным побочным продуктом сжигания угля, приводят к повышению средней температуры окружающей среды, тем самым вызывая глобальное потепление. На каждый грамм сжигаемого углерода образуется около 4 граммов СО₂ (Сжигание газового..., 2022).

Диоксид серы (SO₂) (сернистый ангидрид) - бесцветный газ с резким запахом. Образуется в процессе сгорания серосодержащих ископаемых видов топлива, в основном угля, а также при переработке сернистых руд. Наибольшее количество сернистого ангидрида SO₂ выбрасывается тепловыми электростанциями, работающими на многосернистом топливе. В первую очередь он участвует в формировании кислотных дождей. Максимальная разовая ПДК для диоксида серы составляет 0,5 мг/м³, а среднесуточная - 0,05 мг/м³ (Ресурсосберегающие технологии..., 2014).

Длительное воздействие диоксида серы на человека сначала приводит к потере вкусовых ощущений, стесненному дыханию, а затем - к воспалению или отеку легких, нарушениям сердечной деятельности, изменению кровообращения и остановке дыхания. Растения гораздо чувствительнее к воздействию диоксида серы, чем человек.

При наличии избыточного воздуха происходит частичное окисление диоксида серы SO₂ до триоксида серы SO₃. Соединяясь с водно-воздушной средой, выбросы образуют серную кислоту (H₂SO₄), которая вызывает коррозию поверхности нагрева, разрушает металл котельного оборудования (Ресурсосберегающие технологии..., 2014).

Оксиды азота (оксид и диоксид азота) - газообразные вещества: монооксид азота NO и диоксид азота NO₂ - объединяются одной общей формулой NO^x. При всех процессах горения образуются окислы азота, причем большей частью в виде оксида. Оксид азота достаточно быстро окисляется до диоксида, который представляет собой красно-белый газ с неприятным запахом, сильнодействующий на слизистые оболочки человека. Чем выше температура сгорания, тем интенсивнее идет образование окислов азота.

Наиболее токсичными соединениями в выбросах при сжигании топлива являются оксиды азота (N_2O ; NO ; NO_2 ; N_2O_3 ; N_2O_5). Самым высокотоксичным является диоксид азота NO_2 , который в шлейфе дымовых газов находится в пределах 60-80 % от всех оксидов азота. Накопления диоксида азота N_2O наряду с диоксидом углерода CO_2 и метаном CH_4 создают парниковый эффект. Кроме того, диоксид азота N_2O участвует в реакциях, приводящих к истощению озонового слоя Земли. Кроме того, оксиды азота под воздействием ультрафиолетового излучения участвуют в цепных фотохимических реакциях, приводящих к образованию альдегидов и кетонов, являющихся загрязнителями высокой степени опасности.

Смесь оксидов азота представлена оксидом азота NO (до 95 %) и диоксидом азота NO_2 (около 4-5 %). При рассеивании дымовых газов в атмосфере в результате фотохимических реакций и взаимодействия с атмосферным озоном происходит доокисление NO до NO_2 . Таким образом, основная концентрация NO_2 образуется в нижнем атмосферном слое. Из общей массы оксидов азота, поступающих с дымовыми газами ТЭО и приведенных к NO_2 , 80 % приходится на долю NO_2 , около 13 % - NO . В результате такой трансформации существенно возрастает токсичность оксидов азота. Для NO ПДК_{мр} = 0,4 мг/м³, для NO_2 ПДК_{мр} = 0,2 мг/м³ (Ресурсосберегающие технологии..., 2014).

Среди вредных компонентов дымовых газов особое место занимает большая группа полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Многие ПАУ обладают высокой канцерогенной и (или) мутагенной активностью, активизируют фотохимические смоги в городах, что требует строгого контроля и ограничения их эмиссии (Ресурсосберегающие технологии..., 2014).

Ввиду высокой токсичности следует особо отметить такие продукты сжигания мазута, как оксиды ванадия. При сжигании мазута происходит окисление его минеральной части с образованием оксидов ванадия VO , VO_2 . Однако при образовании отложений на конвективных поверхностях оксиды ванадия представлены в основном в виде V_2O_5 . Пентаоксид ванадия V_2O_5 является наиболее токсичной формой оксидов ванадия, поэтому учет их выбросов производится в пересчете на V_2O_5 (Ресурсосберегающие технологии..., 2014).

Одним из факторов воздействия угольных ТЭС на окружающую среду являются отходы системы складирования, транспортировки, пылеприготовления и золоудаления. Удаляемые из топки зола и шлак образуют золошлакоотвалы на поверхности земли. Для строительства золошлакоотвалов требуются большие площади (60-130 га), что приводит к изменению ландшафта, вырубке лесов, изъятию земель из сельскохозяйственного оборота. Кроме отчуждения земель золошлакоотвалы могут, при нарушении правил эксплуатации,

загрязнять атмосферу из-за пыления золовых пляжей. Угольные электростанции России производят более 21 млн тонн золошлаковых отходов. Дальнейшей утилизации подвергается не более 15% от выработанных отходов. Остальные отходы поступают на золоотвал. В 2021 г объем золошлаковых отходов достигал 1,5 млрд тонн (Явинский, Чулкова, 2021).

Источниками постоянного шума, оказывающими существенное воздействие на окружающий ТЭЦ район, являются тягодутьевые машины, газораспределительные пункты, трансформаторы, градирни, места забора воздуха из атмосферы и на выбросы из дымовых труб, особенно периодические продувки пара в атмосферу. Энергия порождаемого шума распространяется в окружающее пространство либо непосредственно по рабочим каналам, либо через стенки корпуса конструкций. Круглосуточный режим деятельности предприятий теплоэнергетики обуславливает их негативное воздействие на окружающую среду не только в дневные часы, но и ночью. Шум мешает восприятию полезных звуков (человеческой речи, сигналов и пр.), нарушает тишину и оказывает вредное действие на окружающую среду и организм человека. Длительный шум ослабляет функциональное состояние центральной нервной системы человека, снижает сопротивляемость организма, что способствует развитию тяжелых болезненных процессов, невротических состояний, гипертонической либо гипотонической болезней. Население в этих районах вынуждено жить в условиях значительного превышения установленных норм по шуму (Горбунова, 2020).

Основными факторами воздействия ТЭС на гидросферу являются выбросы теплоты, следствием которых могут быть: постоянное локальное повышение температуры в водоеме; временное повышение температуры; изменение условий ледостава, зимнего гидрологического режима; изменение условий паводков; изменение распределения осадков, испарений, туманов. Кроме того, происходит значительное тепловое загрязнение водоемов при сбрасывании в них теплой воды, что способствует цепным природным реакциям: зарастанию водоемов водорослями, нарушению кислородного баланса, что создает угрозу для жизни обитателей рек и озер. На ТЭС с охлаждающей водой сбрасывается от 4 до 7 кДж теплоты на каждый 1 кВт·ч выработанной электроэнергии. По санитарным нормам тепловые сбросы не должны повышать собственную температуру водоема более чем на 5° в зимнее время и 3° в летнее (Пугачев, 2021).

2. МЕТОДЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ БЛАГОВЕЩЕНСКОЙ ТЭЦ НА КОМПОНЕНТЫ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Методологическую основу исследования влияния ТЭЦ на компоненты природной среды составляет системный подход изучения и прогнозирования экологического воздействия объектов ТЭЦ на окружающую среду.

В процессе написания магистерской диссертации применялись общепринятые теоретические методы: анализ конкретной задачи, литературных источников, нормативных документов, методик; синтез; дедукция и индукция; классификация; прогнозирование. Также в работе применялись частные методы: эколого-географическое картографирование; метод статистической обработки информации; метод математического моделирования; ландшафтно-географический метод.

Для расчетов и построения графических зависимостей использовались стандартные программы Microsoft Excel, Microsoft Word. Составление карт выполнялось в программе QGIS 3.28.

В основу работы положены отчетные данные Благовещенской ТЭЦ, отраженные в отчетах 2-ТП воздух за 2020г., отчете о ПЭК за 2020г., протоколах забора проб воды за 2020г. Параметры источника выбросов вредных веществ и его технические характеристики взяты из Программы производственного экологического контроля «БТЭЦ».

Расчеты приземных концентраций вредных веществ от дымовой трубы Благовещенской ТЭЦ произведены по методике, утвержденной приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 6 июня 2017 г. № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе». Данная методика расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе предназначена для расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ. Расчеты проводились с помощью инструментов программы Microsoft Excel. Функционал данной программы позволяет производить сложные математические расчеты путем применения формул. Полученные результаты расчетов были графически отображены в программе Microsoft Word с помощью диаграмм. По рассчитанным данным в программе Microsoft Excel были графически отображены поля концентраций вредных веществ. С помощью инструментов программы QGIS 3.28 были составлены карты рассеивания загрязняющих веществ на исследуемой территории.

Для оценки качества атмосферного воздуха были рассчитаны индексы загрязнения атмосферы по вредным веществам в соответствии с требованиями РД 52.04.667-2005

"Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения". На основании сопоставления рассчитанных значений индексов загрязнения атмосферы для отдельных примесей были определены пять вредных веществ для расчета комплексного индекса загрязнения атмосферы. Значение данного индекса определяет качественную характеристику состояния атмосферного воздуха.

Для оценки воздействия Благовещенской ТЭЦ на водные объекты сопредельных территорий были проанализированы результаты протоколов проб воды за 2020г. и рассчитаны коэффициенты комплексности загрязненности воды и удельные комбинаторные индексы загрязненности воды в соответствии с требованиями РД 52.24.643-2002. С помощью данных методических указаний была обработана и обобщена информация о химическом составе поверхностных вод с целью получения комплексной оценки их степени загрязненности. Оценка экологического состояния и качества вод проводилась на основе анализа данных по расчетным коэффициентам удельного комбинаторного индекса загрязненности вод (УКИЗВ).

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НА БЛАГОВЕЩЕНСКОЙ ТЭЦ

3.1 Общие сведения о предприятии СП «Благовещенская ТЭЦ» филиала «Амурская генерация» АО «ДГК»

Предприятие по производству электрической и тепловой энергии Благовещенская ТЭЦ (рис. 6) является структурным подразделением филиала «Амурская генерация» АО «ДГК». Благовещенская ТЭЦ – базовое предприятие энергетики Амурской области, на 85 % обеспечивающее потребности предприятий промышленности и жилищно-коммунального хозяйства столицы Приамурья в тепле и вырабатывающее седьмую часть всей электроэнергии, потребляемой в области. ТЭЦ расположена на территории северо-западного промышленного узла в северо-западной части города.

Дата ввода - 31 декабря 1976 года.

Установленная мощность по электроэнергии составляет 404 МВт, по теплоэнергии - 1005 Гкал/час.

Протяженность теплосетей Благовещенской ТЭЦ составляет 39,9 км, из них надземные - 25,5 км, подземные - 14,5 км. Протяженность паропровода – 2,864 км.

Ежегодно Благовещенская ТЭЦ вырабатывает и поставляет потребителям порядка 2 миллионов 100 тысяч гигакалорий тепловой энергии, порядка 1 миллиарда 500 миллионов киловатт-часов электрической энергии.

На Благовещенской ТЭЦ используется органическое топливо: смесь бурых углей Ерковецкого разреза Райчихинского месторождения (Амурская область) и бурых углей Переясловского месторождения (Красноярский край). Для минимизации выбросов в атмосферу вредных веществ используется смесь углей двух месторождений. Уголь Переясловского месторождения обладает высоким качеством за счет высокой теплоты сгорания (4100-4300 ккал/кг) и низкой зольности (8-12%). Уголь Ерковецкого разреза Райчихинского месторождения более низкого качества, имеющий показатель теплоты сгорания 2955-3300 ккал/кг и зольность 17-17,9% (<https://www.ruscoal.ru/prodazhi/harakteristiki-produktsii/>).

В качестве резервного и растопочного топлива используется мазут (<https://dvvgk.ru/page/2767>).

В декабре 2015 года для решения проблемы дефицита тепла для растущего областного центра была введена в эксплуатацию вторая очередь ТЭЦ (пятый котлоагрегат и четвертый турбоагрегат).

В 2018 году в эксплуатацию введена понизительная насосная станция № 2 на тепломагистрали № 2 Благовещенской ТЭЦ.

В 2019 году произведена модернизация электрофильтра котлоагрегата № 4. В ходе технического мероприятия было полностью заменено основное оборудование электрофильтра, установлены новые компоненты автоматической системы управления оборудованием.

В 2021 году введена в эксплуатацию понизительная насосная станция № 3 на тепломагистрали № 3 Благовещенской ТЭЦ, снизившая общий перепад давления в тепловой сети (<https://dvgk.ru/page/2767>).



Рис. 6 – Благовещенская ТЭЦ (<https://dvgk.ru/uploads/attachments/dvgk/Press/Энергообъекты/БлТЭЦ-1.jpg>)

Управление турбинами и котельным оборудованием осуществляется с трёх тепловых щитов. Управление линейными и шинными выключателями открытого распределительного устройства (ОРУ) - 110 кВ – с главного щита управления.

СП «Благовещенская ТЭЦ» в 2016 году выдано свидетельство о постановке на государственный учет объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду, согласно которому БТЭЦ относится к объекту I категории негативного воздействия.

3.2 Ресурсопотребление и образования отходов на Благовещенской ТЭЦ

В процессе производственной деятельности по производству электрической и тепловой энергии на Благовещенской ТЭЦ происходит потребление первичных ресурсы – органического топлива (бурого угля), атмосферного воздуха и воды.

На (рис. 7) приведена схема взаимодействия Благовещенской ТЭЦ с окружающей средой и структура отходов, которые оказывают влияние на атмосферный воздух, поверхностные и грунтовые воды.



Рис. 7 – Схема ресурсопотребления и отведения отходов деятельности Благовещенской ТЭЦ в окружающую среду (составлено автором)

В результате технологического процесса на ТЭЦ образуются отходы производства как материальные, так и энергетические, оказывающие негативное воздействие на окружающую природную среду. К материальным отходам на Благовещенской ТЭЦ относятся: золошлаки, отходы производства и потребления. К энергетическим отходам относят: неизбежные потери в теплотехническом агрегате или установке, электромагнитное излучение.

При анализе негативного воздействия ТЭЦ на окружающую среду учитываются в комплексе следующие факторы:

- вид и состав топлива;
- экологическая ситуация в зоне размещения ТЭЦ;
- природно-климатические условия региона.

3.3 Основные технологии и технологические процессы, в результате которых образуются выбросы в ОС

Источником загрязнения компонентов природы в результате производственной деятельности Благовещенской ТЭЦ является технологический процесс сжигания топлива.

Основным **источником выброса** загрязняющих веществ является дымовая труба, на долю которой приходится 99,82% от всей массы загрязняющих веществ, выбрасываемых ТЭЦ.

В состав Благовещенской ТЭЦ входят:

- котельный цех (КЦ),
- турбинный цех (ТЦ),
- цех топливоподачи (ЦТП),
- мазутно-масляное хозяйство (ММХ),
- химический цех (ХЦ),
- цех тяжелой техники (ЦТТ),
- электроцех (ЭЦ),
- золоотвал.

Котельный цех. В котельном цехе установлено 5 котлов БКЗ-420-140 (Е-420-140), которые предназначены для получения пара высокого давления при сжигании бурых углей. Выброс дымовых газов от котлов осуществляется через дымовую трубу высотой 210 м диаметром 7,2 м.

Согласно данных лаборатории ТЭЦ, максимальная рабочая зольность поступающего угля составляет 16%, средняя 13,05%.

Котлы работают на пылеугольной смеси. Для ее приготовления уголь, поступающий из бункеров сырого угля, подается на молотковые мельницы, которыми оборудован каждый котел.

Удаление золошлаковых отходов из топок котлов в накопительные бункера – твердое. Удаление шлака из бункеров котлов и золы из золоуловителей осуществляется в мокрый канал шлакозолоудаления, из которого багерной насосной станцией по трубопроводам перекачиваются на золоотвал.

Турбинный цех. В турбинном цехе вырабатывается электрическая энергия за счет подачи пара, полученного в котельном цехе, на турбоагрегаты.

Турбинный цех оборудован:

- паровой турбиной ПТ60-130/13 с генератором ТВФ-63-2УЗ,

- двумя турбоагрегатами Т-110/120-130-4 с генераторами ТВФ-120-2УЗ,
- турбоагрегатом Т-120/140-12,8-2 с генератором ТЗФП-130-2МУЗ.

Техническое водоснабжение на ТЭЦ оборотное с охлаждением в градирнях. Градирни башенного типа являются искусственными охладителями технической воды, циркулирующей в системе технического водоснабжения станции. На ТЭЦ установлено четыре градирни, одновременно в работе находится три. Общий объем технической воды, поступающей на градирни, состоит из двух потоков:

1. Вода из р. Зея,
2. Очищенные стоки промливневой канализации.

Техническая вода на Благовещенской ТЭЦ используется для охлаждения конденсаторов турбин, для маслоохлаждающих систем турбин, для осуществления химической подготовки воды, предназначенной для восполнения её потерь в виде пара, для удаления золы и шлака.

Подщелачивания воды в оборотной системе технического водоснабжения на станции не производится, в связи с этим расчет выбросов по градирням не проводится.

Цех топливоподачи. Цех топливоподачи обеспечивает прием и хранение угля на угольном поле, подачу угля в котельный цех, очистку угля от посторонних металлических предметов.

Уголь на ТЭЦ поступает железнодорожным транспортом в полувагонах вместимостью 60 т. в помещение вагоноопрокидывателя. Среднегодовое поступление угля составило 2029084 т. 30% (608725 т.) угля поступает непосредственно в котельный цех, 70% (1420359 т.) направляется на склад угля.

При подаче топлива со склада, уголь бульдозерами загружается на приемные решетки и ленточным конвейером подается на узлы пересыпки, откуда вышеописанным способом подается в дробильный корпус и далее в бункер сырого угля.

По мере необходимости, уголь загружается на транспортерную ленту и поступает в дробильный корпус. Поступающий уголь дробится до фракции 20 мм и подается в бункера сырого угля котлов главного корпуса. Котлы работают на пылеугольной смеси. Для ее приготовления уголь, поступающий из бункеров сырого угля, подается на молотковые мельницы, которыми оборудован каждый котел. Предварительная сушка угля не предусмотрена.

Масло-мазутное хозяйство (ММХ). Мазут марки М-100В поступает на ТЭЦ в железнодорожных цистернах. Годовое поступление составляет 1705 т/год. Слив мазута производится в приемный резервуар 500 м³. Для слива мазута на предприятии имеется

разгрузочная эстакада, позволяющая одновременный прием 8 железнодорожных цистерн. Для хранения мазута установлено 4 емкостей объемом 2000 м³ каждая. Мазут в котельный цех подается насосами. Мазут используется в качестве резервного и растопочного топлива. Для быстрого розжига любого котла мазут в котельный цех подается по кольцевому трубопроводу круглосуточно.

На ТЭЦ в железнодорожных цистернах поступает турбинное масло и трансформаторное масло. Турбинное масло используется для смазывания и охлаждения подшипников и других механизмов паровых турбин. Трансформаторное масло используется для защиты узлов силового трансформатора от перегрева и увлажнения, а также для изоляции частей трансформатора, находящихся под напряжением. Перекачка масел в емкости хранения производится насосом производительностью 36 м³/час. Годовое поступление турбинного масла составляет 30 т. Для его хранения установлены 4 емкости объемом 70 м³. Годовое поступление трансформаторного масла составляет 16,5 т. Для его хранения установлены 6 емкостей объемом 70 м³.

Химический цех. В цехе производится химическая обработка воды, которая используется для подпитки теплосети и для подпитки котлов. На ТЭЦ к качеству воды предъявляют определенные требования. Перед использованием проводится химический анализ воды и ее обработка. Химическая обработка воды предотвращает образование накипи и необходима для корректной работы оборудования станции. Для обработки воды используются химические вещества: серная кислота, едкий натр, гидразин, водный раствор аммиака.

Серная кислота поступает в железнодорожных цистернах. Разгрузка производится в специальном ж.д. тупике, где производится ее перекачка в баки хранения. Годовое поступление серной кислоты – 120 т. Установлено 4 бака емкостью 40 м³ каждый, 3 из которых предназначены для хранения серной кислоты, 1 резервный (на случай перелива). Перекачка кислоты осуществляется насосом для перекачки агрессивных жидкостей производительностью 55 м³/час. Кислота используется для регенерации ионообменных смол, загруженных в Н-катионитовые фильтры «цепочек», конденсатоочистки и фильтры Нг подпитки теплосети.

Едкий натр также поступает в ж. д. цистернах. Годовое поступление щелочи – 120т. Едкий натр используется для регенерации ионообменных смол, загруженных в анионитовые фильтры «цепочек», конденсатоочистки, для приготовления растворов щелочи на подпитку теплосети и предочистку, для щелочной промывки фильтров механических обессоливающей установки и подпитки теплосети. Из ж. д. цистерн едкий натр перекачивается в баки

хранения, установленные в помещении реагентного хозяйства. Перекачка щелочи осуществляется насосом для перекачки агрессивных жидкостей производительностью 45 м³/час. Установлено 3 бака объемом 100 м³. По мере необходимости из баков хранения щелочь перекачивается в мерники щелочи (расходные емкости).

Гидразин поступает в 200 литровых бочках. Это токсичное химическое соединение с аммиачным запахом. Годовое поступление гидразина – 2,8 т. Гидразин на ТЭЦ используется для удаления растворенного кислорода из воды. В помещении гидрозинного хозяйства, гидразин концентрацией 64% перекачивается в расходный мерник (1 шт. 10 м³), где разбавляется водой до концентрации 32%. По мере необходимости 32% гидразин перекачивается в 2 мерника для разбавления его до концентрации 0,05%.

Водный раствор аммиака поступает в канистрах. Годовое поступление аммиака – 3,4 т. В помещении аммиачного хозяйства 25% водный раствор аммиака переливается в расходный мерник, где разбавляется водой до 0,11-0,13%. По мере необходимости полученный водный раствор аммиака перекачивается в следующий мерник, где доводится до концентрации 0,06-0,08%. Аммиак на ТЭЦ используется для поддержания показателя рН питательной воды.

Цех тяжелой техники. В цехе хранится техника и проводится ее техническое обслуживание. В цехе размещаются: стояночный бокс, ремонтный бокс, аккумуляторная. На балансе предприятия числятся 16 единиц тяжелой техники, занятой на работах, связанных с разгрузкой угля, перемещением угля, формированием склада угля. Техническое обслуживание и ремонт каждой единицы техники проводится 1 раз в 3 месяца. При производстве ремонтных работ ведутся сварочные работы и работы по газовой резке металла. Для ведения сварочных работ, оборудован сварочный пост с годовым расходом электродов УОНИ-13/45 – 90 кг, МР-3 – 70 кг. Остатки огарки электродов складываются в специальные контейнеры.

Золоотвал. Золоотвал предназначен для складирования и хранения золы и шлака, удаляемых из-под котлоагрегатов ТЭЦ. Технология производства предусматривает удаление золошлаков путем гидросмыва в систему гидрозолоудаления и по трубопроводу транспортируется на золоотвал.

Существующий золоотвал Благовещенской ТЭЦ располагается в 3-х км к западу от жилой застройки города в центральной и верхней частях долины пади Горбуниха. Общая площадь отведенного земельного участка 105,5 га.

В непосредственной близости от золоотвала находится бассейн осветленной воды, используемый для сбора и аккумуляции профильтровавшихся через дамбу техногенных (дренажных) вод. Бассейн огорожен дамбой.

Золоотвал овражного типа односекционный. Дамба золоотвала отсыпана четырьмя ярусами (первичная дамба и три яруса наращивания), которые сложены глинами, суглинками и песками, а также золошлаковым материалом. Система транспортировки и складирования золы и шлака гидравлическая, совместная, обратная. Обратная система гидрозолоудаления основана на возврате воды, поступающей в виде пульпы на золоотвал в систему гидрозолоудаления. На золоотвале предусмотрено мокрое хранение золошлаковых отходов, пыление от него отсутствует и в проекте ПДВ он не рассматривается.

Золоотвал является объектом размещения отходов которому согласно приказа Федеральной службы по надзору в сфере природопользования № 479 от 01.08.2014 г. присвоен номер 28-00001-Х-00479-010814 .

Загрязнение окружающей среды происходит в результате реализации основных и вспомогательных технологических процессов на ТЭЦ. В табл. 1 приведены технологические процессы на ТЭЦ и их воздействие на окружающую среду.

Таблица 1

Воздействие технологических процессов Благовещенской ТЭЦ на ОС (составлено автором)

Технологический процесс	Оборудование	Химическое загрязнение	Физическое воздействие
1	2	3	4
Основные технологические процессы ТЭЦ			
Транспортировка и разгрузка топлива	Мазутная эстакада Разгрузочное устройство угля	Углеводороды, угольная пыль	Шум, выбросы пыли в атмосферу
Хранение и перевалка топлива на складе	Склад угля Мазутохранилище	Угольная пыль, продукты окисления угля в штабеле	Шум
Подача топлива на сжигание	Топливоподача в конвейерах с аспирационными установками	Угольная пыль, углеводороды	Шум
Сжигание топлива	Котел с газопылеочистным оборудованием,	Оксиды азота, серы, углерода, зола, диоксид азота, пыль	Тепловое
Очистка поверхностей нагрева котла	Поверхности нагрева котла	Зола угольная, зола мазутная	Отходы технологические

1	2	3	4
Подача воздуха на сжигание	Дутьевые вентиляторы Компрессоры		Шум, вибрация
Отвод дымовых газов в атмосферу	Дымососы котла Отводящие газопроводы ГТУ		Тепловые выбросы, выбросы ЗВ в атмосферу
Продувка паропроводов	Сбросные и продувочные устройства	Пар водяной	Шум
Охлаждение цирк. воды	Градирни Брызгательные бассейны	Пар водяной	Шум, тепловые выбросы
Складирование золошлаков	Золоотвал	Зола	Загрязнение почв

3.4 Организация производственного экологического контроля на Благовещенской ТЭЦ

На Благовещенской ТЭЦ производственный контроль в области охраны окружающей среды осуществляется в целях обеспечения выполнения мероприятий по охране окружающей среды, соблюдения требований, установленных законодательством в области охраны окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов.

Программа производственного экологического контроля утверждена директором СП «Благовещенская ТЭЦ» и входит в состав документации в соответствии с ГОСТ Р 56062-2014. Программа производственного экологического контроля (ПЭК) разработана на основании статьи 67 ФЗ от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (с изм. и доп. от 10.07.2023 г.) и Приказа Минприроды РФ от 18.02.2022 г. № 109 «Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля, порядка и сроков предоставления отчетов об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля».

Программа устанавливает общие требования к организации и осуществлению производственного экологического контроля на СП «Благовещенская ТЭЦ» филиала «Амурская генерация» АО «ДГК». В Программе учтены требования законодательных, правовых документов по экологическому контролю, охране окружающей среды и иных природоохранных нормативных документов.

3.4.1 Цели и задачи производственного экологического контроля (ПЭК) на Благовещенской ТЭЦ

Цели производственного экологического контроля (ПЭК) определены законодательством (согласно Национального стандарта РФ ГОСТ Р 56062-2014):

- обеспечение выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов;

- обеспечение соблюдения требований, установленных законодательством в области охраны окружающей среды.

Основными задачами производственного контроля на СП «Благовещенская ТЭЦ» являются:

1) Разработка природоохранных мероприятий с привлечением заинтересованных производственных цехов электростанции: котельного, турбинного, цеха топливоподдачи, химического, электрического, цеха тяжелой техники, автотранспортного и оформление планов по ООС, рациональному использованию природных ресурсов, подготовка их к утверждению и согласованию.

2) Согласование мероприятий, направленных на уменьшение вредного воздействия загрязняющих веществ (ЗВ) на окружающую среду.

3) Контроль выполнения мероприятий по охране окружающей среды.

4) Контроль за соблюдением и выполнением требований действующего природоохранного законодательства, норм и правил, инструкций, предписаний по вопросам охраны окружающей среды.

5) Проведение анализа результатов природоохранной деятельности на электростанции (не реже одного раза в квартал).

6) Участие в разработке и контроле за внедрением в производство прогрессивных технологических процессов и режимов работы газоочистной установки (ГОУ).

7) В установленные сроки оформление и представление статистической отчетности по определенным формам.

8) Осуществление руководства и обеспечение работы бригад при проведении инструментального контроля за состоянием окружающей среды на электростанции, при проведении инвентаризации источников выбросов, при выборочном отборе и анализе проб атмосферного воздуха.

9) Подготовку материалов для расчета нормативов предельно- допустимых выбросов (ПДВ).

10) Оформление разрешения на выброс ЗВ в атмосферу.

11) Обеспечение ведения журнального учета ЗВ в промышленных выбросах.

12) Осуществление взаимодействия с другими предприятиями и организациями по обмену опытом в работе по ООС и рациональному использованию природных ресурсов.

13) Представление руководству электростанции, Министерству природных ресурсов, надзорным органам, статистическому управлению и др., отчетов, справок и других материалов по охране окружающей среды.

14) Запрещение складирования и хранения промышленных и бытовых отходов, других действий, влекущих за собой загрязнение окружающей среды.

15) Осуществление контроля за выполнением предписаний, выданных ответственным за охрану окружающей среды.

16) Обеспечение работы вышестоящих и инспектирующих организаций, обследующих состояние дел с охраной окружающей среды на электростанции.

Для определения количественных и качественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу используется расчетный метод. Значения характеристик выделений и выбросов ЗВ в атмосферу определялись по расчетным формулам, изложенным в соответствующих методиках, приведенных в табл. 2.

Таблица 2

Перечень используемых расчетных методик определения выбросов

№ п/п	Название методических пособий
1	2
1	Приказ Минприроды России №273 от 06.06. 2017 г. "Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе". (Зарегистрировано в Минюсте России 10.08.2017 N 47734)
2	Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов вредных (загрязняющих веществ) в атмосферный воздух. СПб., 2012 г.
3	Методические указания по расчету оксидов азота с дымовыми газами котлов СО 153-34.02.304-2003 – М.: ОАО «ВТИ», 2005
4	Методические указания по расчету оксидов азота с дымовыми газами ТЭС РД 34.02.304-95 – М.: ВТИ, ЦКТИ, 1996
5	Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) СПб.: ЦКТИ, 1998
6	Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. СПб., НИИ Атмосфера, 2012

7	Методика расчета выбросов бенз(а)пирена в атмосферу паровыми котлами электростанций СО 153-34.02.316-2003 (РД 153-34.1-02.316-2003), Москва, ВТИ, 2007
8	Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС, РД 34.02.305-98
9	Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при сварочных работах (по величинам удельных выделений), СПб, НИИ Атмосфера, 2021 г.
10	Методика расчета выделений загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении лакокрасочных материалов, НИИ Атмосфера, Интеграл, СПб 2021 г.
11	Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов. Новороссийск, ЗАО НИПИОСТСТРОМ, 2001
12	Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ при сжигании угля и технологических процессах горного производства на предприятиях угольной промышленности. Пермь. 2014 г.
13	Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу вредных веществ предприятиями по добыче угля. Пермь. 2003 г.
14	Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий. М. 1998 г.
15	Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для баз дорожной техники. М. 1998 г.
16	Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров. Казань, Новоплоцк. 1997, 1999 г.
17	Методика по определению выбросов вредных веществ в атмосферу на предприятиях Госкомнефтепродукта РСФСР. А. 1988 г.
18	Методика по определению выбросов вредных веществ в атмосферу на предприятиях ОАО «НК «Роснефть». 2004 г.
19	Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в структурных подразделениях филиалов ОАО «РЖД». М. 2005 г.
20	Расчетная инструкция (методика) «Удельные показатели образования вредных веществ, выделяющихся в атмосферу от основных видов технологического оборудования для предприятий радиоэлектронного комплекса. СПб. 2006 г.»
21	Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при механической обработке металлов (по величинам удельных показателей). СПб, НИИ Атмосфера, 2012 г.

Производственный аналитический контроль в СП Благовещенская ТЭЦ осуществляется химической лабораторией, которая является производственно-техническим подразделением химического цеха. В компетенцию химической лаборатории входит контроль качества и состава поступающего органического топлива, воды, пара, конденсата, отложений, реагентов, шлаков, золы, газов, масел. Лаборатория также осуществляет

контроль за состоянием водоподготовительного и теплоэнергетического оборудования (коррозией, накипеобразованием и отложением) и обеспечивает ТЭЦ добавочной водой для восполнения потерь пара и конденсата в технологическом цикле и химически очищенной водой для подпитки теплосети. Проводит нейтрализацию сбросных и обмывочных вод.

Система обеспечения необходимого качества выполнения анализов, измерений, тестирования, удостоверение и поддержание технической компетентности лаборатории подтверждается Заключением о состоянии измерений в лаборатории № 29-2020. Заключение действительно до 26.11.2023 г.

Привлекаемым испытательным лабораторным центром для производственного аналитического контроля является Филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Амурской области» (ФГБУ «ЦЛАТИ по ДФО» - ЦЛАТИ по Амурской области), расположенным по адресу: 675000, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Ленина 165Д, имеющим аттестат аккредитации. В компетенцию данного лабораторного центра входит контроль нормативов ПДВ в газоходах котлов, контроль за приземными концентрациями вредных веществ на жилой застройке, контроль атмосферного воздуха на границе СЗЗ золоотвала на пыль, мониторинг поверхностных вод в районе влияния золоотвала, контроль основной дрена подземных вод реки Амур.

3.4.2 Производственный контроль в области охраны атмосферного воздуха

В рамках осуществления производственного экологического контроля в области охраны атмосферного воздуха на Благовещенской ТЭЦ имеется следующая природоохранная документация:

- утвержденный и согласованный проект нормативов ПДВ;
- разрешение на выброс вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух № 107 на период с 05 декабря 2021 г. по 04 декабря 2026 г.;
- журналы первичного учета ПОД – 1, ПОД – 2, ПОД - 3;
- план – график замеров выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников.

Контроль нормативов ПДВ предусмотрен в газоходах котлов. Периодичность контроля по каждому котлоагрегату:

- 1 раз в месяц по общей запыленности (согласно ГОСТ 33007-2014);

- 2 раза в год по диоксиду азота, сернистому ангидриду, оксиду углерода, оксиду азота (руководство по эксплуатации ШДЕК.413411.002РЭ Газоанализатор многокомпонентный «Монолит»).

Нормативы выбросов приняты по котлоагрегатам работающим в максимальном режиме.

Контроль за нормативами ПДВ предусматривается на узлах пересыпки тракта топливоподачи на момент замера. Периодичность контроля по каждому узлу пересыпки - 1 раз в квартал, по каждому БСУ - 1 раз в год.

Контроль нормативов ПДВ в газоходах котлов осуществляется согласно договору и утвержденного графика с аттестованной и аккредитованной лабораторией филиала ФГБУ «ЦЛАТИ по ДФО» - ЦЛАТИ по Амурской области. Результаты замеров заносятся в протокол. По данным протоколов заполняется журнал ПОД 1 – «Журнал учета выбросов от стационарных источников загрязнения и их характеристика» и производится расчет платы за негативное воздействие на окружающую среду (расчетным методом). Так же ведется журнал «Учета выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от котлов СП «Благовещенская ТЭЦ» расчетным методом».

3.4.3 Производственный контроль санитарно-защитной зоны Благовещенской ТЭЦ

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов" СЗЗ в целом по предприятию принимается 500 м от территории ТЭЦ и угольного склада. СЗЗ от основной площадки ТЭЦ и угольного склада поглощают СЗЗ остальных вспомогательных цехов и участков.

Контроль за приземными концентрациями на жилой застройке, т.е. на границах СЗЗ предусмотрен 4 раза в год (1 раз в квартал) в пяти контрольных точках по диоксиду азота, общей запыленности, сероводороду:

- точка № 1 – общежитие ул. Энергетическая 10/;
- точка № 2 – район очистных ТЭЦ;
- точка № 3 – жилой дом ул. Нагорная 14/1;
- точка № 4 – жилые дома ул. Нагорная 24/2, 35, 40;
- точка № 5 – садово-огородные участки.

Контроль, согласно договора, осуществляет ФГБУ «ЦЛАТИ по ДФО» - ЦЛАТИ по Амурской области по утвержденному плану-графику. Результаты замеров заносятся в

протокол. Согласно предоставляемым протоколам заполняется журнал «Мониторинг влияния СП «Благовещенская ТЭЦ» на окружающую среду».

3.4.4 Программа геоэкологического мониторинга золоотвала

На Благовещенской ТЭЦ разработана и утверждена программа геоэкологического мониторинга золоотвала. Природные поверхностные водные объекты в районе золоотвала представлены системой старичных озер Ротанье, сформировавшихся в пойме реки Амур ниже устья пади Горбуниха и реки Амур, протекающей в двух километрах от золоотвала. Искусственные водоемы располагаются в ложе золоотвала (пруд осветленных вод) и ниже ограждающей дамбы (пруд дренажных вод).

Для выполнения программы геоэкологического мониторинга определены пять точек отбора проб, составлен и утвержден график мониторинга поверхностных вод в районе влияния золоотвала. Согласно графика, контроль исходного качества техногенных вод, отбор одной пробы производится непосредственно в ложе золоотвала. Следующей точкой контроля качества отстоявшихся техногенных вод является пруд осветленной воды. С целью контроля влияния золоотвала на естественные водные объекты программой и графиком установлены три наблюдательных точки в системе озер Ротанье, с учетом охвата возможного фронта движения грунтово-техногенного потока. Контроль, согласно договора, один раз в квартал осуществляет ФГБУ «ЦЛАТИ по ДФО» - ЦЛАТИ по Амурской области. Результаты замеров заносятся в протокол. Согласно предоставляемым протоколам заполняется журнал «Мониторинг влияния золоотвала на окружающую среду».

Программа геоэкологического мониторинга золоотвала предусматривает контроль основной дрены подземных вод реки Амур в двух пунктах. Первая точка выше по течению за пределами влияния золоотвала (фоновый пункт). Вторая точка находится вниз по течению от золоотвала в районе городских очистных сооружений. Для золоотвала по периметру установлена СЗЗ, которая составляет 300 м.

Согласно программы мониторинга в двух точках на границе СЗЗ с апреля по октябрь осуществляется контроль атмосферного воздуха. Контролируемым веществом является пыль. Исследования, согласно договора осуществляет ФГБУ «ЦЛАТИ по ДФО» - ЦЛАТИ по Амурской области. Результаты замеров заносятся в протокол. Согласно предоставляемым протоколам заполняется журнал «Мониторинг влияния золоотвала на окружающую среду» раздел «Атмосферный воздух».

4. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БЛАГОВЕЩЕНСКОЙ ТЭЦ НА КОМПОНЕНТЫ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

4.1 Влияние Благовещенской ТЭЦ на атмосферу

Благовещенская ТЭЦ географически расположена на северо-западной окраине города Благовещенска. Преобладающими направлениями ветров по данным Амурского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды являются северное, северо-западное и западное направления. При проектировании Благовещенской ТЭЦ не была учтена роза ветров, в связи с этим 57,6% ветреных дней в году траектория выбросов из дымовой трубы пролегает над территорией города.

В 2018 г. в атмосферу было выброшено 43204,530 т. загрязняющих веществ (табл. 3).

Таблица 3

Динамика выбросов в атмосферу загрязняющих веществ (составлено автором)

Загрязняющее вещество	Выброшено в атмосферу, т		
	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Диоксид серы (SO ₂)	10948,928	10435,268	10246, 879
Оксид углерода (CO)	13043,448	12395,827	12016, 435
Оксиды азота (в пересчете на NO ₂)	8899,171	8435,183	8328,654
Бенз(а)пирен	0,002	0,002	0,002
Сажа	701,323	812,692	815,345
Мазутная зола в пересчете на ванадий	0,063	0,049	0,038
Пыль неорганическая 70-20% двуокиси кремния	9611,595	10921,067	11026,397
Всего:	43204, 530	43000,088	42433,75

В 2019 г. и в 2020 г. наблюдалась тенденция к снижению выбросов диоксида серы, оксида углерода, оксидов азота и мазутной золы. Увеличение выбросов наблюдалось по показателям сажи и пыли 70-20% двуокиси кремния. Общий выброс в атмосферу загрязняющих веществ в 2020 г. уменьшился на 770,78 т. Это связано с качеством используемого топлива (в смеси углей преобладал бурый уголь Переясловского месторождения), и завершением ремонта золоулавливающих установок.

Т. к. основным источником выброса является дымовая труба, на долю которой приходится 99,82% от всей массы загрязняющих веществ, выбрасываемых ТЭЦ, для оценки влияния Благовещенской ТЭЦ на атмосферу был произведен расчет приземных концентраций вредных веществ. Расчеты осуществлялись по данным отчета 2-ТП за 2020г.

Источник выбросов – дымовая труба. Параметры источника выброса:

высота $H=210$ м;

диаметр устья $D=7,2$ м;

скорость исходящих газов $\omega_0=25,49$ м/с;

температура исходящих газов $T=140^\circ\text{C}$;

расход газовой смеси (мощность выброса) - $V_1=1037,777\text{м}^3/\text{с}$.

Расчет произведен для летнего времени. Средняя температура июля в г. Благовещенске - $22,2^\circ\text{C}$.

Расчеты произведены по методике, утвержденной приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 6 июня 2017 г. № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (Приказ Минприроды «Об утверждении..., 2017).

Максимальная приземная разовая концентрация загрязняющего вещества C_m , мг/м³, при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при опасной скорости ветра u_m на расстоянии X_m от источника выброса и определяется по формуле (1):

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, (1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, определяющий условия горизонтального и вертикального рассеивания загрязняющего вещества в атмосферном воздухе;

M – масса загрязняющего вещества, выбрасываемого в атмосферный воздух в единицу времени (мощность выброса), г/с;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющего вещества (газообразных и аэрозолей, включая твердые частицы) в атмосферном воздухе;

m и n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выброса из устья источника выброса;

- – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности;

H – высота источника выброса, м;

V_1 – расход газовой смеси, м³/с;

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_r и температурой атмосферного воздуха T_b , °C.

Для города Благовещенска коэффициент $A=200$.

Безразмерный коэффициент F учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе равен 2, т.к. очистка дымовых газов из трубы Благовещенской ТЭЦ осуществляется более чем на 93%.

Рельеф местности – равнинный, коэффициент $\eta = 1$.

Коэффициенты m и n определяются в зависимости от характеризующих свойства источника выброса параметров v_m, v'_m, f и f_e :

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}, \quad (2)$$

$$v_m = 0,65 \cdot ((1037,777 \cdot 117,8) / 210)^{1/3} = 5,427$$

$$v'_m = 1,3 \cdot \frac{w_0 \cdot D}{H}, \quad (3)$$

$$v'_m = 1,3 \cdot (25,49 \cdot 7,2 / 210) = 1,136$$

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (4)$$

$$f = 1000 \cdot 25,49^2 \cdot 7,2 / 210^2 \cdot 117,8 = 4678128,72 / 5194980 = 0,901$$

$$f_e = 800 \cdot (v'_m)^3, \quad (5)$$

$$f_e = 800 \cdot (1,136)^3 = 1172,802$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \text{ при } f < 100, \quad (6)$$

$$m = 1 / (0,67 + 0,1 \cdot (0,901)^{1/2} + 0,34 \cdot (0,901)^{1/3}) = 1 / (0,67 + 0,1 \cdot 0,949 + 0,34 \cdot 0,966) = 1 / 1,09334 = 0,915$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \text{ при } f \geq 100. \quad (7)$$

Коэффициент n при $f < 100$ определяется по формулам (8) - (10):

$$n = 4,4 \cdot v_m \text{ при } v_m < 0,5, \quad (8)$$

$$n = 0,532 \cdot v_m^2 - 2,13 \cdot v_m + 3,13 \text{ при } 0,5 \leq v_m < 2, \quad (9)$$

$$n = 1 \text{ при } v_m \geq 2. \quad (10)$$

Результаты расчетов оформлены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты расчетов приземных концентраций по веществам (составлено автором)

Вещество	C_m , мг/м ³	ПДКм.р., мг/м ³	C_m /ПДКм.р., мг/м ³
Диоксид серы (SO ₂)	0,110	0,500	0,22063
Оксид углерода (CO)	0,122	5,000	0,02447
Оксиды азота (в пересчете на NO ₂)	0,012	0,400	0,03000
Диоксид азота	0,072	0,085	0,84706
Сажа	0,007	0,150	0,04828
Пыль неорганическая 70-20% двуокиси кремния	0,138	0,150	0,91998

Приземные концентрации по загрязняющим веществам, рассчитанные на основании Приказа Минприроды России №273 от 06.06. 2017 г. "Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе" не превысили ПДК м.р. для населенных пунктов, утвержденные главным государственным санитарным врачом РФ Постановлением от 28 января 2021 года N 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" (с изменениями на 30 декабря 2022 года). Наиболее приближена к ПДКм.р. концентрация диоксида азота и пыли неорганической 70-20% двуокиси кремния.

Расстояние X_m от источника выброса, на котором приземная концентрация загрязняющих веществ при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения C_m , рассчитывается по формуле:

$$X_m = (5-F)/4 * d * H \quad (11),$$

где X_m – расстояние от источника выброса, на котором приземная концентрация загрязняющих веществ при неблагоприятных метеоусловиях достигает максимального значения;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющего вещества (газообразных и аэрозолей, включая твердые частицы) в атмосферном воздухе;

d – безразмерный коэффициент;

H – высота источника выброса, м;

$$\text{при } v_m > 2, \text{ то } d = 7 * (v_m)^{1/2} * (1 + 0,28 * (f)^{1/3}) \quad (12)$$

$v_m; f$ – параметры, характеризующие свойства источника выброса;

$$\text{в нашем случае } d = 7 * (5,427)^{1/2} * (1 + 0,28 * (0,901)^{1/3}) = 20,71$$

$$X_m = 5 - 2/4 * 20,71 * 210 = 3261,825 \text{ м.}$$

Приземная концентрация ЗВ при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения на расстоянии 3261,825 м от источника выброса.

Опасная скорость ветра u_m на стандартном уровне флюгера (10 м от уровня земли), при которой достигается наибольшая приземная концентрация ЗВ рассчитывается по формуле (13).

$$\text{если } v_m > 2, \text{ то} \\ u_m = v_m * (1 + 0,12 * (f)^{1/2}), \quad (13),$$

где u_m – опасная скорость ветра на стандартном уровне флюгера;

$v_m; f$ – параметры, характеризующие свойства источника выброса;

$$u_m = v_m * (1 + 0,12 * (f)^{1/2}) = 5,427 * (1 + 0,12 * 0,947) = 6,044 \text{ м/с.}$$

Приземная концентрация ЗВ достигает максимального значения при скорости ветра более 6 м/с.

Схематично рассеивания вредного вещества в приземном слое атмосферы изображено на рис. 8.

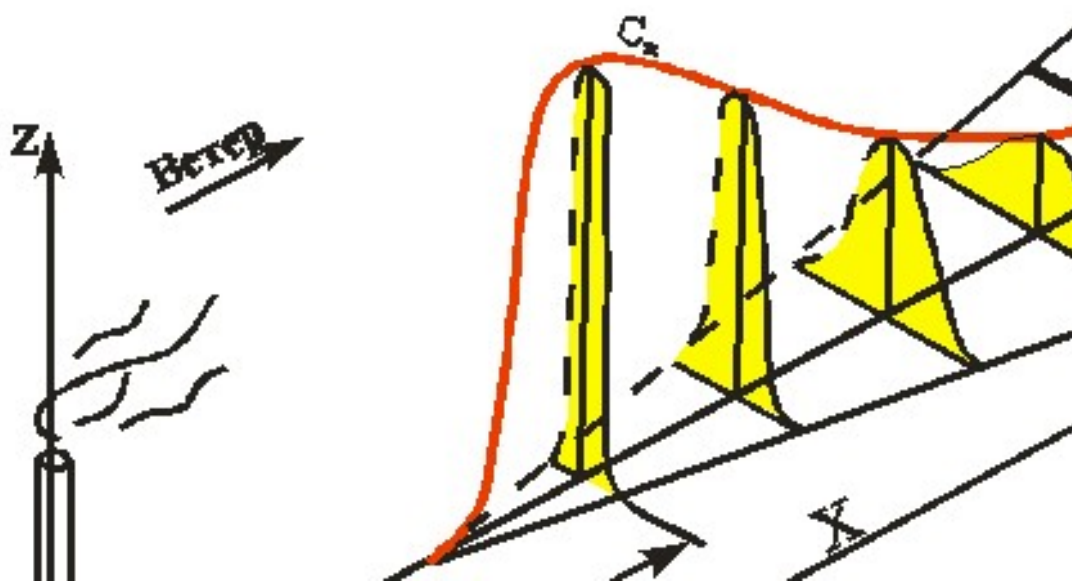


Рис. 8 – Схема рассеивания вредного вещества в приземном слое атмосферы

Определим приземную концентрацию загрязняющих веществ в атмосфере C , мг/м³ по оси факела выброса на различных расстояниях X , м от источника выброса при опасной скорости ветра u_m м/с.

$$C = s_1 * C_m, \quad (14)$$

где C – приземная концентрация загрязняющих веществ в атмосфере;

s_1 – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения X/X_M и коэффициента F по формулам (15-16);

C_M – максимальная приземная концентрация загрязняющего вещества;

$$s_1 = 3 \cdot (X/X_M)^4 - 8 \cdot (X/X_M)^3 + 6 \cdot (X/X_M)^2, \text{ при } X/X_M \leq 1, \quad (15)$$

$$s_1 = 1,13/0,13 \cdot (X/X_M)^2 + 1, \text{ при } 1 < X/X_M \leq 8, \quad (16)$$

где X – расстояние от источника выброса;

X_M – расстояние от источника выброса, на котором приземная концентрация загрязняющих веществ, при неблагоприятных метеоусловиях достигает максимального значения;

Полученные данные представлены в табл. 5.

Таблица 5

Приземная концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на оси факела от точечного источника (красным цветом выделена строка, в столбце 1 которой указано расстояние от источника выброса, на котором приземные концентрации вредных веществ (столбцы 2-7) достигают максимального значения) (составлено автором)

Расстояние от источника выбросов, м	Диоксид серы (SO ₂)	Оксид углерода (CO)	Оксиды азота (в пересчете на NO ₂)	Диоксид азота	Сажа	Пыль неорганическая 70-20% двуокиси кремния
1	2	3	4	5	6	7
X, м	C, мг/м ³	C, мг/м ³	C, мг/м ³	C, мг/м ³	C, мг/м ³	C, мг/м ³
500	0,012557	0,013927	0,001339	0,008238	0,000824	0,015708
1500	0,068949	0,076474	0,007351	0,045234	0,004527	0,086251
2500	0,105678	0,117212	0,011266	0,069331	0,006938	0,132196
3262	0,110315	0,122355	0,011761	0,072373	0,007242	0,137997
3500	0,108427	0,120261	0,011559	0,071134	0,007118	0,135635
4500	0,099931	0,110837	0,010654	0,065560	0,006561	0,125007
5500	0,091016	0,100949	0,009703	0,059711	0,005975	0,113855
6500	0,082214	0,091187	0,008765	0,053937	0,005397	0,102845
7500	0,073879	0,081943	0,007876	0,048469	0,004850	0,092418
8500	0,066208	0,073434	0,007058	0,043436	0,004347	0,082822
9500	0,059283	0,065753	0,006320	0,038893	0,003892	0,074159
10500	0,053111	0,058907	0,005662	0,034844	0,003487	0,066438
11500	0,047653	0,052854	0,005080	0,031263	0,003128	0,059611
12500	0,042850	0,047526	0,004568	0,028112	0,002813	0,053602
13500	0,038631	0,042847	0,004118	0,025344	0,002536	0,048325
14500	0,034928	0,038740	0,003724	0,022915	0,002293	0,043692
15500	0,031675	0,035132	0,003377	0,020780	0,002079	0,039623
16500	0,028812	0,031957	0,003072	0,018902	0,001892	0,036042

1	2	3	4	5	6	7
17500	0,026288	0,029157	0,002803	0,017246	0,001726	0,032884
18500	0,024056	0,026682	0,002565	0,015782	0,001579	0,030093
19500	0,022078	0,024488	0,002354	0,014485	0,001449	0,027618
20500	0,020319	0,022537	0,002166	0,013331	0,001334	0,025418

На основании полученных расчетов построен график распределения приземных концентраций вредных веществ вдоль ветровой оси при опасной скорости ветра $C=f(X)$ (рис. 9).

График распределения приземных концентраций вредных веществ,
 $C=f(X)$

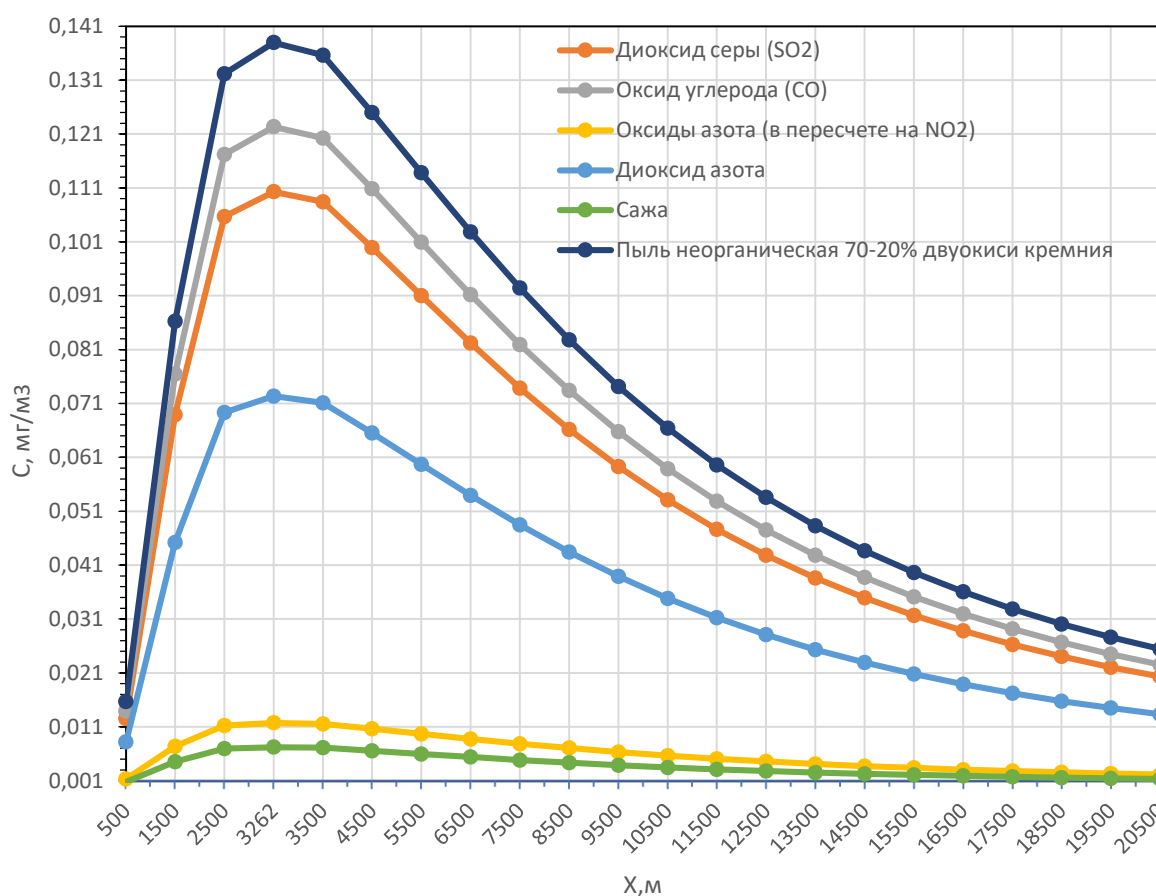


Рис. 9 – Графики распределения вредных веществ в атмосфере в зависимости от расстояния от источника выброса (дымовая труба Благовещенской ТЭЦ) (составлено автором)

Концентрация загрязняющих веществ в атмосфере в летний период достигает максимального значения на расстоянии 3262 м от дымовой трубы. Вдоль ветровой оси рассеивание загрязняющих веществ происходит на расстоянии более 20 км от дымовой трубы Благовещенской ТЭЦ.

Приземная концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе C_y по перпендикуляру к оси факела выброса рассчитана по формуле (17):

$$C_y = s_2 * C, \quad (17)$$

где C_y приземная концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе по перпендикуляру к оси факела выброса;

s_2 – безразмерный коэффициент, определяемый по формуле (19);

C – приземная концентрация загрязняющих веществ в атмосфере.

$$u \geq 5, \text{ тогда } t_y = (5 * y^2) / x^2, \quad (18)$$

$$s_2 = 1 / (1 + 5 * t_y + 12,8 * t_y^2 + 17 * t_y^3 + 45,1 * t_y^4), \quad (19)$$

где t_y – аргумент.

Результаты расчетов представлены в табл. 6.

Таблица 6

Приземная концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе C_y на расстоянии Y по перпендикуляру к оси факела выброса (составлено автором)

Расстояние от источника выбросов, м	Диоксид серы (SO ₂)	Оксид углерода (CO)	Оксиды азота (в пересчете на NO ₂)	Диоксид азота	Сажа	Пыль неорганическая 70-20% двуокиси кремния
Y, м	C _y	C _y	C _y	C _y	C _y	C _y
0	0,110000	0,122000	0,112000	0,072000	0,007000	0,138000
50	0,109356	0,121285	0,011930	0,071578	0,006959	0,137192
100	0,107445	0,119166	0,011721	0,070328	0,006837	0,134795
150	0,104333	0,115715	0,011382	0,068291	0,006639	0,130891
200	0,100126	0,111048	0,010923	0,065537	0,006372	0,125612
250	0,094963	0,105323	0,010360	0,062158	0,006043	0,119135
300	0,089013	0,098723	0,009710	0,058263	0,005664	0,111671
350	0,082461	0,091457	0,008996	0,053975	0,005248	0,103451
400	0,075501	0,083737	0,007453	0,049419	0,004805	0,094719
450	0,068323	0,075776	0,006666	0,044720	0,004348	0,085714
500	0,061106	0,067772	0,005892	0,039996	0,003889	0,076660
550	0,054012	0,059904	0,005147	0,035353	0,003437	0,067761
600	0,047184	0,052331	0,004444	0,030884	0,003003	0,059194
650	0,040737	0,045181	0,003793	0,026664	0,002592	0,051106
700	0,034765	0,038558	0,003200	0,022755	0,002212	0,043614
750	0,029334	0,032534	0,002671	0,001920	0,001867	0,036801
800	0,024485	0,000072	0,024930	0,016026	0,001558	0,030717

На основании рассчитанных данных из табл. 5 построен график распределения приземных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от расстояния по перпендикуляру к оси факела выброса $C=f(Y)$ (рис. 10).

График распределения приземных концентраций вредных веществ, $C=f(Y)$

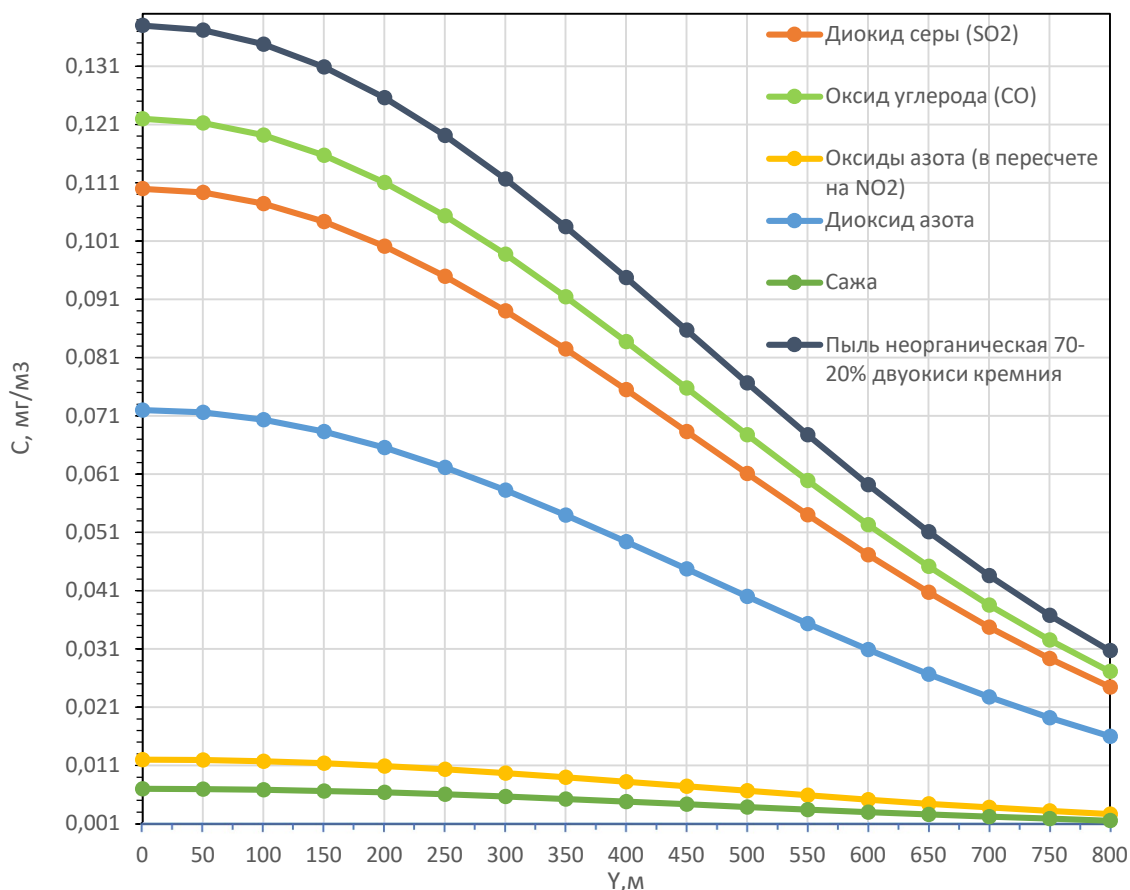


Рис. 10 – Графики рассеивания вредных веществ в атмосфере по оси факела выброса Благовещенской ТЭЦ (составлено автором)

На основании данных табл. 4 и 5 ниже построены поля (изолинии) концентраций загрязняющих веществ от дымовой трубы Благовещенской ТЭЦ в приземном слое атмосферы и составлены карты-схемы рассеивания вредных веществ в атмосфере (табл. 7-12; рис. 11-22).

Координаты точек изолиний концентраций диоксида серы (SO₂) (составлено автором)

Значение концентраций, мг/м ³	№ точки	X, м	Y, м
1	2	3	4
0,02	1	600	0
	2	20500	0
	3	3262	900
	4	3262	-900
0,06	1	1400	0
	2	9500	0
	3	3262	500
	4	3262	-500
0,1	1	2400	0
	2	4500	0
	3	3262	200
	4	3262	-200

Изолинии концентраций диоксида серы (SO₂)

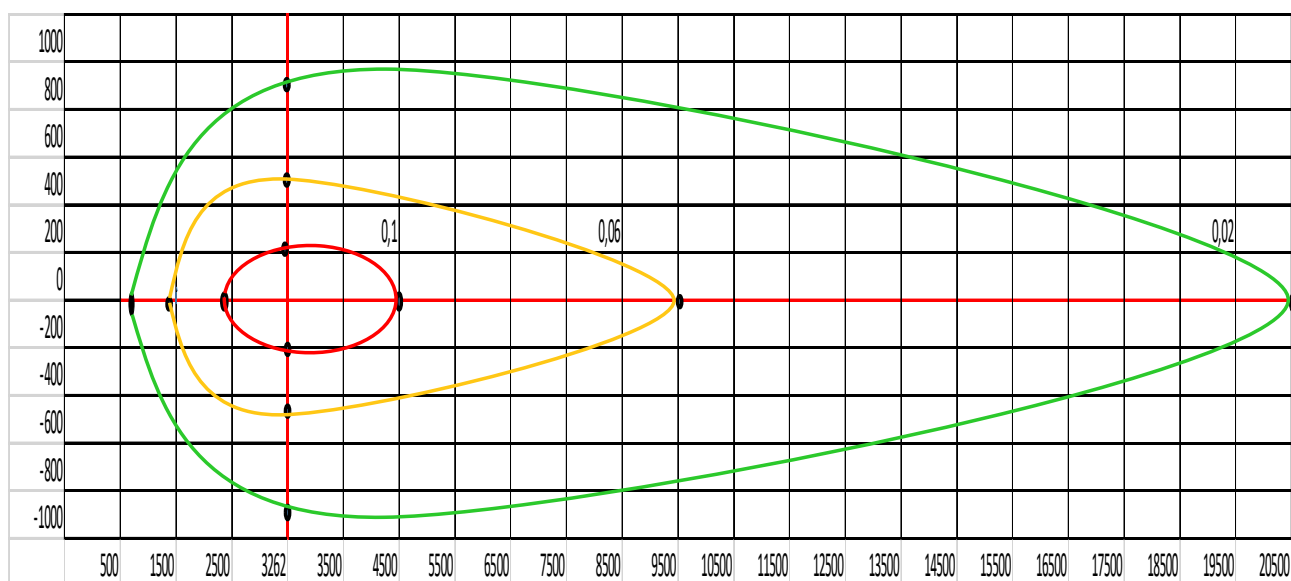


Рис. 11 – Изолинии концентраций диоксида серы (SO₂), мг/м³ (составлено автором)

Карта-схема рассеивания
диоксида серы (SO_2) от
точечного источника выбр
(Дымовая труба Благовеще
ТЭЦ)



Рис. 12 – Карта-схема рассеивания концентраций диоксида серы (SO_2), мг/м^3 (составлено автором)

Координаты точек изолиний концентраций оксида углерода (CO) (составлено автором)

Значение концентраций, мг/м ³	№ точки	X, м	Y, м
0,02	1	600	0
	2	20500	0
	3	3262	900
	4	3262	-900
0,06	1	1100	0
	2	10500	0
	3	3262	550
	4	3262	-550
0,1	1	2000	0
	2	5500	0
	3	3262	270
	4	3262	-270

Изолинии концентраций оксида углерода (CO)

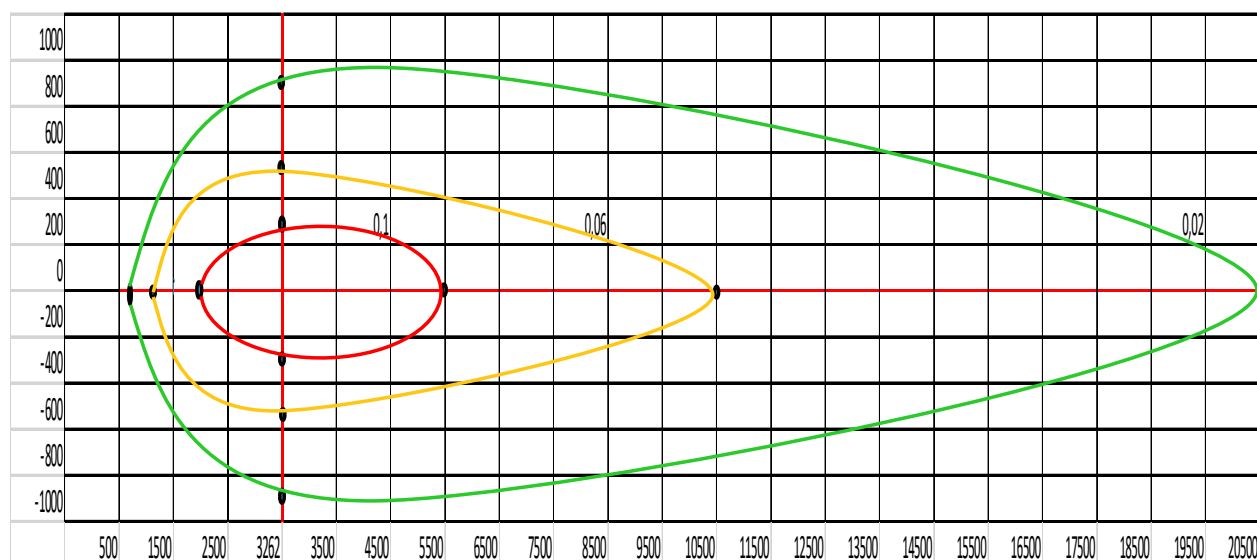


Рис. 13 – Изолинии концентраций оксида углерода (CO), мг/м³ (составлено автором)

Карта-схема рассеивания о
углерода (CO) от точечн
источника выбросов
(Дымовая труба Благовеще
ТЭЦ)



Рис. 14 – Карта-схема рассеивания концентраций оксида углерода (CO), мг/м³ (составлено автором)

Координаты точек изолиний концентраций оксидов азота (в пересчете на NO_2) (составлено автором)

Значение концентраций, мг/м^3	№ точки	X, м	Y, м
0,002	1	600	0
	2	20500	0
	3	3262	1000
	4	3262	-1000
0,006	1	1500	0
	2	9500	0
	3	3262	550
	4	3262	-550
0,01	1	2500	0
	2	4500	0
	3	3262	250
	4	3262	-250

Изолинии концентраций оксидов азота (в пересчете на NO_2 , мг/м^3)

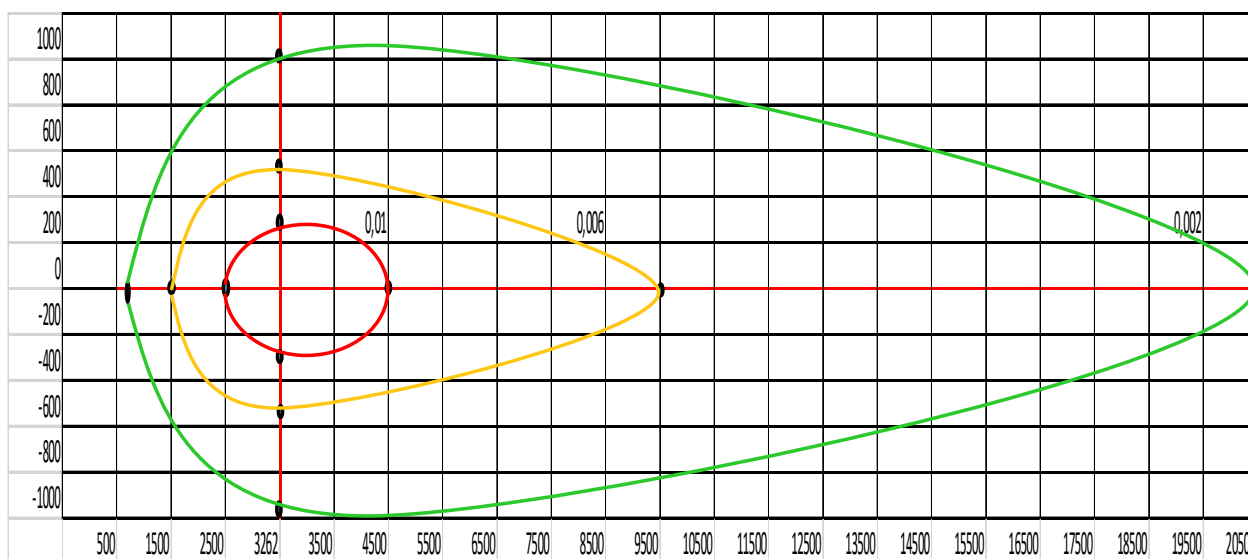


Рис. 15 – Изолинии концентраций оксидов азота (в пересчете на NO_2 , мг/м^3) (составлено автором)

Карта-схема рассеивания
оксидов азота (NO_2) от
точечного источника выбросов
(Дымовая труба Благовещенского
ТЭЦ)

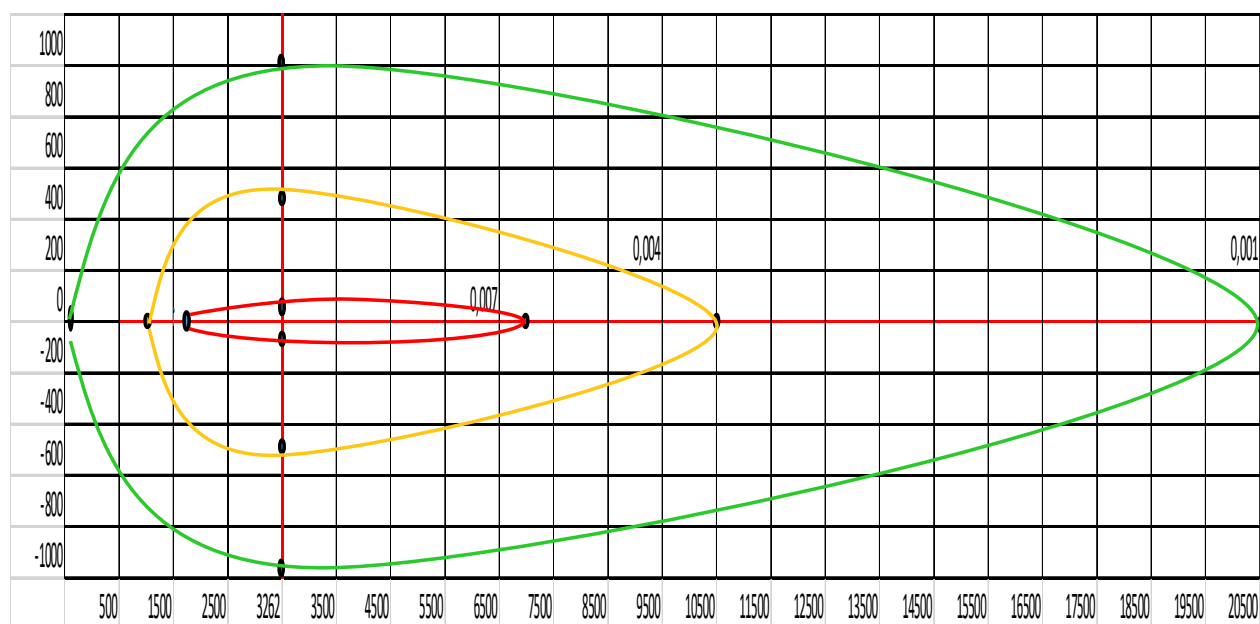


Рис. 16 – Карта-схема рассеивания концентраций оксидов азота, mg/m^3 (составлено автором)

Координаты точек изолиний концентраций сажи (составлено автором)

Значение концентраций, мг/м ³	№ точки	X, м	Y, м
0,001	1	25	0
	2	20500	0
	3	3262	1000
	4	3262	-1000
0,004	1	1000	0
	2	10500	0
	3	3262	460
	4	3262	-460
0,007	1	1750	0
	2	7000	0
	3	3262	25
	4	3262	-25

Изолинии концентраций сажи

Рис. 17 – Изолинии концентраций сажи, мг/м³ (составлено автором)

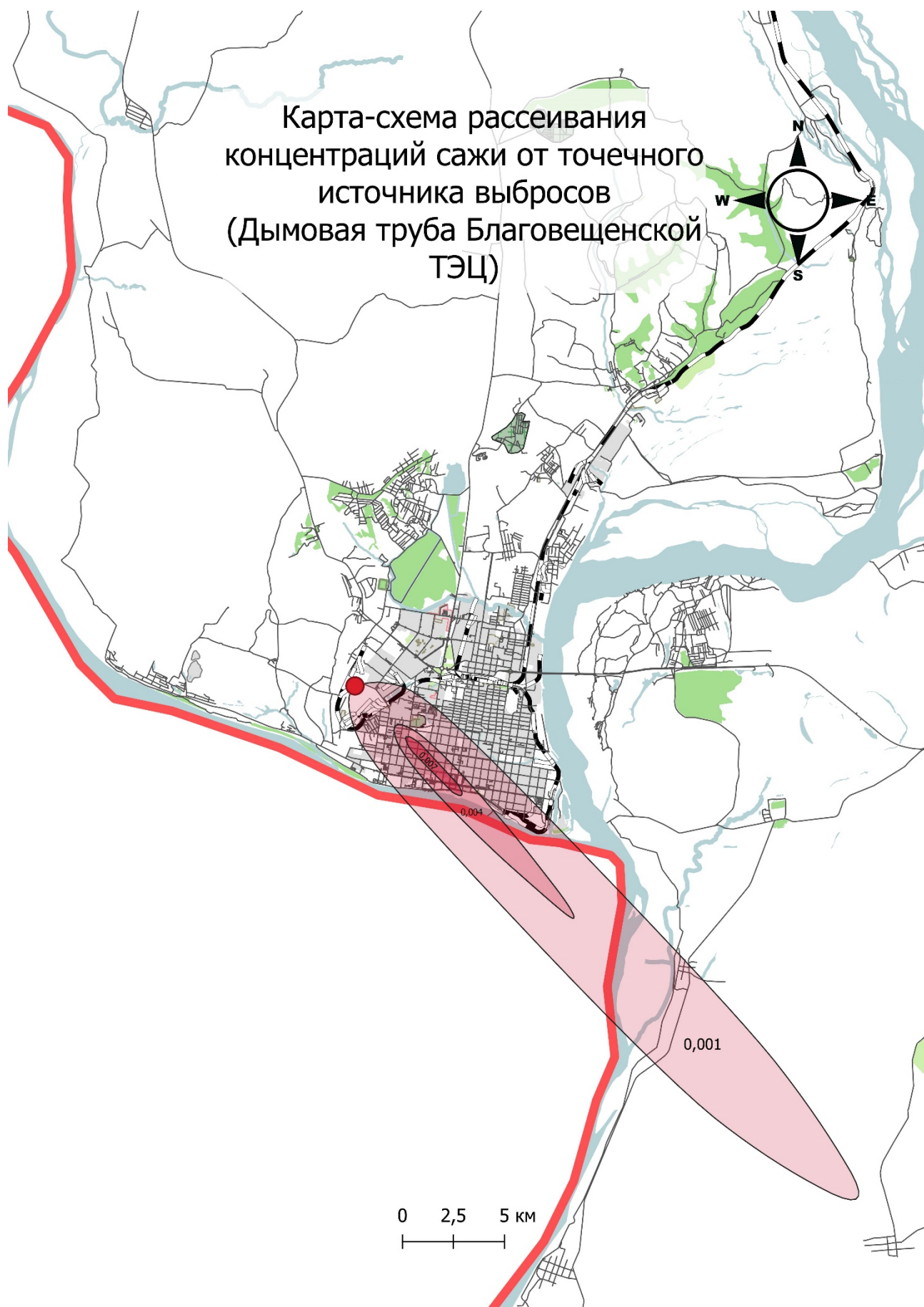


Рис. 18 – Карта-схема рассеивания концентраций сажи, $\text{мг}/\text{м}^3$ (составлено автором)

Координаты точек изолиний концентраций диоксида азота (составлено автором)

Значение концентраций, мг/м ³	№ точки	X, м	Y, м
0,01	1	10	0
	2	23000	0
	3	3262	1000
	4	3262	-1000
0,04	1	1400	0
	2	9000	0
	3	3262	500
	4	3262	-500
0,07	1	2600	0
	2	3600	0
	3	3262	50
	4	3262	-50

Изолинии концентраций диоксида азота

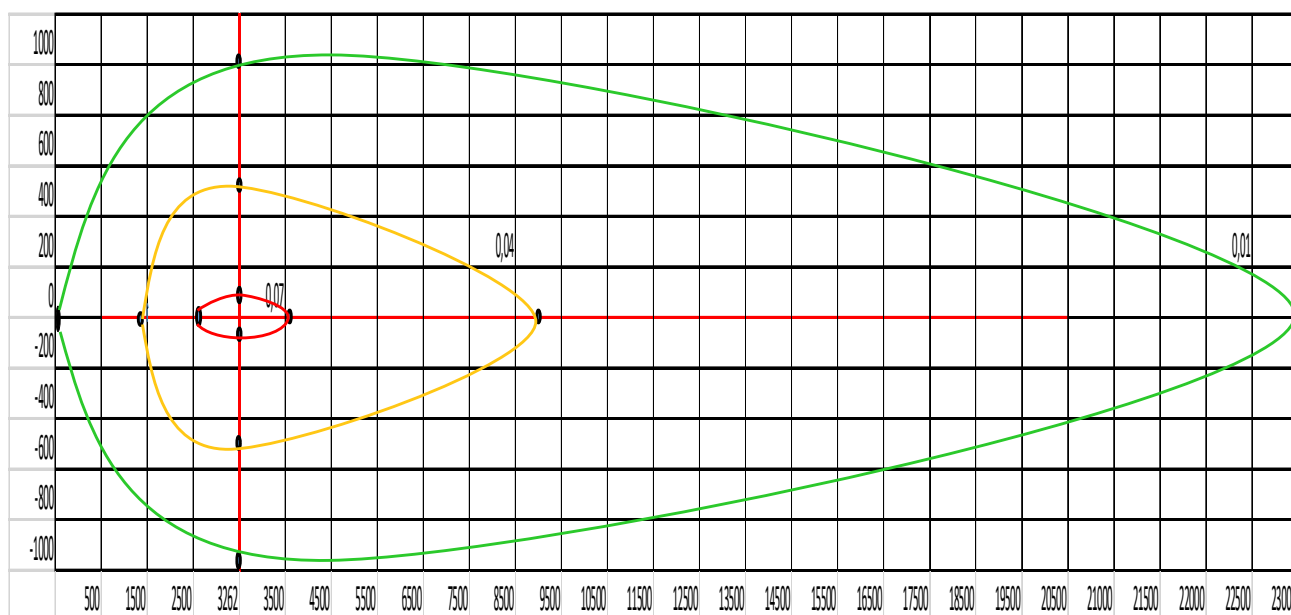
Рис. 19 – Изолинии концентраций диоксида азота, мг/м³ (составлено автором)



Рис. 20 – Карта-схема рассеивания концентраций диоксида азота, мг/м³ (составлено автором)

Координаты точек изолиний концентраций пыли неорганической 70-20% двуокиси кремния
(составлено автором)

Значение концентраций, мг/м ³	№ точки	X, м	Y, м
0,01	1	10	0
	2	25000	0
	3	3262	1000
	4	3262	-1000
0,07	1	1300	0
	2	10000	0
	3	3262	525
	4	3262	-525
0,13	1	2500	0
	2	4000	0
	3	3262	150
	4	3262	-150

Изолинии концентраций пыли неорганической 70-20% двуокиси кремния

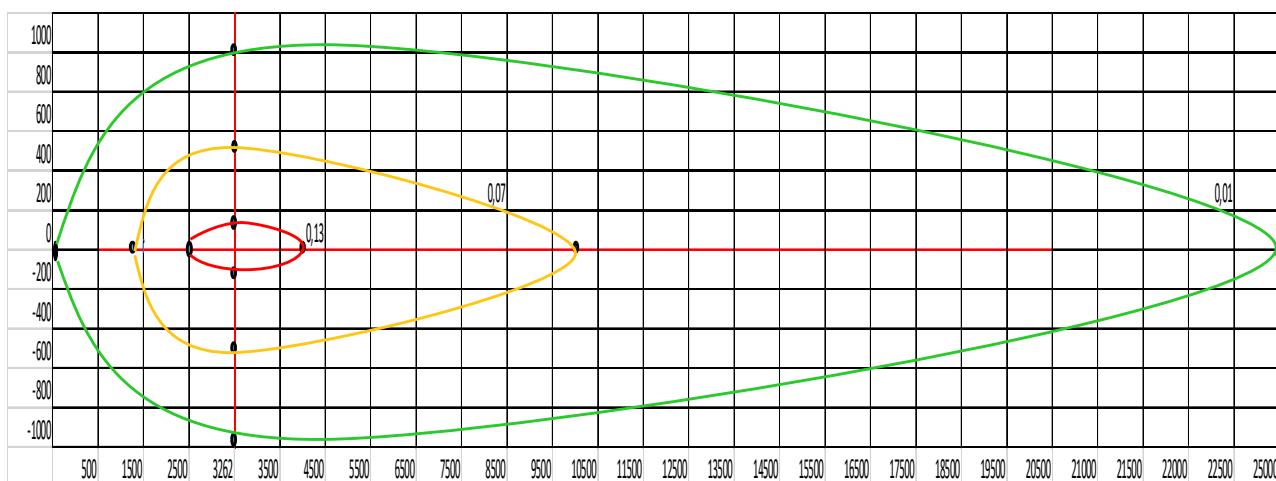


Рис. 21 – Изолинии концентраций пыли неорганической 70-20% двуокиси кремния, мг/м³ (составлено автором)

Карта-схема рассеивания
концентраций пыли
неорганической 70-20% дву
кремния от точечного источ
выбросов
(Дымовая труба Благовещен
ТЭЦ)



Рис. 22 – Карта-схема рассеивания концентраций пыли неорганической 70-20% двуокиси кремния, $\text{мг}/\text{м}^3$
(составлено автором)

Для оценки качества атмосферного воздуха был рассчитан комплексный индекс загрязнения атмосферы в соответствии с РД 52.04.667-2005.

Таблица 13

Расчет КИЗА по вредным веществам от одинокого точечного источника (труба Благовещенской ТЭЦ) (составлено автором)

Вредное вещество	Класс опасности	Константа	ПДК с.с., мг/м ³	См.р., мг/м ³	Сс.г., мг/м ³	Сс.с., мг/м ³	ИЗА (I)
1	2	3	4	5	6	7	8
Диоксид серы SO ₂	3	1	0,05	0,110	0,021	0,057	<u>1,137</u>
Оксид углерода CO	4	0,9	3	0,122	0,023	0,063	0,031
Оксид азота NO	3	1	0,06	0,012	0,002	0,006	<u>0,103</u>
Диоксид азота NO ₂	2	1,3	0,04	0,072	0,014	0,037	<u>0,910</u>
Сажа	3	1	0,05	0,007	0,001	0,004	<u>0,072</u>
Пыль неорганическая	3	1	0,05	0,138	0,026	0,071	<u>1,426</u>
КИЗА ₅							3,648

Преобладающим направлением ветра в г. Благовещенске в течение года является северо-западное. Среднегодовая повторяемость ветра румба (P), согласно розе ветров (рис. 3) составляет 24%.

$$P=24\%$$

$$P_0=100\%/8 (20),$$

где P₀ – повторяемость направлений ветров одного румба при круговой розе ветров, %.

$$P_0=100\%/8=12,5\%$$

$$P/P_0=24\%/12,5\%=1,92$$

В графе 5 таблицы 13 отражены значения максимальных разовых концентраций вредных вещества C_{м.р.}, рассчитанных в таблице 3. В графу 6 таблицы 13 внесены рассчитанные по формуле 21 значения среднегодовых концентраций вредных веществ.

$$C_{с.г.} = 0,1 \cdot C_{м.р.} \cdot P / P_0 (21),$$

где C_{с.г.} – среднегодовая концентрация вредного вещества, C_{м.р.} – максимальная разовая концентрация вредного вещества.

В графу 7 внесены рассчитанные по формуле 22 среднесуточные концентрации вредных веществ.

$$C_{с.с.} = C_{м.р.}^{0,6} \cdot C_{с.г.}^{0,4} (22),$$

где C_{с.с.} – среднесуточная концентрация вредного вещества.

В графе 8 таблицы 13 отражены рассчитанные по формуле 23 индексы загрязнения атмосферы по вредным веществам.

$$ИЗА_i = (C_{с.с.}/ПДК_{с.с.})^{C_i} (23),$$

где C_i – константа, принимающая значение 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 в зависимости от класса опасности веществ (1, 2, 3, 4) по степени вредности примеси к вредности диоксида серы (SO_2).

На основании рассчитанных $ИЗА_i$ по вредным веществам (табл. 1) рассчитан комплексный индекс загрязнения атмосферы г. Благовещенска выбросами от одиночного точечного источника (дымовая труба Благовещенской ТЭЦ) по формуле 24. Содержание в воздухе загрязняющих веществ, выраженных через значение $ИЗА$, повсеместно низкое. По рассчитанным значениям $ИЗА$ для отдельных примесей был составлен вариационный ряд 1,426; 1,137; 0,910; 0,103; 0,075; 0,031 и определены пять вредных веществ (в табл. 12 значения подчеркнуты) для расчета $КИЗА_5$.

$$I_5 = КИЗА_5 = \sum_{i=1}^5 (C_{с.с.}/ПДК_{с.с.})^{C_i} = 3,648 \quad (24)$$

Комплексный индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный по пяти основным загрязняющим веществам от одиночного точечного источника (дымовой трубы Благовещенской ТЭЦ), имеет значение 3,648 и характеризует уровень загрязнения атмосферного воздуха, как «низкий», т.к. значение $КИЗА_5$ находится в пределах 0-4. Наибольший вклад в загрязнение атмосферы вносят диоксид серы SO_2 ($ИЗА$ 1,137) и пыль неорганическая ($ИЗА$ 1,426).

Полученные результаты исследования влияния производственной деятельности Благовещенской ТЭЦ на компоненты природной среды могут быть использованы при планировке застройки города и размещении объектов социально-культурного значения, объектов здравоохранения и спортивных объектов, а так же при строительстве жилых домов в экологически благоприятных условиях.

4.2 Анализ влияния Благовещенской ТЭЦ на водные объекты

4.2.1 Водные объекты в зоне влияния золоотвала Благовещенской ТЭЦ

В зону воздействия Благовещенской ТЭЦ посредством влияния золоотвала попадают следующие водные объекты: природные воды систем старичных озер Ротанье, подземные воды территории пади Горбуниха и река Амур (рис. 23).

Так как сток подземных вод с пади Горбуниха осуществляется в реку Амур, на Благовещенской ТЭЦ разработана программа производственно-экологического контроля в

области охраны подземных и поверхностных вод на влияние золоотвала на воды реки Амур (табл. 14).

Таблица 14

Водные объекты, попадающие в зону влияния золоотвала (составлено автором)

Водные объекты	Влияние какого объекта исследуется	Какие природные водные объекты попадают в зону влияния	Место забора проб	Количество точек забора	Частота забора проб
1	2	3	4	5	6
Поверхностные природные воды	Золоотвал	Система старичных озер Ротанье, падь Горбуниха, река Амур	Система озер Ротанье	3	1 раз в квартал
Подземные воды	Золоотвал	Подземные воды в районе золоотвала	Золоотвал	5	2 раза в год (весна, осень)
Подземные воды	Золоотвал	Дрена подземных вод реки Амур	Выше (контрольная точка) и ниже по течению реки Амур относительно золоотвала	2	2 раза в год (весна, осень)

Площадка золошлакоотвала Благовещенской ТЭЦ расположена в пади Горбуниха. Общая площадь отведенного земельного участка 105,5 га. В настоящее время на золоотвале Благовещенской ТЭЦ сосредоточено 3 млн тонн золошлаковых отходов (Экологические проблемы..., 2005). Среднегодовой выход золошлаковых отходов (ЗШО) при сгорании топлива, по отчетным данным ТЭЦ, составляет 269213,047 т. Химический состав золы Благовещенской ТЭЦ представлен в табл. 15.

Южной границей отвала служит насыпная дамба, которая сложена глинами, суглинками и песками, а также золошлаковым материалом. Минимальная абсолютная высота днища впадины у основания насыпной дамбы 183 м. В настоящее время уровень поверхности золоотвала составляет 179 м, средний уровень воды реки Амур - 122 м. Необходимо отметить, что на поверхности днища и бортов впадины под почвенным и растительным покровом выходят как слабопроницаемые для воды глины, так и легко проницаемые пески и галечники (Экологические проблемы..., 2005).

В гидрогеологическом отношении падь Горбуниха на участке золоотвала характеризуется наличием грунтовых вод постоянного водоносного горизонта,

приуроченного к песчано-галечниковым отложениям и трещиноватым глинам. Уровень грунтовых вод этого горизонта 158,35 – 180,02 м, (Экологические проблемы..., 2005) т.е. совпадает с уровнем водно-зольной пульпы в золоотвале. Золошлакоотвал связан с Благовещенской ТЭЦ золошлакоотводом. Золошлаковые отходы удаляются гидравлическим способом и накапливаются в золошлакоотвале, вода же через шахтные колодцы поступает в пруд осветленной воды, а затем по водопроводу возвращается обратно на ТЭЦ и используется для транспортировки золошлаковых отходов (Экологические проблемы..., 2005).

Таблица 15

Химический состав золы Благовещенской ТЭЦ (Экологические проблемы..., 2005)

Породообразующие оксиды	Содержание, %		
	минимальное	максимальное	среднее
SiO ₂	10,9	59,6	39,6
TiO ₂	0,28	0,66	0,46
Al ₂ O ₃	4,90	25,5	13,4
Fe ₂ O ₃	1,20	7,70	4,00
MnO	0,08	0,02	0,14
CaO	3,20	8,50	5,00
MgO	0,70	2,20	1,40
Na ₂ O	0,11	0,64	0,35
K ₂ O	0,27	1,81	1,13
P ₂ O ₅	0,05	0,25	0,11

Озеро Ротанье находится в районе села Верхнеблаговещенское, в центральной части второй надпойменной террасы р. Амур. Оно имеет сложную конфигурацию береговой линии, с множеством заливов. Заболоченные участки и отсыпные дороги разделяют озеро на несколько частей (система озер Ротанье). Происхождение озера – старичное. Образовано при спрямлении меандрирующего русла реки Амур. Амплитуда колебаний уровня воды в озере не превышает 0,3 м. Средняя высота уровня воды – 129,7 м. Озеро мелководное. Средняя глубина его составляет 0,86 м, максимальная – 1,9 м. Площадь озера – 256 тыс. м², объем воды в нем – 220 тыс. м³. Дно большей части озера покрыто слоем сапропелевого ила мощностью до 0,5 м; в южной части озера дно галечно-песчаное. Питание озера – за счет

атмосферных осадков и подземных вод (Геохимия накопления..., 2013). С 1975 г. Решением исполнительного комитета Амурского областного Совета народных депутатов от 12.02.1975 №56 «О признании водных объектов памятниками природы» на территории Благовещенского района Амурской области (<http://www.oopt.aari.ru/doc>) озеро Ротанье имеет статус гидрогеологического памятника природы регионального значения. В 1,5 км к северу от озера, в пади Горбуниха, расположен золоотвал Благовещенской ТЭЦ (Геохимия накопления..., 2013).

Для исследования влияния золоотвала Благовещенской ТЭЦ на природные водные объекты были проанализированы результаты проб воды, планово отбиравшихся из системы озер Ротанье, а также из реки Амур выше (контрольная точка) и ниже по течению (рис. 23).

Для оценки влияния золоотвала Благовещенской ТЭЦ на водные объекты были рассчитаны коэффициент комплексности загрязненности воды и удельные комбинаторные индексы загрязненности воды в соответствии с требованиями РД 52.24.643-2002.

4.2.2 Расчеты коэффициента комплексности загрязненности воды и универсального комплексного индекса загрязненности воды для озера Ротанье

Для расчета коэффициента комплексности загрязненности воды K в озере Ротанье были взяты результаты химического анализа пробы воды, отобранных в 2020г. (приложения 1-15). Полученный вариационный ряд значений K характеризует исследуемый период наблюдений за состоянием загрязненности воды водного объекта в конкретном пункте наблюдений.

Для сопоставимости результатов расчета коэффициента загрязненности K использовались результаты анализа с одинаковым числом ингредиентов, определяемых в процессе химического анализа проб воды за 2020г. Составленный вариационный ряд значений коэффициента комплексности K дал наглядное представление о том, как варьирует комплексность загрязненности воды в течение изучаемого периода. Для характеристики полученной совокупности значений K применялись следующие статистические характеристики: средние значения, ошибки средней m_{Kno} , а также показатели вариации - экстремальные величины K_{\min} и K_{\max} , размах вариации R_K , среднее квадратическое отклонение σ_K , дисперсия σ_K^2 .



Рис. 23 – Спутниковый снимок местоположения водных объектов, попадающих в зону влияния золоотвала с указанием точек отбора проб (составлено автором на основе спутникового снимка) (составлено автором)

В результате химического анализа, сделанного в 1-4 кв. 2020г. в трех частях озера Ротанье (табл. 16), в каждой пробе определено 29 ингредиентов ($N_{ff}=29$). В 1 и 3 кв. 2020г. превышение ПДК наблюдалось по 2 ингредиентам ($N_{ff}=2$), во 2 кв. 2020г. в восточной части озера превышение ПДК наблюдалось по 5 ингредиентам ($N_{ff}=5$), в середине и в западной части в этот же период превышение ПДК наблюдалось по 3 ингредиентам ($N_{ff}=3$), в 4 кв. 2020г. - по 3 ингредиентам ($N_{ff}=3$) во всех частях озера Ротанье.

$$K_{ff} = N_{ff} / N_{ff} * 100\% \quad (21)$$

В итоге для результатов проб воды озера Ротанье в 2020г. получен вариационный ряд значений K :

7,9; 17,2; 7,9; 10,3; 7,9; 10,3; 7,9; 10,3; 7,9; 10,3; 7,9; 10,3; %.

Ранжированный ряд при этом выглядит следующим образом:

7,9; 7,9; 7,9; 7,9; 7,9; 7,9; 10,3; 10,3; 10,3; 10,3; 10,3; 17,2; %.

Для полученного ряда определены следующие статистические показатели:

$$K_{\min}=7,9\%; K_{\max}=17,2\%; R_K=9,3\%; K_{\text{ср}}=9,7\%; \sigma^2_K=6,5;$$

$$\sigma_K=2,5; m_{K_{\text{по}}}=0,72.$$

Полученные расчетные характеристики позволяют сделать следующие выводы.

Значения коэффициента комплексности загрязненности воды озера Ротанье в 2020г. изменялись с вероятностью 99,7 % в пределах $9,7 \pm 3 \cdot 0,72\%$, а доверительные границы составили от 7,54 до 11,86 %.

Среднее значение коэффициента комплексности превышает свою ошибку более чем в три раза, что дает основание считать ее достоверной.

Вода в озере Ротанье обладала в течение всего анализируемого периода высокой комплексностью загрязненности и являлась водами I категории. Загрязняющими ингредиентами являлись нефтепродукты, фенолы летучие, соединения железа, свинца и марганца. Химический состав воды подвержен изменениям в течение года - размах варьирования коэффициента комплексности составил 9,3%.

Анализ загрязненности воды с помощью K показал, что для оценки степени загрязненности воды озера Ротанье целесообразно использовать комплексный метод, учитывающий одновременно всю совокупность загрязняющих воду веществ.

Наблюдения за химическим составом воды озера Ротанье проводились за 2020 г. по 29 ингредиентам (табл. 16). Предварительным обследованием была выявлена высокая комплексность загрязненности воды по единичным ингредиентам ($K_{\text{ср}}=9,7\%$). Далее дана комплексная оценка качества воды озера Ротанье за 2020 г.

Гидрохимическая информация о загрязненности воды озера Ротанье (желтым цветом выделены значения ингредиентов, превышающие ПДК, бирюзовым – порядковые номера ингредиентов, входящих в список 1+ свинец) (составлено автором)

№ п/п	Ингредиенты химического состава и свойств воды	Ед. изм	ПДК	Пробы воды озеро Ротанье (восточная сторона)				Пробы воды озеро Ротанье (середина)				Пробы воды озеро Ротанье (западная сторона)			
				1 кв. 2020г.	2 кв. 2020г.	3 кв. 2020г.	4 кв. 2020г.	1 кв. 2020г.	2 кв. 2020г.	3 кв. 2020г.	4 кв. 2020г.	1 кв. 2020г.	2 кв. 2020г.	3 кв. 2020г.	4 кв. 2020г.
1	Кислород растворенный	мг/дм ³	4	5,2	7,9	8,16	7,7	5,3	8,1	8,25	7,6	5,3	8,0	8,3	7,8
2	Водородный показатель (рН)	Ед. рН	6-9	7,51	6,63	8,16	6,94	7,53	6,68	8,27	6,89	7,55	6,54	8,21	6,65
3	Перманганатная окисляемость	мг/дм ³	4-6	4,9	4,6	5,0	4,9	5,0	4,4	5,2	4,5	5,2	4,9	4,9	4,7
4	Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅)	мгО ₂ /дм ³	6	2,5	2,44	3,3	2,35	2,44	2,10	3,2	2,28	2,32	2,22	2,9	2,3
5	Нефтепродукты	мг/дм ³	0,1	0,077	0,12	0,030	0,13	0,080	0,14	0,028	0,15	0,083	0,13	0,027	0,11
6	Взвешенные вещества	мг/дм ³	1,5	3,6	4,0	3,6	3,8	3,5	3,8	3,8	3,6	3,9	3,9	4,0	3,9
7	Сухой остаток	мг/дм ³	1000	358	394	382	328	365	386	370	302	372	391	364	291
8	Хлорид-ионы	мг/дм ³	350	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
9	Сульфат-ионы	мг/дм ³	500	72	58	180	152	73	61	172	144	77	63	174	141
10	Аммиак и ионы аммония	мг/дм ³	2	0,75	0,38	0,17	0,15	0,79	0,40	0,18	0,13	0,80	0,40	0,17	0,14
11	Нитраты	мг/дм ³	45	0,29	0,35	0,31	0,31	0,31	0,32	0,34	0,28	0,29	0,28	0,32	0,29
12	Нитриты	мг/дм ³	3,0	0,032	0,026	< 0,02	< 0,02	0,031	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,032	0,027	0,027	< 0,02
13	Фосфат-ионы	мг/дм ³	3,5	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
14	Фенолы летучие	мг/дм ³	0,001	0,0027	0,0029	0,0031	0,0036	0,0028	0,0011	0,033	0,0033	0,0026	0,0028	0,0032	0,0035
15	АПАВ	мг/дм ³	0,5	0,08	0,11	0,12	0,11	0,08	0,03	0,104	0,15	0,08	0,12	0,109	0,12
16	Мышьяк	мг/дм ³	0,01	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
17	Железо	мг/дм ³	0,3	0,29	0,62	0,10	0,080	0,27	0,58	0,10	0,11	0,16	0,53	0,094	0,10
18	Медь	мг/дм ³	1	0,0053	< 0,005	< 0,01	< 0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,01	< 0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,01	< 0,01
19	Цинк	мг/дм ³	5,0	0,019	0,014	0,0084	0,011	0,019	0,0093	0,0046	0,01	0,0076	0,0096	0,013	0,0062
20	Свинец	мг/дм ³	0,01	< 0,001	0,044	0,01	0,01	0,0060	0,0054	0,01	0,01	< 0,001	< 0,001	0,01	0,01
21	Никель	мг/дм ³	0,02	< 0,005	0,0084	< 0,005	< 0,015	< 0,005	0,0087	< 0,015	< 0,015	< 0,005	0,0092	< 0,015	< 0,015
22	Кобальт	мг/дм ³	0,1	< 0,005	0,0066	< 0,015	< 0,015	< 0,005	0,0071	< 0,015	< 0,015	< 0,005	0,0076	< 0,015	< 0,015
23	Марганец	мг/дм ³	0,1	0,16	0,16	0,044	0,027	0,16	0,015	0,027	0,025	0,15	0,015	0,015	0,023
24	Хром	мг/дм ³	0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,02	< 0,005	< 0,005	< 0,02	< 0,02	< 0,005	< 0,005	< 0,02	< 0,005
25	Магний	мг/дм ³	50	3,9	10	16	12	3,9	9,6	18	15	4,0	11	17	15
26	Кальций	мг/дм ³		39	60	>100	16	39	60	>100	30	40	60	>100	31
27	Калий	мг/дм ³	30	5,2	5,0	3,8	10	5,3	5,3	3,6	8,2	5,2	5,4	3,8	9,9
28	Натрий	мг/дм ³	200	2,4	13	23	25	2,4	13	23	24	2,4	12	24	23
29	Гидрокарбонат-ионы	ммоль/дм ³	180	84	74	76	70	87	71	79	73	83	77	73	71
Общее кол-во нормируемых ингредиентов				29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
Кол-во ингредиентов, содержание которых выше ПДК				2	5	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Коэффициент комплексности загрязненности воды, %				7,9	17,2	7,9	10,3	7,9	10,3	7,9	10,3	7,9	10,3	7,9	10,3

Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды произведен в соответствии с техникой расчета, изложенной РД 52.24.643-2002. Результаты расчета занесены в табл. 17. По каждому ингредиенту проведены следующие вычисления.

Таблица 17

Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды озеро Ротанье (составлено автором)

№ п/п	Ингредиенты химического состава и свойств воды	n_j	n_i	$\alpha_i = \frac{n_i}{n_j} \cdot 100\%$	S_{α_i}	$\sum \beta_i = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}$	\bar{P}_i	S_{P_i}	S_i
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Кислород растворенный	12							
2	Перманганатная окисляемость	12							
3	Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅)	12							
4	Нефтепродукты	12	6	50 устойчивая	4	1,2+1,3+1,4+1,5+ +1,3+1,1=7,8	1,3	1,3	5,2
5	Хлорид-ионы	12							
6	Сульфат-ионы	12							
7	Аммиак и ионы аммония	12							
8	Нитраты	12							
9	Нитриты	12							
10	Фенолы летучие	12	12	100 устойчивая	4	2,7+2,9+3,1+3,6+ +2,8+1,1+3,3+ +3,3+2,6+2,8+ +3,2+3,5=34,9	2,9	2,11	8,44
11	Железо	12	3	25 неустойчивая	2,75	2,1+1,9+1,8=5,8	1,9	1,9	5,23
12	Медь	12							
13	Цинк	12							
14	Свинец	12	7	58,3 устойчивая	4	4,4+1+1+1+1+1+ +1=10,4	1,5	1,5	6,0
15	Никель	12							
16	Марганец	12	4	33,3 характерная	3,17	1,6+1,6+1,6+1,5= =6,3	1,6	1,6	5,07

В графу 2 табл. 17 занесены данные по числу определений. В графу 3 табл. 17 помещены данные по числу определений, превышающих ПДК. На основании данных второй и третьей граф определена повторяемость случаев превышения ПДК по формуле:

$$\alpha = n_i/n_j \cdot 100\% \quad (22)$$

Результаты помещены в графу 4. По значениям повторяемости на основании приложения Е РД 52.24.643-2002 определен частный оценочный балл S_{α} :

Расчитана кратность превышения ПДК в тех результатах анализа, где оно имеет место (графа 6). Затем определено среднее значение кратности превышения ПДК только по тем пробам, где есть нарушение нормативов (графа 7).

По значениям средней кратности превышения ПДК на основании приложения Ж РД 52.24.643-2002 определен частный оценочный балл, который помещен в графу 8.

Далее определены обобщенные оценочные баллы по каждому ингредиенту (графа 9).

$$S = S_{\alpha i} * S_{\beta i} \quad (23)$$

Значения обобщенного оценочного балла помещены в графу 9 табл. 17.

Значения комбинаторного индекса загрязненности воды S_A в озере Ротанье определены как сумма обобщенных оценочных баллов по каждому ингредиенту:

$$S_A = 5,2 + 8,44 + 5,23 + 6,0 + 5,07 = 29,94$$

Вычислен удельный комбинаторный индекс загрязненности воды S'_A :

$$S'_A = 29,94 / 16 = 1,87$$

Значения обобщенных оценочных баллов не соответствует условию $S_{ij} \geq 9$, следовательно, классификация качества воды озера Ротанье по значению индекса загрязненности воды определена без учета числа КПЗ (критического показателя загрязненности воды).

По таблице приложения И РД 52.24.643-2002 подобраны градации класса качества воды, в пределах которых находится значение комбинаторного индекса загрязненности воды S_j . Пределы определены по формуле

$$L = kNx, \quad (24)$$

где k - коэффициент запаса;

N - число ингредиентов, взятых для расчета S_j ;

x - натуральное число, возрастающее от 1 до 11 в зависимости от класса и разряда.

В данном расчете $kN = 1 * 16 = 16$. Тогда $L = (16; 32,0)$. Значение комбинаторного индекса загрязненности, равное 29,94 находится в пределах градации $(1N_j; 2N_j]$, поэтому вода озера Ротанье по комплексу изучаемых ингредиентов охарактеризована как «слабо загрязненная» и отнесена ко 2-му классу качества воды.

Превышение ПДК в воде озера Ротанье наблюдалось по 5 ингредиентам химического состава воды из 29 определяемых показателей. Значение коэффициента комплексности загрязненности воды по отдельным результатам анализа колебалось от 7,54 до 11,86 %, в среднем составляя 9,7%, что свидетельствовало о высокой комплексности загрязнения воды озера Ротанье по единичным ингредиентам в течение всего года.

Для большинства загрязняющих ингредиентов (табл. 17) в течение года характерна устойчивая загрязненность, что подтверждается наибольшими значениями частных оценочных баллов по повторяемости ($S_\alpha = 4$). Согласно классификации воды по повторяемости случаев загрязненности, загрязненность воды почти по всем рассматриваемым ингредиентам

определяется как «устойчивая». Уровень загрязненности воды этими ингредиентами различен. По нефтепродуктам, соединениям железа и марганца наблюдался низкий уровень загрязненности воды. Значения частных оценочных баллов для этих ингредиентов не превышали 2,00: 1,3; 1,9; 1,6 соответственно. По фенолам летучим и свинцу имел место средний уровень загрязненности. Частные оценочные баллы для них составляли соответственно 2,11; 2,04.

Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды вносят фенолы летучие и свинец. Общие оценочные баллы этих ингредиентов составляют 8,44; 6,0 соответственно, что не относит их к критическим показателям загрязненности воды озера Ротанье.

Таким образом, степень загрязненности воды озера Ротанье в течение 2020 г. характеризовалась как слабо загрязненная, что обусловлено нарушением существующих нормативов по пяти ингредиентам – нефтепродуктам, фенолам летучим, железу, свинцу и марганцу. Из числа последних особо выделяются своим высоким загрязняющим эффектом два показателя химического состава воды: фенолы летучие и соединения свинца. По ним в 2020 г. наблюдалась характерная загрязненность среднего уровня.

Загрязнение нефтепродуктами и фенолами летучими характерно для селитебной застройки. Озеро Ротанье расположено в окружении насыпных дорог и садово-дачных участков, с которых осуществляется поверхностный сток в озеро. Следует отметить, что в природных водах Благовещенского района повышенные концентрации железа и марганца обусловлены природными факторами. Однократное превышение ПДК свинца в восточной части озера во 2 квартале 2020г. связано с поступлением в озеро талых вод и активизации автомобильного движения по дорогам садово-дачных участков.

4.2.3 Расчеты коэффициента комплексности загрязненности воды и универсального комплексного индекса загрязненности воды для реки Амур

Основные загрязняющие компоненты поступают в результате хозяйственной деятельности, осуществляемой в данном районе (золоотвал, садово-дачные участки и несанкционированные свалки), при этом доля вклада каждого из источников не определена.

Химический анализ проб воды из реки Амур ниже водозабора (контрольная точка) и за садовыми участками (табл. 18), сделанный весной и осенью 2020г. (приложения 16-18) по 26 ингредиентам ($N_{ff}=26$) в каждой пробе показал: в мае 2020г. превышение ПДК наблюдалось по 2 ингредиентам ($N_{ff}=2$) в каждой пробе; в сентябре 2020г. превышение ПДК наблюдалось по 4 ингредиентам ($N_{ff}=4$) в каждой пробе.

$$K_{ff} = N_{ff} / N_{ff} * 100\% \quad (21)$$

Вариационный ряд значений K для результатов проб воды реки Амур в 2020г. выглядит следующим образом:

7,7; 7,7; 15,4; 15,4%.

Ранжированный ряд при этом: 7,7; 7,7; 15,4; 15,4%.

Таблица 18

Гидрохимическая информация о загрязненности воды реки Амур ниже водозабора (контрольная точка) и за садовыми участками (составлено автором) (желтым цветом показаны значения, превышающие ПДК)

Показатели	Ед. измерения	ПДК	№60/1д	№60/1д	№588/1д	№589/1д
			18.05.20	18.05.20	24.09.20	24.09.20
			Ниже водозабора	За садовыми участками	Ниже водозабора	За садовыми участками
Водородный показатель (рН)	Ед. рН	6-9	6,64	6,81	7,11	7,17
Перманганатная окисляемость	мг/дм ³	4-6	5,2	5,5	5,0	5,0
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,1	0,032	0,028	0,030	0,026
Взвешенные вещества	мг/дм ³	1,5	3,2	3,4	3,2	3,4
Сухой остаток	мг/дм ³	1000	122	110	134	140
Хлорид-ионы	мг/дм ³	350	< 10	< 10	< 10	< 10
Сульфат-ионы	мг/дм ³	500	< 10	< 10	< 10	< 10
Аммиак и ионы аммония	мг/дм ³	2	0,14	0,15	0,17	0,18
Нитраты	мг/дм ³	45	0,127	0,155	0,119	0,127
Нитриты	мг/дм ³	3,0	< 0,02	< 0,02	0,008	0,009
Фенолы летучие	мг/дм ³	0,001	0,0032	0,0034	0,0033	0,034
АПАВ	мг/дм ³	0,5	< 0,025	< 0,025	0,034	0,035
Мышьяк	мг/дм ³	0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Железо	мг/дм ³	0,3	< 0,01	< 0,01	0,31	0,31
Медь	мг/дм ³	1	< 0,005	< 0,005	< 0,01	< 0,01
Цинк	мг/дм ³	5,0	< 0,005	< 0,005	< 0,004	< 0,004
Свинец	мг/дм ³	0,01	< 0,001	< 0,001	0,01	0,01
Никель	мг/дм ³	0,02	< 0,005	< 0,005	< 0,015	< 0,015
Кобальт	мг/дм ³	0,1	< 0,005	< 0,005	< 0,015	< 0,015
Марганец	мг/дм ³	0,1	0,0053	0,0033	< 0,01	< 0,01
Хром	мг/дм ³	0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,02	< 0,02
Магний	мг/дм ³	50	1,5	1,4	1,1	1,2
Кальций	мг/дм ³	3,5	9,1	9,1	6,7	6,8
Калий	мг/дм ³	30	1,2	1,2	1,0	1,1
Натрий	мг/дм ³	200	2,5	2,5	2,4	2,4
Гидрокарбонат-ионы	ммоль/дм ³	180	61	57	68	71
Общее количество нормируемых ингредиентов, по которым имеются данные			26	26	26	26
Количество ингредиентов, содержание которых выше ПДК			1	1	3	3
Коэффициент комплексности загрязненности воды, %			3,8	3,8	11,5	11,5

Для полученного ряда определены следующие статистические показатели:

$$K_{\min} = 3,8\%; K_{\max} = 11,5\%; R_K = 7,7\%; K_{cp} = 7,7\%;$$

$$\sigma^2_K = 14,8; \sigma_K = 3,85; m_{\text{кло}} = 1,93.$$

На основании данных расчетных характеристик можно сделать следующие выводы.

Значения коэффициента комплексности загрязненности воды реки Амур в 2020г. изменялись с вероятностью 95% в пределах $7,7 \pm 2 \cdot 1,93\%$, а доверительные границы составили от 3,84 до 11,56%. Среднее значение коэффициента комплексности превышает свою ошибку более чем в три раза, что дает основание считать ее достоверной.

Вода в реке Амур обладала в течение 2020г. высокой комплексностью загрязненности по единичным ингредиентам и показателям качества воды и относилась к водам I категории. Загрязняющими ингредиентами в мае 2020г. являлись фенолы летучие, в сентябре 2020г. – 3 ингредиента в каждой пробе – фенолы летучие, соединения железа и свинца. Размах варьирования коэффициента комплексности составил 7,7%, что говорит об изменении химического состава воды в течение всего года. Анализ загрязненности воды с помощью K показал, что для оценки степени загрязненности воды реки Амур целесообразно использовать комплексный метод, учитывающий одновременно всю совокупность загрязняющих воду веществ.

Результаты расчета комбинаторного индекса загрязненности воды, произведенные в соответствии с техникой расчета, изложенной РД 52.24.643-2002, занесены в табл. 19.

Таблица 19

Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды реки Амур (составлено автором)

Показатели	n_j	n_i	$\alpha_i = \frac{n_i'}{n_i} \cdot 100\%$	S_{α_i}	$\sum \beta_i = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}$	$\bar{\beta}_i$	S_{β_i}	S_i
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Водородный показатель (рН)	4							
Перманганатная окисляемость	4							
Нефтепродукты	4							
Хлорид-ионы	4							
Сульфат-ионы	4							
Аммиак и ионы аммония	4							
Нитраты	4							
Нитриты	4							
Фенолы летучие	4	4	100	4	$3,2+3,4+3,3+3,4=13,3$	3,33	2,17	8,68
Железо	4	2	50	4	$1,03+1,03=2,06$	1,03	1,03	4,12
Медь	4							
Цинк	4							
Свинец	4	2	50	4	$2+2=4$	2	2	8
Никель	4							
Марганец	4							

В графу 2 табл. 19 занесены данные по числу определений. В графу 3 табл. 19 помещены данные по числу определений, превышающих ПДК. В графу 4 занесены результаты расчета повторяемости случаев превышения ПДК по:

$$\alpha = n_i / n_j * 100\% \quad (22)$$

Далее определен частный оценочный балл S_{α} на основании приложения Е РД 52.24.643-2002 (графа 5).

Рассчитана кратность превышения ПДК в тех результатах анализа, где оно имеет место (графа 6). Затем определено среднее значение кратности превышения ПДК только по тем пробам, где есть нарушение нормативов (графа 7).

В графе 8 отражен результат определения частного оценочного балла по значениям средней кратности превышения ПДК на основании приложения Ж РД 52.24.643-2002.

В графе 9 отражены результаты определения обобщенного оценочного балла по каждому ингредиенту (графа 9).

$$S = S_{\alpha i} * S_{\beta i} \quad (23)$$

Значения комбинаторного индекса загрязненности воды S_A в озере Ротаньем определены как сумма обобщенных оценочных баллов по каждому ингредиенту:

$$S_A = 8,68 + 4,12 + 8 = 20,8$$

Вычислен удельный комбинаторный индекс загрязненности воды S'_A :

$$S'_A = 20,8 / 15 = 1,39$$

Значения обобщенных оценочных баллов не соответствуют условию $S_{ij} \geq 9$. КПЗ (критические показатели загрязненности воды в пробах из реки Амур в 2020г. не выявлены). Классификация качества воды реки Амур по значению индекса загрязненности воды определена без учета числа КПЗ.

По таблице приложения И РД 52.24.643-2002 подобраны градации класса качества воды, в пределах которых находится значение комбинаторного индекса загрязненности воды S_j . Пределы определены по формуле

$$L = kNx, \quad (24)$$

где k - коэффициент запаса;

N - число ингредиентов, взятых для расчета S_j ;

x - натуральное число, возрастающее от 1 до 11 в зависимости от класса и разряда.

В данном примере $kN = 1 * 15 = 15$. Тогда $L = (15,0; 30,0)$. Значение комбинаторного индекса загрязненности, равное 20,8 находится в пределах градации $(1N_j; 2N_j]$, поэтому вода в реке Амур по комплексу изучаемых ингредиентов охарактеризована как «слабо загрязненная» и отнесена ко 2-му классу качества воды.

Превышение ПДК в водах реки Амур наблюдалось по 3 ингредиентам химического состава воды из 26 определяемых показателей. Значение коэффициента комплексности загрязненности воды по отдельным результатам анализа колебалось от 3,84 до 11,56%, в среднем составляя 7,7%, что свидетельствовало о высокой комплексности загрязнения воды реки Амур по единичным ингредиентам и показателям качества воды в течение всего года.

Для всех загрязняющих ингредиентов (табл. 19) в течение года характерна устойчивая загрязненность, что подтверждается наибольшими значениями частных оценочных баллов по повторяемости ($S_{\alpha}=4$). Согласно классификации воды по повторяемости случаев загрязненности, загрязненность воды почти по всем рассматриваемым ингредиентам определяется как «устойчивая». Уровень загрязненности воды этими ингредиентами различен. По соединениям железа наблюдался низкий уровень загрязненности воды. Значение частного оценочного балла для этого ингредиента не превышал 2,00: 1,3; соответственно. По фенолам летучим и свинцу имел место средний уровень загрязненности. Частные оценочные баллы для них составляли соответственно 2,17 и 2.

Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды вносят фенолы летучие и свинец. Общие оценочные баллы этих ингредиентов составляют 8,68 и 8; соответственно. Критические показатели загрязненности воды реки Амур в 2020г. отсутствуют.

Таким образом, степень загрязненности воды в реке Амур в течение 2020 г. характеризовалась как слабо загрязненная, что обусловлено нарушением существующих нормативов по трем ингредиентам. Из числа последних особо выделяются своим загрязняющим эффектом два показателя химического состава воды: фенолы летучие и соединения свинца. По ним в 2020г. наблюдалась характерная загрязненность среднего уровня.

Также, в процессе анализа результатов отбора проб воды из реки Амур (рис. 24), было выявлено повышение концентрации фенолов летучих в мае и сентябре 2020г. по сравнению с данными контрольной точки за этот же период. Концентрация фенолов летучих в мае увеличилась в 1,06 раза, в сентябре в 1,03 раза. Загрязнение воды фенолами летучими характерно для селитебной застройки. На всем протяжении от водозабора до места забора проб расположены дачные участки. Ниже водозабора в реку Амур впадает ручей, в который стекает поверхностный сток от садовых участков, расположенных выше точки забора проб.

В сентябре 2020г. в пробах воды выявлено увеличение концентрации кальция (рис. 25) в 1,01 раза по сравнению с концентрациями в пробе в контрольной точке, что обусловлено его поступлением с поверхностного почвенного слоя и вымывания из осадочных пород.

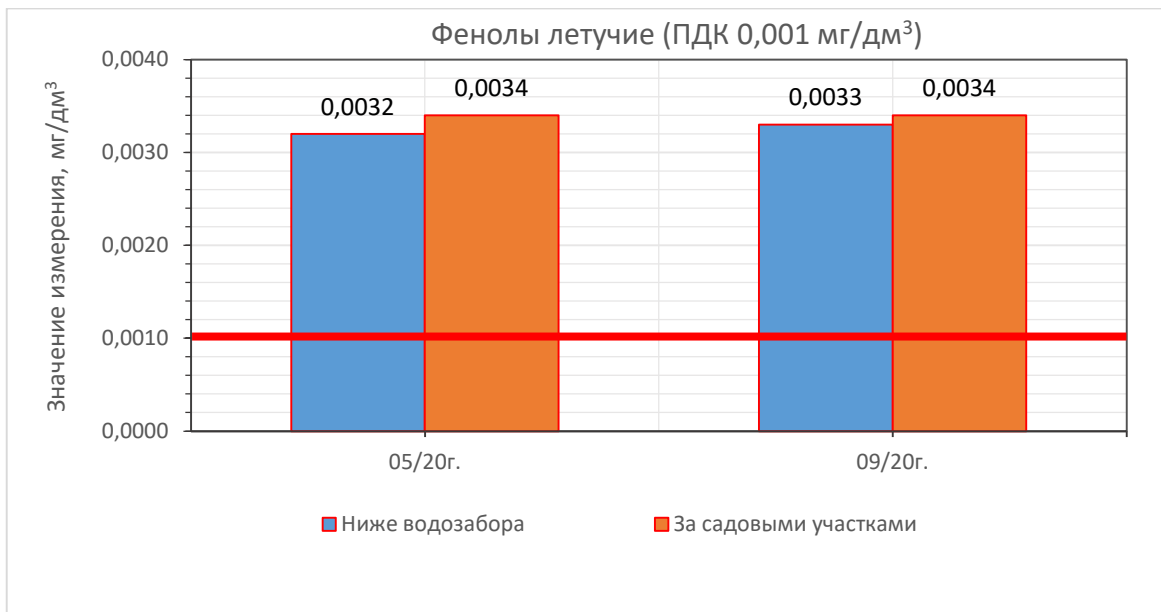


Рис. 24 – Гистограмма изменения содержания фенолов летучих в пробах воды из реки Амур в 2020г. (составлено автором)

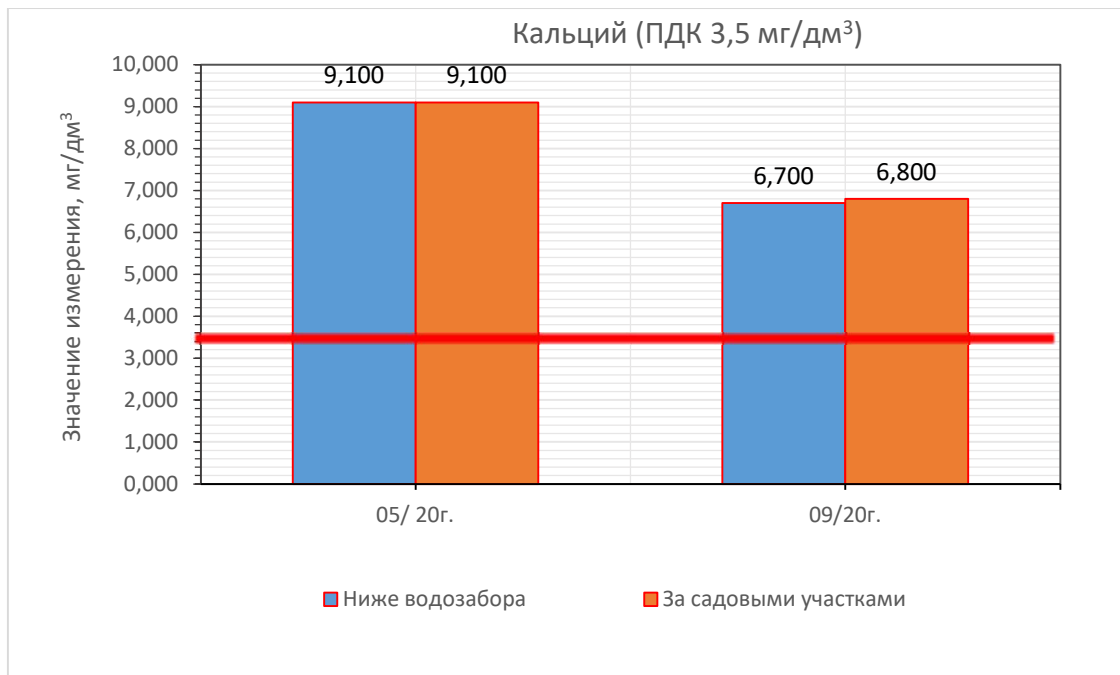


Рис. 25 – Гистограмма изменения содержания кальция в пробах воды из реки Амур в 2020г. (составлено автором)

Данные обстоятельства позволяют полагать, что золоотвал Благовещенской ТЭЦ почти не оказывает воздействие на реку Амур.

5. МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ БЛАГОВЕЩЕНСКОЙ ТЭЦ

5.1 Мероприятия по минимизации НВОС, проводимые на Благовещенской ТЭЦ

На Благовещенской ТЭЦ для минимизации НВОС в котельном цехе установлено следующее оборудование (табл. 20):

Таблица 20

Оборудование для минимизации НВОС в котельном цехе Благовещенской ТЭЦ (составлено автором)

Технологическое оборудование котельного цеха	Оборудование для минимизации выбросов в ОС		
	Название и марка оборудования для минимизации НВОС	Эксплуатационный КПД очистки по взвешенным веществам, %	Производительность, м ³ /час
Котел БКЗ-420-140 (Е-420-140) №1	Мокрый золоуловитель МС-ВТИ-4000	93,58	-
	Двухскоростной дымосос	-	300000-375000
Котел БКЗ-420-140 (Е-420-140) №2	Мокрый золоуловитель МС-ВТИ-4000	94,0	-
	Двухскоростной дымосос	-	300000-375000
Котел БКЗ-420-140 (Е-420-140) №3	Мокрый золоуловитель МС-ВТИ-4000	91,74	-
	Двухскоростной дымосос	-	300000-375000
Котел БКЗ-420-140 (Е-420-140) № 4	Электрофильтр ЭГБМ2-64-12-6-4	99,17	-
	Двухскоростной дымосос	-	300000-375000
Котел БКЗ-420-140 (Е-420-140) № 5	Электрофильтр ЭСГ-1х3-9х50х75х150х6	99,67	-
	Двухскоростной дымосос	-	368000

В цехе топливоподачи с целью минимизации пыления при разгрузочно-погрузочных работах и при дроблении угля установлено следующее оборудование (табл. 21):

Оборудование для минимизации НВОС в топливном цехе Благовещенской ТЭЦ (составлено автором)

Технологическое оборудование цеха топливоподачи	Оборудование для минимизации выбросов в ОС		
	Название и марка оборудования для минимизации НВОС	Эксплуатационный КПД очистки по взвешенным веществам, %	Производительность, м ³ /час
Узел пересыпки в цехе топливоподачи с питателя на транспортерную ленту	Система аспирации АС с «мокрым» циклоном	89,91	-
	Вытяжной вентилятор	-	8550
Узел пересыпки с транспортерной ленты УП №1-5	Система аспирации АС с «мокрым» циклоном	89,46-99	-
	Вытяжной вентилятор	-	5100-8550
Узлы пересыпки с транспортерных лент УП №6, 7, 8, 9	Система аспирации с рукавным фильтром «ФРИ»	98	-
Узлы загрузки бункеров сырого угля котлов № 1, 2, 3, 4 с транспортерных лент	Система аспирации АС с «мокрым» циклоном	90,35- 91,43	
	Вытяжной вентилятор	-	5820-6500
Узел загрузки бункеров сырого угля котла № 5 с транспортерной ленты	Система аспирации с фильтровальной установкой «САРМ»	99,9	-
	Вытяжной вентилятор	-	8500

Дробильный корпус оборудован системой аспирации с «мокрым» циклоном (КПД очистки 89,52%) и вытяжным вентилятором производительностью 7400 м³/час.

5.2 Предложения по минимизации НВОС для БТЭЦ

Для снижения выбросов вредных веществ на тепловых электростанциях применяются специальные мероприятия, включающие способы сокращения образования вредных веществ в процессе сжигания топлива и меры по очистке газов от уже образовавшихся продуктов сгорания.

Наиболее простым способом сокращения образования вредных веществ является замена угля и мазута на природный газ, который в отличие от угля и мазута не содержит в своем составе зольных компонентов, серы и азота и поэтому считается экологически более чистым видом топлива. Сегодня природный газ является доминирующим видом топлива в России, на территории которой находится примерно 1/3 часть его мировых запасов. Амурская область входит в Программу газификации 2021–2025, но переводить на голубое топливо Благовещенскую ТЭЦ власти пока не планируют. Это связано с большими затратами на

модернизацию и проблемами в отношении компании "Амурский уголь", которая больше трети своей продукции отгружает на Благовещенскую ТЭЦ, с соответствующей потерей рабочих мест для жителей области и потерей налоговой базы (<https://www.amur.life/news/2021/06/17/blagoveschenskuyu-tec-poka-ne-sobirayutsya-perevodit-na-gaz-odna-iz-prichin-interesy-kompanii-amurskiy-ugol>) Пути снижения..., 2021).

Выбросы газовых ТЭС значительно чище, чем дымовые газы пылеугольных и мазутных котлов: в них отсутствуют летучая зола и SO₂, а концентрация NO_x в несколько раз ниже, чем в остальных случаях. Если в качестве топлива использовать природный газ и при его сжигании применять чистый кислород (вместо воздуха), то можно полностью избежать образования токсичных веществ (Теплоэлектроцентральный как..., 2022).

Одним из методов снижения воздействия Благовещенской ТЭЦ на атмосферу является установка дополнительного оборудования на котлы №1-3, введенные в эксплуатацию в 1982-1985 гг. В настоящее время они оборудованы мокрыми скрубберами с трубой Вентури (эксплуатационный КПД очистки по взвешенным веществам свыше 90%). Принцип работы скруббера заключается в улавливании загрязнений водой. Через фланец входящего газа в трубу Вентури попадает загрязненный газ. В трубе газ разгоняется до больших скоростей согласно закону Бернулли. Сверху, через форсунки поступает вода. За счет образующейся турбулентности, вода в трубе дробится на более мелкие капли. За счет дробления увеличивается площадь соприкосновения воды с газом, т.е. площадь фильтрации. Таким образом происходит улавливание загрязнений водой или специальной жидкостью. Затем вода с газом проходит по газоходу в центробежный каплеуловитель. В нем вода с газом опускается вниз, а очищенный воздух с помощью вентилятора выходит наружу (Кривенцов, Шумилин, 2023).

Целесообразно на котлах №1-3 установить электрофильтры (эксплуатационный КПД очистки по взвешенным веществам выше 99%), что снизит нагрузку на атмосферу.

Принцип работы электрофильтра основан на способности разноименно заряженных тел притягиваться друг к другу. Пылевидным частицам сначала сообщается электрический заряд, после чего они осаждаются на противоположно заряженном электроде. Запыленный газ движется в пространстве между электродами. В межэлектродном пространстве ионы газа адсорбируются на поверхности пылинок, вследствие чего пылинки заряжаются и приобретают способность перемещаться под воздействием электрического поля к осадительным электродам, где частицы отдают свой заряд и осаждаются. Осевшую на электродах пыль периодически удаляют встряхиванием (сухие электрофильтры) или промывкой электродов (мокрые электрофильтры) (Тюленев, 2013).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Местоположение Благовещенской ТЭЦ в северо-западном промышленном узле на окраине города Благовещенска и климатические условия, при которых осуществляется производственная деятельность, усиливают влияние предприятия на компоненты природной среды города. Так как 99,82% загрязняющих веществ, выбрасываемых ТЭЦ, приходится на выбросы от одиночного точечного источника (дымовая труба), то наибольшему воздействию подвергается атмосфера.

Для анализа воздействия выбросов вредных веществ в атмосферу были проанализированы данные за период 2018-2020 годы. Общий выброс в атмосферу загрязняющих веществ в 2020 г. по сравнению с 2018 г. уменьшился на 770,78 т. В анализируемом периоде наблюдалась тенденция к снижению выбросов диоксида серы, оксида углерода, оксидов азота и мазутной золы. Увеличение выбросов наблюдалось по показателям сажи и пыли неорганической. Выбросы сажи за этот период увеличились на 114,022 т, пыли неорганической – 1414,8 т.

Так же были рассчитаны приземные концентрации по вредным веществам. Расчеты показали, что приземная концентрация, рассчитанная по вредным веществам, содержащихся в газовой смеси от дымовой трубы Благовещенской ТЭЦ не превышает ПДКм.р. ни по одному из показателей. Наиболее приближена к ПДКм.р. концентрация диоксида азота и пыли неорганической.

Рассчитанное расстояние, на котором концентрация загрязняющих веществ в атмосфере в летний период достигает максимального значения составляет 3262 м от дымовой трубы. Вдоль ветровой оси рассеивание загрязняющих веществ происходит на расстоянии более 20 км от дымовой трубы Благовещенской ТЭЦ.

Опасная скорость ветра, при которой достигается наибольшая приземная концентрация загрязняющих веществ по расчетам составляет 6,044 м/с.

По результатам расчетов были построены графики распределения вредных веществ в атмосфере в зависимости от расстояния от источника выброса (дымовая труба Благовещенской ТЭЦ), графики рассеивания вредных веществ в атмосфере по оси факела выброса Благовещенской ТЭЦ, построены поля изолиний концентраций вредных веществ в атмосфере.

Рассеивание загрязняющих веществ от дымовой трубы Благовещенской ТЭЦ происходит над территорией Благовещенского, Ивановского, Тамбовского районов. Наиболее подвержена воздушному загрязнению территория Благовещенского района.

Расчет комплексного индекса загрязнения атмосферы по пяти основным загрязняющим веществам от одиночного точечного источника (дымовой трубы Благовещенской ТЭЦ)

характеризует уровень загрязнения атмосферного воздуха, как «низкий». Наибольший вклад в загрязнение атмосферы вносят диоксид серы SO₂ (ИЗА 1,137) и пыль неорганическая (ИЗА 1,426).

В зону воздействия Благовещенской ТЭЦ посредством влияния золоотвала попадают – система старичных озер Ротанье, подземные воды территории пади Горбуниха, река Амур.

Так как сток подземных вод с пади Горбуниха осуществляется в реку Амур, на Благовещенской ТЭЦ разработана программа производственно-экологического контроля на влияние золоотвала на воды реки Амур. В программу входит мониторинг поверхностных и подземных природных вод, имеющих сток в реку Амур.

Для оценки влияния золоотвала Благовещенской ТЭЦ на воды озера Ротанье был рассчитан коэффициент комплексности загрязненности воды. На основе коэффициента комплексности установлено, что вода в озере Ротанье обладала в течение всего анализируемого периода высокой комплексностью загрязненности и относилась к водам I категории. Загрязняющими ингредиентами являлись нефтепродукты, фенолы летучие, соединения железа, свинца и марганца.

Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды озера Ротанье по комплексу изучаемых ингредиентов показал, что вода в озере «слабо загрязненная» и отнесена ко 2-му классу качества воды. Из числа загрязнителей особо выделяются своим высоким загрязняющим эффектом два показателя химического состава воды: фенолы летучие и соединения свинца. По ним наблюдалась характерная загрязненность среднего уровня. Загрязнение нефтепродуктами, фенолами летучими и свинцом характерно для селитебной застройки. Повышенные концентрации марганца и железа обусловлены природными факторами.

Вода в реке Амур обладала в течение всего анализируемого периода высокой комплексностью загрязненности и являлась водами I категории. Загрязняющими являлись в мае 2020г. – фенолы летучие, в сентябре 2020г. – фенолы летучие, соединения железа и свинца.

Вода в реке Амур по комплексу изучаемых ингредиентов охарактеризована как «слабо загрязненная» и отнесена ко 2-му классу качества воды. Согласно классификации воды по повторяемости случаев загрязненности, загрязненность воды почти по всем рассматриваемым ингредиентам определяется как «устойчивая». Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды вносят фенолы летучие и свинец. По ним в 2020г. наблюдалась характерная загрязненность среднего уровня.

Также, в процессе анализа результатов отбора проб воды из реки Амур, было выявлено повышение концентрации фенолов летучих в мае и сентябре 2020г. по сравнению с данными контрольной точки за этот же период. В сентябре 2020г. в пробах воды выявлено увеличение концентрации кальция. Фенолы летучие и кальций являются загрязнителями, характерными для

селитебной застройки. Повышенные концентрации кальция обусловлены природными факторами.

Данные обстоятельства позволяют полагать, что золоотвал Благовещенской ТЭЦ почти не оказывает воздействие на реку Амур.

Полученные результаты исследования влияния производственной деятельности Благовещенской ТЭЦ на компоненты природной среды могут быть использованы при планировке застройки города и размещении объектов социально-культурного значения, объектов здравоохранения, а также при строительстве жилых домов в экологически благоприятных условиях.

Для снижения выбросов вредных веществ на Благовещенской ТЭЦ применяются специальные мероприятия, включающие меры по очистке газов от образовавшихся продуктов сгорания, такие как мокрый золоуловитель МС-ВТИ-4000 (скруббер с трубой Вентури) на котлах №№1-3 и электрофильтры на котлах №№4-5. Целесообразно на котлах №1-3 установить электрофильтры (эксплуатационный КПД очистки по взвешенным веществам выше 99%), что снизит нагрузку на атмосферу. Наиболее простым способом сокращения образования вредных веществ является замена угля и мазута на природный газ. На федеральном уровне уже утвержден мастер-план по переводу Благовещенской ТЭЦ на газ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (Ред. от 10.07.2023) "Об охране окружающей среды".
2. Приказ Минприроды РФ от 18.02.2022 г. № 109 «Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля, порядка и сроков предоставления отчетов об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля».
3. Приказ Минприроды России №273 от 06.06. 2017 г. "Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе". (Зарегистрировано в Минюсте России 10.08.2017 N 47734).
4. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 56069-2014 «Производственный экологический мониторинг. Общие положения» (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 09.07.2014 г. № 708-ст):
5. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" (с изменениями на 30 декабря 2022 года).
6. РД 52.04.667-2005. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения.
7. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям.
8. Решение исполнительного комитета Амурского областного Совета народных депутатов от 12.02.1975 №56 «О признании водных объектов памятниками природы» на территории Благовещенского района Амурской области > [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.oort.aari.ru/doc> (Дата обращения 12.10.2023г.)
9. Программа производственного экологического контроля «БТЭЦ»
10. Ветошкин А.Г. Техника и технология обращения с отходами жизнедеятельности. Часть 2. Переработка и утилизация промышленных отходов : учебное пособие / Ветошкин А.Г.. — Москва : Инфра-Инженерия, 2019. — 380 с.
11. Габдулина, В. В. Основные загрязняющие выбросы теплоэнергетики на примере ТЭЦ / В. В. Габдулина, Т. М. Филиппова // Вестник Ангарского государственного технического университета. – 2020. – № 14. – С. 157-161. – EDN YDJSTI.
12. Гладких, В. Д. Диоксид углерода. Клинико-токсикологические и гигиенические аспекты / В. Д. Гладких, Г. В. Вершинина // Фундаментальная и прикладная наука: состояние и

тенденции развития. – Петрозаводск : Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. – С. 309-374. – EDN MULTOO.

13. Горбунова О. А. Разработка системы защиты окружающей среды от шумового загрязнения предприятиями отдельной выработки тепла [сайт.]: автореф. дис. ... канд. тех. наук. Казань., 2020. 182 с.

14. Гребенюк, А. Н. Оксид углерода: механизм токсического действия, патогенез и клинические проявления острой интоксикации / А. Н. Гребенюк, В. Н. Быков // Токсикологический вестник. – 2021. – № 3(168). – С. 4-9. – DOI 10.36946/0869-7922-2021-29-3-4-9. – EDN DEXHDI.

15. Дубровская, О. Г. Ресурсосберегающие технологии обезвреживания и утилизации отходов предприятий теплоэнергетического комплекса Красноярского края / О. Г. Дубровская, Л. В. Приймак, И. В. Андруняк ; Сибирский федеральный университет, Инженерно-строительный институт. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2014. – 163 с. – ISBN 978-5-7638-3087-3. – EDN TJMHGL.

16. Кривенцов С. М. Применение пылеуловителей для очистки газовоздушных выбросов промышленных предприятий влажным способом / С. М. Кривенцов, В. К. Шумилин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 3. – С. 153-155. – EDN YFLOOZ.

17. Многомерный статистический анализ содержаний элементов в снеговом покрове г. Благовещенска / В. И. Радомская, Д. В. Юсупов, Л. М. Павлова [и др.] // Региональная экология. – 2018. – № 2(52). – С. 15-28. – DOI 10.30694/1026-5600-2018-2-15-28. – EDN YIZDXN.

18. Пугачев, Н. С. Влияние ТЭС на окружающую среду / Н. С. Пугачев // Наука через призму времени. – 2021. – № 7(52). – С. 32-33. – EDN ZEYMQZ.

19. С.М. Радомский, А.Ф. Миронюк, В.И. Радомская, А.А. Лукичев Экологические проблемы золошлакоотвала Благовещенской ТЭЦ. Экология и промышленность России 2005. №4.

20. Сиргалин, Б. Р. Теплоэлектроцентраль как источник загрязнения воздушной среды города и мероприятия для защиты атмосферы от вредных выбросов / Б. Р. Сиргалин, И. А. Бурдейный, А. В. Звягинцева // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2022. – № 4(30). – С. 105-109. – EDN WYOUAY.

21. Труб И. И. Откуда берется электричество / И. И. Труб. – Москва-Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 60 с. – ISBN 978-5-4499-1540-5. – EDN SDWEMG.

22. Тюленев А. Г. Эксплуатация газоочистных установок: ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ / А. Г. Тюленев // Экология на предприятии – 2013. – № 6 (24).

23 Юсупов Д.В., Могилёв А.А., Тростянок Р.В. Геохимия накопления металлов в донных отложениях озера Благовещенска // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. 2013. №61. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geohimiya-nakopleniya-metallov-v-donnyh-otlozheniyah-ozera-blagoveschenska> (дата обращения: 04.12.2023).

24. Явинский, А. В. Анализ зарубежного опыта переработки золошлаковых отходов / А. В. Явинский, И. Л. Чулкова // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации : Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Омск, 25–26 ноября 2021 года. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2021. – С. 423-427. – EDN UMSROL.

25. Манапова, Г. Взаимосвязь вредных веществ и экологического ущерба в теплоэнергетических центрах / Г. Манапова, Б. Бахтияр // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. – 2023. – № 2(125). – С. 437-443. – DOI 10.52167/1609-1817-2023-125-2-437-443. – EDN IJHNEL.

26. Молдагазыева, Ж. Ы. Воздействие ТЭЦ на окружающую среду / Ж. Ы. Молдагазыева, А. Жакан, А. Аргынбай // Символ науки: международный научный журнал. – 2021. – № 4. – С. 190-195. – EDN FGUKVB.

27. Пути снижения воздействия деятельности Алматинской теплоэлектростанции-2 на экологическую обстановку города Алматы / Ф. Р. Жандаулетова, А. С. Бегимбетова, А. А. Абикенова, Ф. П. Сафронова // Труды университета. – 2021. – № 2(83). – С. 82-89. – DOI 10.52209/1609-1825_2021_2_82. – EDN EASTQA.

28. Сжигание газового топлива как один из методов сокращения вредных выбросов в атмосферу / А. С. Аскарлова, С. А. Болегенова, В. Ю. Максимов, А. В. Каменских // Труды университета. – 2022. – № 1(86). – С. 96-105. – DOI 10.52209/1609-1825_2022_1_96. – EDN MCDBZU.

29. Ойматова, Х. Х. Талаботи энергетикӣ ва мушкилоти экологии энергетикаи ҳароратӣ / Х. Х. Ойматова, М. Т. Турғунбоев, С. А. Абураҳимова // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. – 2023. – №. 2-2(111). – Р. 41-43. – EDN CTIINV.

30. Сохраним планету: [сайт.] // Влияние ТЭС на окружающую среду. URL: https://www.saveplanet.su/articles_114.html (дата обращения: 02.02.2024).

31. Правительство Амурской области: [сайт.] // Геологическая история, строение и рельеф. URL: <https://www.amurobl.ru/> (дата обращения: 10.10.2023).

32. <http://russia-karta.ru>: // Благовещенск на административно-политической карте России. URL: http://russia-karta.ru/russia/russia_map_2023_oblasti.png (дата обращения 10.10.2023г.)
33. <http://weatherarchive.ru>: // Погода в Благовещенске по месяцам. URL: <http://weatherarchive.ru/Pogoda/Blagoveshchensk> (дата обращения 12.10.2023г.)
34. <http://russia-karta.ru>: // Подробная карта Благовещенска. URL: <http://russia-karta.ru/amurskaja-oblast-blagoveschensk.htm> (дата обращения 12.10.2023г.)
35. <http://amur.shamora.info>: // Физико-географические характеристики территории заказника «Благовещенский». URL: <http://amur.shamora.info> (дата обращения 12.10.2023г.)
36. Большая российская энциклопедия: научно-образовательный портал: // Теплоэлектроцентральный. URL: <https://bigenc.ru/c/teploelektrotsentral-5c093b/?v=7268268> – Дата публикации: 19.05.2023 (дата обращения 12.10.2023г.)
37. www.triptonkosti.ru: [сайт.] // Схема оборотного водоснабжения ТЭЦ с градирнями. URL: <https://triptonkosti.ru/25-foto/shema-oborotnogo-vodosnabzheniya-s-gradirnyami.html> (дата обращения 13.04.2024г.)
38. www.techcult.ru: [сайт.] // Принцип работы и устройство тепловой электростанции (ТЭС/ТЭЦ). URL: <https://www.techcult.ru/technology/5057-princip-raboty-i-ustrojstvo-tec-tes> (дата обращения 10.12.2023г.)
39. АО «Русский Уголь»: [сайт.] // Характеристика продукции. URL: <https://www.ruscoal.ru/prodazhi/harakteristiki-produktsii/> (дата обращения 13.04.2024г.)
40. АО «ДГК»: [сайт.] // Благовещенская ТЭЦ. URL: <https://dvgk.ru/page/2767> (дата обращения: 16.06.2023).
41. АО «ДГК»: [сайт.] // Благовещенская ТЭЦ с высоты птичьего полета. URL: <https://dvgk.ru/uploads/attachments/dvgk/Press/Энергообъекты/БЛТЭЦ-1.jpg> (дата обращения: 26.05.2023).
42. www.amur.life: [сайт.] // Благовещенскую ТЭЦ пока не собираются переводить на газ. Власти объяснили, почему. URL: <https://www.amur.life/news/2021/06/17/blagoveschenskuyu-tec-poka-ne-sobirayutsya-perevodit-na-gaz-odna-iz-prichin-interesy-kompanii-amurskiy-ugol> (дата обращения 12.10.2023г.)
43. Что такое ТЭЦ: как и на чем работает. Схема работы ТЭЦ. URL: <https://strojdvor.ru/elektrosnabzhenie/tets-rasshifrovka> (дата обращения 11.10.2023г.)

