



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Влияние карантина весной 2020 года на качество воздуха
в г. Воронеж»

Исполнитель Капнинова Татьяна Вячеславовна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Ермакова Татьяна Сергеевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Анискина Ольга Георгиевна
(фамилия, имя, отчество)

« 03 » июня 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА	7
1.1 Виды загрязнений воздуха	7
1.2 Причины загрязнения воздуха.....	7
1.3 Загрязнение воздуха внутри помещений (основные проблемы в развитых странах)	11
1.4 Нормативы качества атмосферного воздуха.....	12
ГЛАВА 2. ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ РАЗНЫХ СФЕР ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ВОРОНЕЖ	13
2.1 Физико-географические и климатические особенности г. Воронеж.....	13
2.2 Влияние электростанций на загрязнение воздуха.	15
2.3 Принцип работы ТЭС и АЭС.....	16
2.4 Преимущества и недостатки Тепловой электростанции	17
2.5 Влияние экономической деятельности на количество выбросов в атмосферу.....	19
ГЛАВА 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОНОВОЙ ПОГОДЫ НА НАКОПЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ ВЕСНОЙ 2020 ГОДА В Г.ВОРОНЕЖ.	27
3.1. Анализ обобщенных данных о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу.....	27
3.2. Разница по давлению 2019 – 2020 год.	44
3.3. Расчет инверсионного слоя.....	47

3.4. Расчет количества осадков.....	50
3.5. Данные по ветру с реанализа ERA5.....	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	61

1 ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение атмосферы представляет собой изменение состава атмосферы в результате наличия в ней примеси. Примесью называют загрязняющее вещество в атмосфере, оказывающее неблагоприятное воздействие на окружающую среду и здоровье населения. Источники загрязняющих веществ, а именно выбросов - очень разнообразны и их воздействие на окружающую среду и здоровье человека также различно. По своему происхождению их можно условно разделить на антропогенные (промышленные предприятия, весь транспорт, электростанции, добыча полезных ископаемых, сельское хозяйство, захоронение отходов и тд) и естественные (извержение вулкана, песчаные бури, горящие леса, пыль и тд).

Воронеж – город миллионник с населением 150602 человека (на 1 января 2021 года), расположен на правом и левом берегах реки Воронеж, расстояние до столицы России 470 км. Город является промышленным центром, за счет большой концентрации антропогенных загрязнений атмосферу на определенной территории (Воронеж и Воронежская область), оказывающих негативное воздействие на окружающую среду и население.

За 2019 и 2020 в атмосферу на территории Воронежской области было выброшено в атмосферу 221216 тонн загрязняющих веществ. В 2020 году количество объектов, выделяющих вредные вещества в атмосферу, увеличилось на 397, по сравнению с 2019 годом, а количество источников выбросов загрязняющих веществ в 2020 году больше на 6601.

Существенное влияние оказывает обеспечение электрической энергией (так как на территории Воронежа находится 2 действующих ТЭЦ и одна АЭС) и деятельность сухопутного и трубопроводного транспорта (через город проходит крупная автомагистраль М4 и трасса регионального значения

A144, также в городе находится два железнодорожных вокзала и две автостанции).

Широко распространенные ограничения, введенные для контроля скорости заражаемости весной 2020 г, привели к резкому сокращению выбросов различных загрязняющих атмосферу газов и частиц, которые наблюдались в спутниковых и наземных измерениях.

Цель работы - определить влияние фоновой погоды на накопление количества выбросов в атмосферу весной 2020 году в г. Воронеж.

Задачи работы:

- Проанализировать данные по выбросам в атмосферу загрязняющих веществ в 2019 и 2020 гг.;
- Оценить годовой ход приземных метеорологических характеристик (давление, осадки и ветер) в 2019 и 2020 гг.;
- Рассмотреть влияние инверсии на накопление количества выбросов.

Данные, использованные для работы:

- Обобщенные данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу Федеральной службы по надзору в сфере природопользования;
- Выборка данных с Обнинского сайта;
- Данные японского реанализа ERA5.
- Данные зондирования с сайта университета г.Вайоминга.

Выпускная квалифицированная работа состоит из введения, трёх разделов, заключения, списка использованных источников, приложения.

В первом разделе рассматриваются основные источники загрязнения воздушного бассейна, нормы предельно допустимых концентраций.

Второй раздел посвящен выбросам загрязняющих веществ от разных сфер экономической деятельности на территории города Воронежа.

Третий раздел включает в себя исходные данные, анализ обобщенных данных о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу, построение разницы

годового хода давления, расчет инверсионного слоя, расчет количества осадков, данные по ветру с европейского реанализа ERA5.

ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЖЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА

1.1 Виды загрязнений воздуха

Загрязнение воздуха происходит во многих формах, но чаще всего можно рассматривать как газообразные и твердые частицы загрязняющих веществ, которые присутствуют в атмосфере. Химические вещества, выбрасываемые в воздух и оказывающие непосредственное воздействие на окружающую среду, называются первичными загрязнителями. Эти первичные загрязнители иногда вступают в реакцию с другими химическими веществами в воздухе, образуя вторичные загрязнители.

Загрязнение воздуха обычно подразделяется на две категории: загрязнение наружного воздуха и загрязнение воздуха внутри помещений. Примером наружного загрязнения воздуха являются включают мелкие частицы, образующиеся при сжигании угля, вредные газы, такие как диоксид серы, оксиды азота и монооксид углерода; приземный озон и табачный дым. Загрязнение воздуха внутри помещений связано с воздействием твердых частиц, оксидов углерода и других загрязняющих веществ, переносимых воздухом внутри помещений или пылью.

1.2 Причины загрязнения воздуха

Стационарный источник загрязнения воздуха относится к выбросам, которые не перемещаются и находятся в конкретной территории. Стационарные источники включают в себя фабрики, электростанции и химзаводы. Термин "районный источник" используется для описания множества небольших источников загрязнения воздуха, расположенных

вместе, чьи индивидуальные выбросы могут быть ниже пороговых значений, не вызывающих беспокойства, но чьи коллективные выбросы могут быть значительными. Бытовые дровяные горелки являются хорошим примером небольшого источника, но в сочетании со многими другими небольшими источниками они могут способствовать повышению уровня загрязнения воздуха на местном и региональном уровнях. Локальные источники также можно рассматривать как неточечные источники, такие как строительство жилых комплексов, высохшие русла озер и свалки.

Мобильный источник загрязнения воздуха относится к источнику, который способен перемещаться самостоятельно. В целом, мобильные источники подразумевают дорожный транспорт, который включает в себя такие транспортные средства, как легковые автомобили, спортивные внедорожники и автобусы. Кроме того, существует также категория “внедорожная”, в которую входят газонокосилки, сельскохозяйственная и строительная техника, транспортные средства для отдыха, лодки, самолеты и поезда.

Сельскохозяйственные источники возникают в результате разведения животных и выращивания сельскохозяйственных культур, что может привести к выбросам газов и твердых частиц. Например, животные, запертые, производят большое количество навоза. Навоз выделяет в воздух различные газы, в частности аммиак. Этот аммиак может выделяться из животноводческих помещений, мест хранения навоза или с земли после внесения навоза. В растениеводстве неправильное применение удобрений, гербицидов и пестицидов потенциально может привести к переносу этих материалов по воздуху и может быть причинен вред.

В отличие от вышеупомянутых источников загрязнения воздуха, естественные выбросы, вызванные природными источниками, вносят большой вклад в загрязнение атмосферы, чем антропогенные. Например, извергающийся вулкан выбрасывает твердые частицы и газы, лесные и

степные пожары могут выделять большое количество “загрязняющих веществ”, пыльные бури могут создавать большое количество твердых частиц, а растения и деревья естественным образом выделяют летучие органические соединения, которые могут образовывать аэрозоли, которые в последствии вызывают естественную дымку. Дикие животные в их естественной среде обитания также считаются естественными источниками “загрязнения”.

Наиболее часто загрязняют воздух твердые частицы, приземный озон, монооксид углерода, оксиды серы, оксиды азота и свинец. Данные загрязняющие вещества имеют все шансы причинить вред здоровью и окружающей среде, а кроме того нанести материальный ущерб

Приземный озон не выбрасывается напрямую в воздух, он образовывается в результате химических реакций между оксидами азота (NO_x) и летучими органическими соединениями (VOC) в присутствии солнечного света. Основными источникам выбросов NO_x и VOC являются: промышленные предприятия, работа ТЭЦ и АЭС, сухопутный транспорт, испарение топлива. Изобильное вдыхание озона способно спровоцировать большинство проблем со здоровьем, в особенности у детей, пожилых людей и людей всех возрастов, страдающих заболеваниями легких, такими как астма. Приземный озон также может оказывать вредное воздействие на чувствительную растительность и экосистемы.

Твердые частицы, состоят из сложной структуры чрезвычайно мелких частиц и капель жидкости. Загрязнение частицами состоит из ряда компонентов, включая кислоты (такие как нитраты и сульфаты), металлы и частицы почвы или пыли, а также органические химикаты. От размера частиц напрямую зависят проблемы со здоровьем. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации обеспокоено частицами диаметром 10 микрометров или меньше, потому что это частицы, которые обычно проходят через горло и нос и попадают в легкие. При вдыхании эти

частицы могут поражать сердце и легкие, а также вызывать серьезные последствия для здоровья.

Монооксид углерода (CO) -это газ, который не имеет цвета и запаха, появляется в следствии процессов горения. Огромная часть выбросов CO на территории России, а особенно в крупных городах, поступает в окружающую среду из мобильных источников. Он оказывает вредоносное влияние на здоровье человека, уменьшая поступление кислорода к органам (а именно к сердцу и мозгу) и тканям.

Диоксид азота (NO₂) состоит в группе высокореактивных газов, по-другому называемых как “оксиды азота”, или оксиды азота (NO_x). Остальные оксиды азота в своем составе имеют азотистую кислоту и азотную кислоту. NO₂ поступает в основном в воздух при сжигании топлива, стремительными темпами образуется в результате электростанций, внедорожного оборудования, а также за счет всего сухопутного транспорта. Вдыхаемый воздух с высокой концентрацией NO₂ может раздражать дыхательные пути в дыхательной системе человека. Такое воздействие в течение коротких периодов может усугубить респираторные заболевания, особенно астму, что приводит к респираторным симптомам (таким как кашель, свистящее дыхание или затрудненное дыхание), госпитализации и посещению отделений неотложной помощи. Длительное воздействие повышенных концентраций NO₂ может способствовать развитию астмы и потенциально повышать восприимчивость к респираторным инфекциям. Люди, страдающие астмой, а также дети и пожилые люди, как правило, подвергаются большему риску воздействия NO₂ на здоровье. NO₂ наряду с другими NO_x вступает в реакцию с другими химическими веществами в воздухе, образуя как твердые частицы, так и озон. Оба они также вредны при вдыхании из-за воздействия на дыхательную систему.

Диоксид серы (SO₂) относится к группе высокореактивных газов, известных как “оксиды серы”. Большое вложение в выбросы SO₂ вносит при

сжигании ископаемого топлива на электростанциях (73%), остальное на других промышленных объектах (20%). Меньше всего образуется выбросов при получении металла из руды и сжигания высокосернистого топлива локомотивами, крупными судами и внедорожным оборудованием. SO₂ оказывает неблагоприятное воздействие на дыхательную систему человека, а также животных. У человека он может вызвать раздражение слизистой оболочки глаз, а также спазм бронхов.

1.3 Загрязнение воздуха внутри помещений (основные проблемы в развитых странах)

Большинство людей проводят примерно 90% своего времени в помещении. Однако воздух в помещении, которым мы дышим в домах и других зданиях, может быть более загрязненным, чем воздух на улице, и может увеличить риск заболеваний. В домах существует множество источников загрязнения воздуха внутри помещений. К ним относятся биологические загрязнители, такие как бактерии, плесень и пыльца, сжигание топлива и табачный дым в окружающей среде, строительные материалы и мебель, предметы домашнего обихода, системы центрального отопления и охлаждения, а также наружные источники. Загрязнение воздуха на улице может проникать в здания и становиться источником загрязнения воздуха внутри помещений.

Синдром больного здания - это термин, используемый для описания ситуаций, в которых у жильцов здания возникают симптомы со здоровьем, связанные только с пребыванием в этом здании. Считается, что причины синдрома больного здания включают недостаточную вентиляцию, загрязнение воздуха в помещениях и биологические загрязнители. Обычно проблемы с качеством воздуха в помещении вызывают только дискомфорт. Большинство людей чувствуют себя лучше, как только устраняют источник загрязнения. Убедившись, что ваше здание хорошо проветривается, и

избавившись от загрязняющих веществ, вы можете улучшить качество воздуха в помещении.

1.4 Нормативы качества атмосферного воздуха.

Для контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений введены нормы ПДК (предельно допустимые концентрации). Значения ПДК определяются на основе экспериментов, исследований, редко с использованием расчетных методов. Нормы одинаковые для всей территории Российской Федерации. Для регионов с курортных районов, заповедников, заказников, разрешается составление более строгих нормативов. В России в нормы ПДК входит 658 значений, последние изменения в постановлении были от 22 декабря 2017 года.

Значения пороговых концентраций зависят от направленности воздействий химических веществ, которые могут быть охарактеризованы через обобщенные показатели вредности.

Под ПДК вредного вещества подразумевают его максимальную концентрацию в компоненте природной среды, не оказывающую при принятой вероятности негативного прямого или косвенного воздействия на человек (в течение всей жизни), его потомство и природную среду в целом.

Действующими правилами регламентируется после получения предварительных результатов исследований устанавливать ориентировочные нормативы:

- ориентировочно безопасные уровни воздействия химических веществ (ОБУВ), загрязняющих атмосферу и воды;
- ориентировочно допустимые уровни химических веществ (ОДУ) в водах;

ГЛАВА 2. ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ РАЗНЫХ СФЕР ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ВОРОНЕЖ

2.1 Физико-географические и климатические особенности г. Воронеж

Целью моей выпускной квалифицированной работе было определить влияние фоновой погоды на накопление количества выбросов в атмосферу весной 2020 году в г. Воронеж.

Данный город выбран неслучайно, так как он является городом миллионником (население на 01.01.2020 год составило 1 058 261 человек), площадь-596 кв.км, расстояние до столицы Российской Федерации 520 км, а также крупный промышленный и культурный центр. Особенностью города является то, что он расположен на обоих берегах реки Воронеж, в 12 километрах от её впадения в Дон.

Климат в городе умеренно-континентальный, сформирован влиянием воздушных масс, которые приходят из центральной Евразии, Арктики, Атлантики и тропиков. Но преобладает всё же западный перенос и умеренные воздушные массы, что и создает морозную сносную зиму и относительно жаркое лето.

Зимний период в Воронеже длится 127 дней, когда климат подвергается холодному периоду, и на градуснике ниже 0 и господствует зима. На северной стороне улицы покрываются снегом глубиной до 30 см, а на южной – до 16-20 см, но в последнее время климат на планете меняется и бывают года с бесснежной зимой или с поздними осадками. Средняя температура января -8°C — -10°C, зафиксированный минимум-42°C. Зимой климат Воронежа является непостоянным, с нередкими оттепелями или студёными морозами, поэтому -30 для населения не новинка.

Весна в городе характеризуется температурой выше 0°C , когда на улице таят снег и погода весьма неустойчива, так как в апреле днём температура воздуха может достигать $+20$, а ночью мороз со снегом. В мае нормальной температурой является $+20$, а ночью заморозки, что может нанести непоправимый вред для растениям.

Летним периодом считается 114 суток со средней температурой воздуха на севере $+19,5^{\circ}\text{C}$ и юге $21,7^{\circ}\text{C}$ области. Часто лето тёплое, но дождливое, это зависит от посещения области Африканских или Казахстанских воздушных масс, может быть очень жарко вплоть до $+35^{\circ}\text{C}$ и засушливо. Так же летний период наиболее подвержен поглощению осадков в виде кратковременных интенсивных дождей, которых на юге меньше (450 мм), чем на севере области (600 мм). Максимально столбик термометра показывал $+43^{\circ}\text{C}$. Средине августа – температура в среднем за сутки ниже $+20^{\circ}\text{C}$, что, снижая свой показатель, переходит в «бархатный сезон».

Вторая половина ноября формирует устойчивые заморозки и скорое приближение зимы.

Рельеф области равнинный и не влияет на создание многолетнего режима погоды, единственное, только попутные ветрам склоны возвышенностей получают большее количество осадков. В Воронеже, как и других, промышленно развитых и густозаселённых мегаполисах России, оказывает теплое воздействие на климат деятельность человека (антропогенный фактор). Каменные застройки, железное покрытие крыш, заводы и фабрики, асфальт и т. д. увеличивают образование тепла, таким образом, центр города имеет температурный показатель выше на $1-2^{\circ}\text{C}$, чем окраины и область. [2]

На Воронеж приходится порядка 40% промышленного производства всего Центрально-Черноземного региона. Машиностроение представлено в основном предприятиями по производству сельскохозяйственной техники, ее выпуск осуществляется на Воронежских экскаваторном и механическом

заводах. На механическом заводе также производят ракетные двигатели и технически сложное оборудование для автозаправочных станций. Кроме того, развиты легкая и пищевая промышленность, химическая, нефтехимическая и электронная отрасли производства. Также на территориях города работает примерно 82 завода.

Весной 2020 года большинство предприятий приостановили свою работу, так как с 28 марта был введен локдаун. К счастью, по решению воронежской администрации с 7 апреля многие предприятия и заводы возобновили работы, но не с полным циклом.

2.2 Влияние электростанций на загрязнение воздуха.

На территории Воронежской области находится 3 работающих электростанции и 1 строится.

1. Воронежская ТЭЦ-1- теплоэлектростанция, расположенная в Воронеже, основная ее функция- производство тепло- и электроэнергии. ТЭЦ снабжает теплом предприятия и крупные воронежские заводы- Воронежсинтезкаучук и Рудгормаш, а также теплом жителей Левобережного (преимущественно в летнее время), Ленинского и Железнодорожного районов города.

2. Воронежская ТЭЦ-2 – теплоэлектроцентраль, расположенная в Воронеже. Данная ТЭЦ обеспечивает теплом (отоплением и горячей водой) более 200 тыс. жителей города, включая активно строящийся микрорайон Северный, 9 промышленных предприятий Коминтерновского района, более 70 объектов социальной сферы.

3. Нововоронежская АЭС - это практически первая промышленная атомная электростанция СССР. Она находится в Воронежской области, расстояние до нее от города Нововоронеж 3,5 км. До областного центра (г. Воронеж) — 45 км. Нововоронежская АЭС – это одно из старейших

предприятий атомной энергетики РФ и крупнейший производитель электрической энергии Воронежской области. Она обеспечивает около 85% потребности Воронежской области в электрической энергии, до 90% – потребности г. Нововоронежа в тепле. Нововоронежская АЭС снабжает энергией свыше 20-ти крупных предприятий и 2,3 млн жителей Центрально-Черноземного региона.

2.3 Принцип работы ТЭС и АЭС

Паротурбинная электростанция, которая иногда известна как угольная электростанция или тепловая электростанция, является основным источником электроэнергии для любой страны. Эта электростанция в основном работает по циклу Ренкина.

Мы все знакомы с термином “Генератор”. Это устройство, которое преобразует механическую энергию в электрическую. Генератор заставляет вращаться с помощью какой-то внешней энергии. Данную энергию извлекают из энергии пара, поэтому установка известна как паровая электростанция.

Простая паровая установка работает по циклу Ренкина. На первом этапе вода подается в котел под очень высоким давлением с помощью ВФР (питательного насоса котла). Эта вода под высоким давлением нагревается в котле, который преобразует ее в перегретый пар под высоким давлением. Этот пар с высокой энергией проходит через паровую турбину (механическое устройство, которое преобразует энергию потока жидкости в механическую энергию) и вращает ее.

Для извлечения полной энергии пара используются трехступенчатые турбины, известные как ЛРТ (турбина низкого давления), ПРТ (турбина среднего давления) и НРТ (турбина высокого давления). Вал турбины соединен с валом ротора генератора, который заставляет вращаться вал

генератора и вырабатывать электроэнергию. В этом процессе пар теряет свою энергию. Этот насыщенный пар под низким давлением далее проходит через конденсатор, где он превращается в воду. Эта вода далее проходит через ВФР и бойлер и завершает цикл. Этот цикл непрерывно выполняется для производства электроэнергии.

2.4 Преимущества и недостатки Тепловой электростанции

Преимущества:

- Низкие затраты на стройку станции.
- Вырабатывают тепловую и электрическую энергию.
- Простота обслуживания.
- Требуется меньшая площадь земельного участка.
- Она может быть установлен вблизи угольных шахт, что позволяет минимизировать транспортные расходы на топливо.

Недостатки:

- Низкая циклическая эффективность около 35-45 процентов. Она часто генерирует дым, который способствует увеличению загрязнения воздуха.
- Она использует расходуемое топливо.
- Эксплуатационные расходы высоки по сравнению с гидроэлектростанциями и атомными электростанциями. Это создает большое количество золы в час, поэтому обработка золы очень сложна. Иногда нагретая вода попадает непосредственно в реку, что может нанести вред жизненному циклу водных организмов.

АЭС – являются тепловые электростанции, которые используют тепловую энергию ядерных реакций.

Главным элементом АЭС является реактор, в котором происходит расщепления урана ^{235}U под действием тепловых нейтронов с выделением

огромного количества тепловой энергии. Для осуществления управляемой реакции деления ядер урана в реакторе, кроме топлива (урана 235), находится замедлитель и поглотитель нейтронов и теплоноситель, отводящий тепло из реактора. В свойстве теплоносителя и замедлителя используется чаще всего вода под давлением, в качестве поглотителя нейтронов – графит. АЭС расходуют незначительное количество топлива, 1 грамм урана заменяет примерно 2,5т угля, поэтому они особенно эффективны в районах, бедных топливными ресурсами.[2]

Атомные электростанции не имеют выбросов дымовых газов, а также не имеют отходов в виде шлаков и золы. Но удельное тепловыделение у АЭС в окружающую воду больше, чем у ТЭС.

АЭС являются наиболее современным видом электростанций, имеют ряд существенных преимуществ перед другими видами электростанций:

- они совершенно не загрязняют окружающую среду при нормальных условиях функционирования;
- не требуют привязки к источнику сырья и соответственно могут быть размещены практически везде;
- об экономичности и эффективности атомных электростанций может говорить тот факт, что из 1 кг урана можно получить столько же теплоты, сколько при сжигании примерно 3000 т каменного угля;
- малый расход горючего не требует большой загрузки транспорта;
- малые затраты на строительство ЛЭП, т.к. АЭС можно размещать вблизи центров электрических нагрузок;
- могут вырабатывать как электрическую, так и тепловую энергии;
- возможность воспроизводства ядерного топлива;
- достаточно высокий КПД порядка 35-38%.

2.5 Влияние экономической деятельности на количество выбросов в атмосферу.

В Воронежской области больше всего выбросов в атмосферу происходит за счет таких экономических деятельностей, как:

- растениеводство и животноводство, охота и предоставление соответствующих услуг в этих областях;
- производство пищевых продуктов; производство химических веществ и химических продуктов;
- обеспечение электрической энергией, газом и паром, кондиционирование воздуха;
- сбор, обработка и утилизация отходов, обработка вторичного сырья;
- деятельность сухопутного и трубопроводного транспорта.

Теперь более подробно рассмотрим каждый вид экономической деятельности.

Растениеводство и животноводство, охота и предоставление соответствующих услуг в этих областях. Газообразные или летучие молекулы, образующиеся в животноводческих поселениях и связанных с ними видах деятельности, могут оказывать ряд неблагоприятных воздействий на здоровье и окружающую среду. Например, аммиак, метан и диоксид азота являются важными парниковыми и, следовательно, изменяющими климат. Определенные газы, такие как аммиак и сероводород, обладают сильным запахом и поэтому могут вызывать раздражение. Помимо того, что пыль является вредным веществом, может вызвать проблемы со здоровьем и, в более широком смысле, повлиять на климат. Некоторые летучие органические соединения могут иметь неприятный запах и/или быть опасными для здоровья.

Профессиональное воздействие в животноводстве было связано с широким спектром симптомов, включая раздражение слизистых оболочек, бронхит, астму и хронический обструктивный легочный синдром. Также

были задокументированы некоторые эпизоды острой токсичности из-за воздействия высоких концентраций газа, а также некоторые заболевания, такие как интерстициальный легочный фиброз. По городу Воронежу представлено количество выбросов в таблице 1.

Таблица 1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу по растениеводству и животноводству.

Год	Загрязняющие вещества								
	Всего	твердые	газообразные и жидкие	диоксид серы	оксид углерода	оксид азота (в пересчете на NO ₂)	Углеводороды	летучие органические соединения (ЛОС)	прочие газообразные и жидкие
2019	8 547	746	7 801	55	824	436	4 942	477	1 068
2020	13 706	715	12 991	108	1 181	446	9 067	606	1 583

Вид экономической деятельности «производство пищевых продуктов» подразумевает под собой предприятия, которые осуществляют подготовку, обработку, переработку консервирование продуктов питания, а также их упаковку. В основном сырьем для данной отрасли служат продукты животного и растительного происхождения. Данные предприятия оказывают негативное влияние на водные ресурсы и на атмосферу. По городу Воронежу представлено количество выбросов по данной отрасли в таблице 2.

Для полноценного цикла работы, предприятия реализовывают большой забор воды. Их сточные воды имеют высокий уровень загрязнённости. В

первую очередь это мясные предприятия, пивоваренные и молочные предприятия.

При работе предприятий в атмосферу поступают такие вредные вещества, как:

- органическая пыль;
- пары бензина;
- двуокись углерода;
- выбросы от сжигания топлива.

На территории города Воронеж расположено 94 компании, самые крупные:

- ВЗРМ – Воронежский завод растительных масел;
- ВКФ – Воронежская кондитерская фабрика;
- ВЭКЗ – Воронежский экспериментальный комбикормовый завод;
- ЭкоНиваАгро – крупное предприятия по производству молочной продукции и животноводства.

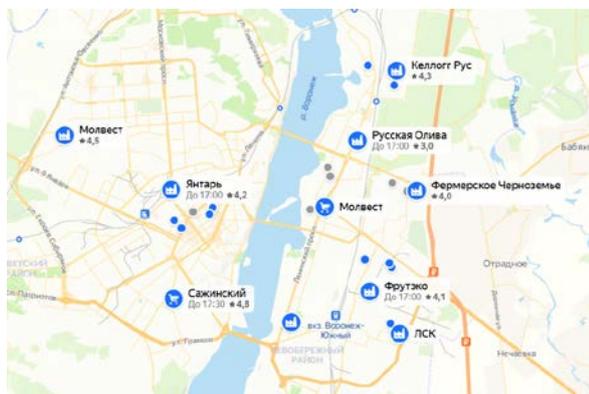


Рисунок 1 - Карта предприятий пищевой промышленности на территории города Воронежа

Таблица 2 - Выбросы по производству пищевых продуктов.

Го	Загрязняющие вещества
----	-----------------------

Д	Всего	твердые	газообразные и жидкие	диоксид серы	оксид углерода	оксид азота (в пересчете на NO2)	Углеводороды	летучие органические соединения (ЛОС)	прочие газообразные и жидкие
2019	12102	1847	10255	523	7497	1435	118	479	204
2020	11301	2058	9243	516	6438	1226	187	681	195

Вид экономической деятельности «производство химических веществ и химических продуктов». Химическая промышленность – это отрасль, где производится продукция путем химической переработки сырья. Данная отрасль тесно связана с охраной окружающей среды.

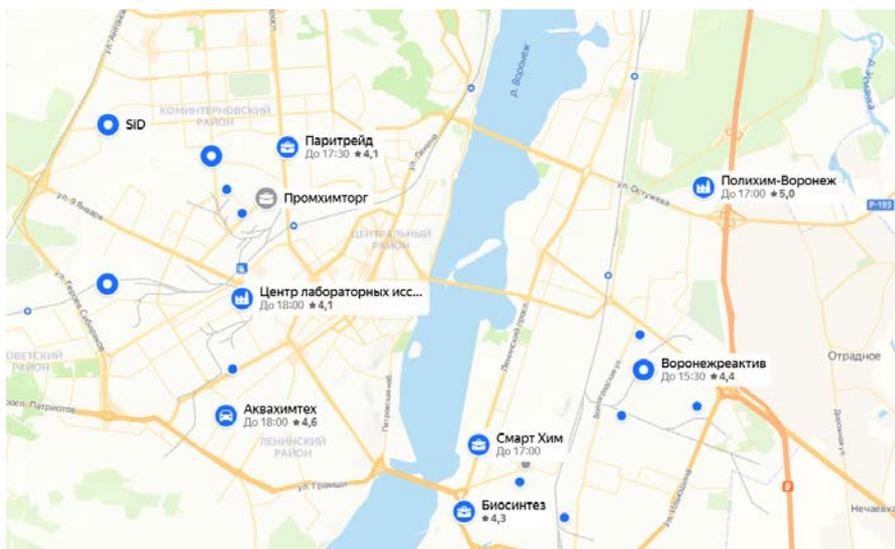


Рисунок 2. Карта по производству пищевых продуктов в городе Воронеж.

На рисунке 2 представлено количество предприятий по производству химической промышленности и химических продуктов. Большинство предприятий находится на левом побережье реки Воронеж. Так как левое побережье более развитое и здесь проживает больше людей, чем в правой части.

Таблица 3 - Вид экономической деятельности производство химических веществ и химических продуктов

Год	Загрязняющие вещества								
	Всего	твердые	газообразные и жидкие	диоксид серы	оксид углерода	оксид азота (в пересчете на NO ₂)	Углеводороды	летучие органические соединения (ЛОС)	прочие газообразные и жидкие
2019	11 937	1 336	10 601	8	4 228	2 695	2 052	523	1 095
2020	11 384	1 105	10 279	14	4 103	2 592	1 980	514	1 077

Вид экономической деятельности «обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха». По данной отрасли в городе Воронеж больше всего выбросов в атмосферу, так как на территории находится две действующих ТЭЦ и одна АЭС. По городу Воронежу представлено количество выбросов по данной деятельности в таблице 4.

Обеспечение электрической энергии, газом и паром, включает в себя:

- Передачу электроэнергии и технологические соединения к разделительным электросетям;
- Выработку электроэнергии атомными электростанциями, также работу по обеспечению их работоспособности;
- Выработку электроэнергии тепловыми электростанциями и обеспечение их работоспособности;
- Получение газа.

Таблица 4 - Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха

Год	Загрязняющие вещества								
	Всего	твердые	газообразные и жидкие	диоксид серы	оксид углерода	оксид азота (в пересчете на NO2)	Углеводороды	летучие органические соединения (ЛОС)	прочие газообразные и жидкие
2019	18 294	241	18 052	206	2 276	2 402	13 110	54	4
2020	22 869	253	22 616	303	2 833	2 657	16 725	84	13

Вид экономической деятельности «сбор, обработка и утилизация отходов; обработка вторичного сырья».

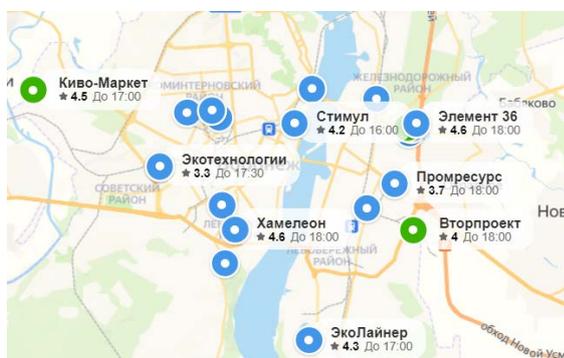


Рисунок 3 - Карта предприятий в городе Воронеж по сбору, обработки и утилизации отходов, обработка вторичного сырья

На территории города Воронеж находится 16 предприятий, которые занимаются обработкой и утилизацией отходов. Предприятия равномерно расположены на правом и левом берегу реки Воронеж.

Данная отрасль экономической деятельности включает в себя:

- Сбор бытовых отходов и отходов с предприятий.

- Получение безопасных и опасных отходов;
- Сбор безопасных отходов;
- Обработка и утилизация безопасных отходов;
- Демонтирование техники, не подлежащей восстановлению.

Таблица 5 - Сбор, обработка и утилизация отходов; обработка вторичного сырья

Год	Загрязняющие вещества								
	Всего	твердые	газообразные и жидкие	диоксид серы	оксид углерода	оксид азота (в пересчете на NO ₂)	Углеводороды	летучие органические соединения (ЛОС)	прочие газообразные и жидкие
2019	9 915	5	9 911	17	82	41	7 985	1 655	130
2020	7 274	11	7 263	12	65	34	6 823	217	113

Таблица 6 - Деятельность сухопутного и трубопроводного транспорта

Год	Загрязняющие вещества								
	Всего	твердые	газообразные и жидкие	диоксид серы	оксид углерода	оксид азота (в пересчете на NO ₂)	Углеводороды	летучие органические соединения (ЛОС)	прочие газообразные и жидкие
2019	25 110	11	25 099	1	1 153	184	22 972	788	0
2020	23 316	23	23 293	6	1 279	448	20 883	670	6

Вид экономической деятельности «деятельность сухопутного и трубопроводного транспорта». Город Воронеж является крупным

транспортным узлом, здесь находится 2 крупных железнодорожных вокзала, где движение осуществляется круглосуточно. Также через Воронеж проходит автомобильная дорога федерального значения Москва – Воронеж – Ростов – на – Дону -Краснодар-Новороссийск. Рядом с селом Чертовицы находится международный аэропорт. С него летают самолеты на Москву, а также другие города России и мира.

ГЛАВА 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОНОВОЙ ПОГОДЫ НА НАКОПЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ ВЕСНОЙ 2020 ГОДА В Г.ВОРОНЕЖ.

Для начала работы были выбраны обобщенные данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу Федеральной службы по надзору в сфере природопользования за 2019 и 2020 год; выборка данных с Обнинского сайта[3]; данные японского реанализа JRA-55, ERA5 и данные зондирования с сайта университета г.Вайоминга. [7] Отбор данных производился за 2019 и 2020 год в городе Воронеже.

3.1. Анализ обобщенных данных о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу.

В начале исследования были выбраны данные по балансу и по веществам по субъектам Российской Федерации и ОКВЭД (общероссийский классификатор видов экономической деятельности).

Таблица 7 –Баланс всего выброшенного в атмосферу загрязняющих веществ за 2019 год, тонн

Вид экономической деятельности	Выбрасывается без очистки – всего	В том числе, от организованных источников	Поступило на очистные сооружения загрязняющих веществ – всего	Из них утилизировано
< Прочие >	1 139	1 023	14 501	14 364

Продолжение таблицы 7

Вид экономической деятельности	Выбрасывается без очистки - всего	В том числе, от организованных источников	Поступило на очистные сооружения загрязняющих веществ - всего	Из них утилизировано
Добыча прочих полезных ископаемых	547	94	5 693	4 765
Предоставление услуг в области добычи полезных ископаемых	6	5	0	0
Производство пищевых продуктов	11 222	10 588	9 000	3 303
Производство напитков	260	179	36	1
Производство одежды	8	7	0	0
Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения	55	54	154	120
Производство бумаги и бумажных изделий	12	12	0	0
Производство химических веществ и химических продуктов	9 655	8 794	26 239	12 997

Продолжение таблицы 7

Вид экономической деятельности	Выбрасывается без очистки – всего	В том числе, от организованных источников	Поступило на очистные сооружения загрязняющих веществ – всего	Из них утилизировано
Производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях	33	33	0	0
Производство резиновых и пластмассовых изделий	356	351	75	22
Производство прочей неметаллической минеральной продукции	2 363	2 197	40 893	33 019
Производство металлургическое	1 025	997	1 805	1 531
Производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	143	112	147	5
Производство компьютеров, электронных и оптических изделий	3 311	3 294	6 251	5 924
Производство электрического оборудования	23	21	26	1

Продолжение таблицы 7

Вид экономической деятельности	Выбрасывается без очистки – всего	В том числе, от организованных источников	Поступило на очистные сооружения загрязняющих веществ – всего	Из них утилизировано
Производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов	10	10	2	0
Производство прочих транспортных средств и оборудования	784	729	441	5
Производство мебели	110	73	668	38
Ремонт и монтаж машин и оборудования	53	49	0	0
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	18 293	6 341	4	0
Забор, очистка и распределение воды	61	15	0	0
Сбор и обработка сточных вод	1 999	124	0	0
Сбор, обработка и утилизация отходов; обработка вторичного сырья	9 915	22	0	0
Строительство зданий	239	100	285	276
Строительство инженерных сооружений	376	129	10 563	105

Продолжение таблицы 7

Вид экономической деятельности	Выбрасывается без очистки – всего	В том числе, от организованных источников	Поступило на очистные сооружения загрязняющих веществ – всего	Из них утилизировано
Торговля оптовая и розничная автотранспортным и средствами и мотоциклами и их ремонт	25	15	2	1
Торговля оптовая, кроме оптовой торговли автотранспортным и средствами и мотоциклами	530	175	472	251
Торговля розничная, кроме торговли автотранспортным и средствами и мотоциклами	475	43	0	0
Деятельность сухопутного и трубопроводного транспорта	25 110	21 455	10	0
Деятельность воздушного и космического транспорта	0	0	0	0
Складское хозяйство и вспомогательная транспортная деятельность	555	225	2 077	1 764
Деятельность почтовой связи и курьерская деятельность	28	28	0	0

Продолжение таблицы 7

Вид экономической деятельности	Выбрасывается без очистки - всего	В том числе, от организованных источников	Поступило на очистные сооружения загрязняющих веществ - всего	Из них утилизировано
Деятельность в сфере телекоммуникаций	42	33	0	0
Деятельность в области информационных технологий	19	11	0	0
Деятельность по предоставлению финансовых услуг, кроме услуг по страхованию и пенсионному обеспечению	3	3	0	0
Операции с недвижимым имуществом	225	79	0	0
Деятельность в области архитектуры и инженерно-технического проектирования; технических испытаний, исследований и анализа	7	0	0	0
Научные исследования и разработки	265	264	232	0
Деятельность ветеринарная	0	0	0	0

Окончание таблицы 7

Вид экономической деятельности	Выбрасывается без очистки - всего	В том числе, от организованных источников	Поступило на очистные сооружения загрязняющих веществ - всего	Из них утилизировано
Деятельность административно-хозяйственная, вспомогательная деятельность по обеспечению функционирования организации, деятельность по предоставлению прочих вспомогательных услуг для бизнеса	37	37	0	0
Деятельность органов государственного управления по обеспечению военной безопасности, обязательному социальному обеспечению	510	490	3	0
Образование	8	8	0	0
Деятельность в области здравоохранения	62	54	0	0

На основе данных за 2019 год по Воронежской области видно, что больше всего происходит выбросов в атмосферу из таких экономических деятельностей, как:

- растениеводство и животноводство, охота и предоставление (8494 тонн);
- производство пищевых продуктов (11 222 тонн);

- производство химических веществ и химических продуктов (9655 тонн);
- обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха (18 293 тонн);
- сбор, обработка и утилизация отходов; обработка вторичного сырья (9915 тонн);
- деятельность сухопутного и трубопроводного транспорта (25 110).
- Больше всего выбросов до 3500 тонн в атмосферу поступает из такой экономической деятельности, как:
- производство прочей неметаллической минеральной продукции (2363 тонн);
- производство компьютеров, электронных и оптических изделий (3311 тонн);
- сбор и обработка сточных вод (1999 тонн);
- прочие (1139 тонн).

Таблица 8 – Баланс всего выброшенного в атмосферу загрязняющих веществ за 2020 год, тонн

Баланс по субъектам	Выбрасывается без очистки - всего	В том числе, от организованных источников	Поступило на очистные сооружения загрязняющих веществ - всего	Из них утилизировано
прочие	48	48	0	0
Растениеводство и животноводство, охота и предоставление соответствующих услуг в этих областях	13 490	2 691	2 059	985
Добыча нефти и природного газа	24	22	91	88
Добыча прочих полезных ископаемых	498	99	5 818	4 868

Продолжение таблицы 8.

Баланс по субъектам	Выбрасывается без очистки - всего	В том числе, от организованных источников	Поступило на очистные сооружения загрязняющих веществ - всего	Из них утилизировано
Производство пищевых продуктов	10 416	9 651	9 782	4 309
Производство напитков	357	275	110	1
Производство одежды	74	68	151	143
Производство кожи и изделий из кожи	2 100	2 081	4 087	3 754
Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения	202	176	1 706	1 661
Производство бумаги и бумажных изделий	15	15	0	0
Деятельность полиграфическая и копирование носителей информации	4	4	0	0
Производство кокса и нефтепродуктов	93	0	0	0
Производство химических веществ и химических продуктов	9 370	8 582	24 930	10 373

Продолжение таблицы 8

Баланс по субъектам	Выбрасывается без очистки - всего	В том числе, от организованных источников	Поступило на очистные сооружения загрязняющих веществ - всего	Из них утилизировано
Производство резиновых и пластмассовых изделий	463	458	21	10
Производство прочей неметаллической минеральной продукции	3 897	3 626	65 429	51 892
Производство металлургическое	793	779	155	23
Производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	236	158	227	2
Производство компьютеров, электронных и оптических изделий	3 171	3 138	6 958	6 635
Производство электрического оборудования	17	16	1	1
Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки	149	133	200	4
Производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов	6	6	0	0
Производство прочих транспортных средств и оборудования	731	650	233	4

Продолжение таблицы 8

Баланс по субъектам	Выбрасывается без очистки - всего	В том числе, от организованных источников	Поступило на очистные сооружения загрязняющих веществ - всего	Из них утилизировано
Производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов	6	6	0	0
Производство прочих транспортных средств и оборудования	731	650	233	4
Производство мебели	415	386	43	33
Производство прочих готовых изделий	3	3	0	0
Ремонт и монтаж машин и оборудования	276	264	320	0
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	22 869	7 701	3	0
Забор, очистка и распределение воды	1 465	25	7	0
Сбор и обработка сточных вод	4 222	130	0	0
Сбор, обработка и утилизация отходов; обработка вторичного сырья	7 274	26	0	0
Строительство зданий	54	8	128	126
Строительство инженерных сооружений	369	104	11 717	399
Работы строительные специализированные	53	10	0	0

Продолжение таблицы 8

Баланс по субъектам	Выбрасывается без очистки - всего	В том числе, от организованных источников	Поступило на очистные сооружения загрязняющих веществ - всего	Из них утилизировано
Торговля оптовая и розничная автотранспортными средствами и мотоциклами и их ремонт	47	21	16	0
Торговля оптовая, кроме оптовой торговли автотранспортными средствами и мотоциклами	524	23	220	133
Торговля розничная, кроме торговли автотранспортными средствами и мотоциклами	760	120	0	0
Деятельность сухопутного и трубопроводного транспорта	23 315	19 377	10	4
Деятельность воздушного и космического транспорта	22	22	0	0
Складское хозяйство и вспомогательная транспортная деятельность	456	130	3 903	1 835
Деятельность почтовой связи и курьерская деятельность	64	59	0	0
Деятельность по предоставлению продуктов питания и напитков	2	1	0	0

Продолжение таблицы 8

Баланс по субъектам	Выбрасывается без очистки - всего	В том числе, от организованных источников	Поступило на очистные сооружения загрязняющих веществ - всего	Из них утилизировано
Деятельность по предоставлению продуктов питания и напитков	2	1	0	0
Деятельность в сфере телекоммуникаций	33	28	0	0
Деятельность в области информационных технологий	55	28	2 024	65
Деятельность по предоставлению финансовых услуг, кроме услуг по страхованию и пенсионному обеспечению	2	1	0	0
Операции с недвижимым имуществом	129	104	0	0
Научные исследования и разработки	286	283	226	0
Деятельность ветеринарная	3	3	0	0
Аренда и лизинг	21	21	0	0
Деятельность по обслуживанию зданий и территорий	78	0	0	0

Окончание таблицы 8

Баланс по субъектам	Выбрасывается без очистки - всего	В том числе, от организованных источников	Поступило на очистные сооружения загрязняющих веществ - всего	Из них утилизировано
Деятельность административно-хозяйственная, вспомогательная деятельность по обеспечению функционирования организации, деятельность по предоставлению прочих вспомогательных услуг для бизнеса	19	19	0	0
Деятельность органов государственного управления по обеспечению военной безопасности, обязательному социальному обеспечению	636	612	3	0
Образование	11	11	0	0
Деятельность в области здравоохранения	56	47	0	0
Деятельность по уходу с обеспечением проживания	14	12	0	0
Деятельность творческая, деятельность в области искусства и организации развлечений	29	0	0	0

Проанализировав таблицы по количеству выбросов, было выявлено, что в 2020 и 2019 году больше всего выбросов было из одинаковых

экономических деятельности. На основе выбранных данных построена гистограмма за 2019 и 2020 год (рисунок 4).

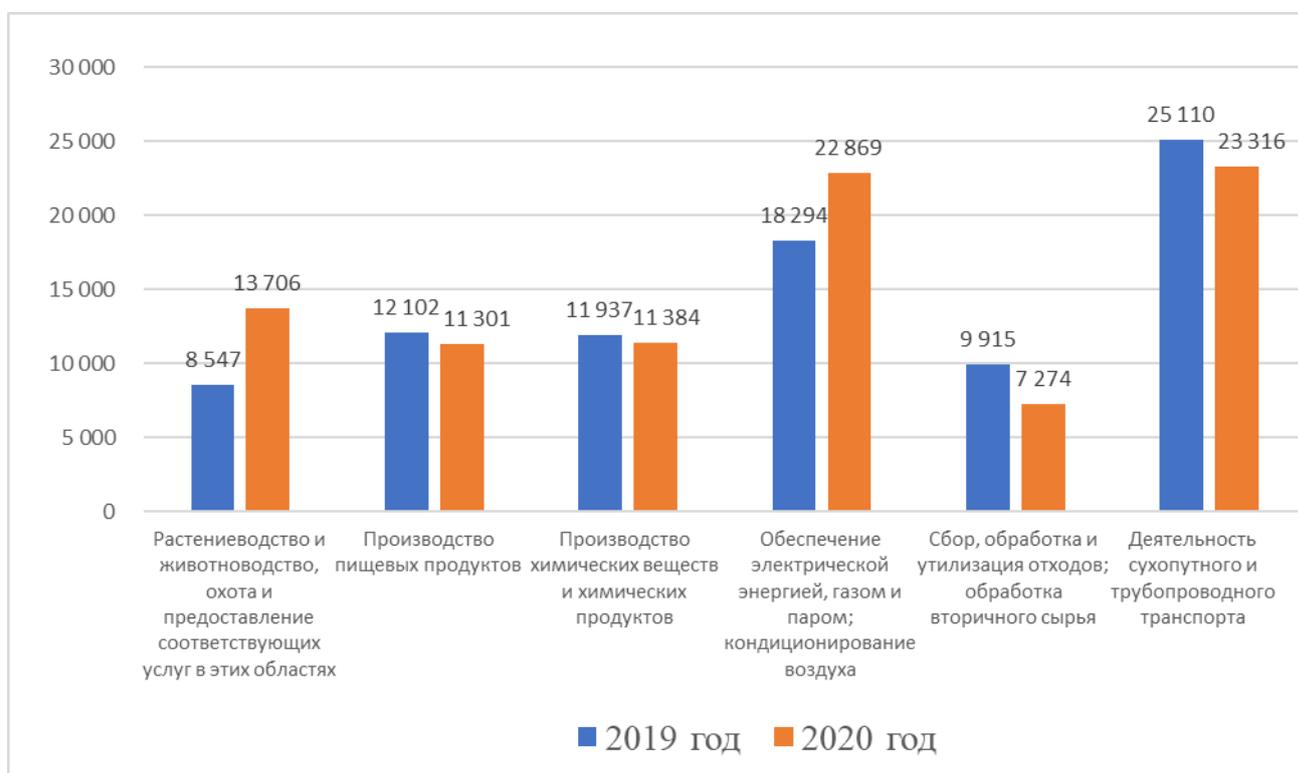


Рисунок 4 – Баланс выброшенного в атмосферу загрязняющих веществ за 2019 и 2020 год без очистки в тоннах

На рисунке 4 видно, что в 2019 году преимущественно было больше выбросов, чем в 2020 году. Это связано с тем, что в 2020 году в марте был введен локдаун и многие предприятия закрывались на неопределенное время.

Для выбросов в атмосферу специфических загрязняющих веществ по субъектам Российской Федерации также были построены гистограммы за 2019 и 2020 год.

При обработке данных было выявлено, что из всех загрязняющих веществ, больше всего поступает в атмосферу метана, это видно на таблице 9.

Таблица 9 – Количество выбросов метана в атмосферу.

Год	Регион	Всего специфических загрязняющих веществ	Метан
2019	Воронежская область	63 012	54 823
2020	Воронежская область	79 325	61 243

Далее были построены гистограммы по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу исключением метана, так как остальные значения по сравнению с ним малы и гистограмма не будет показательной для анализа. Все данные обрабатывались с помощью Microsoft Office Excel.

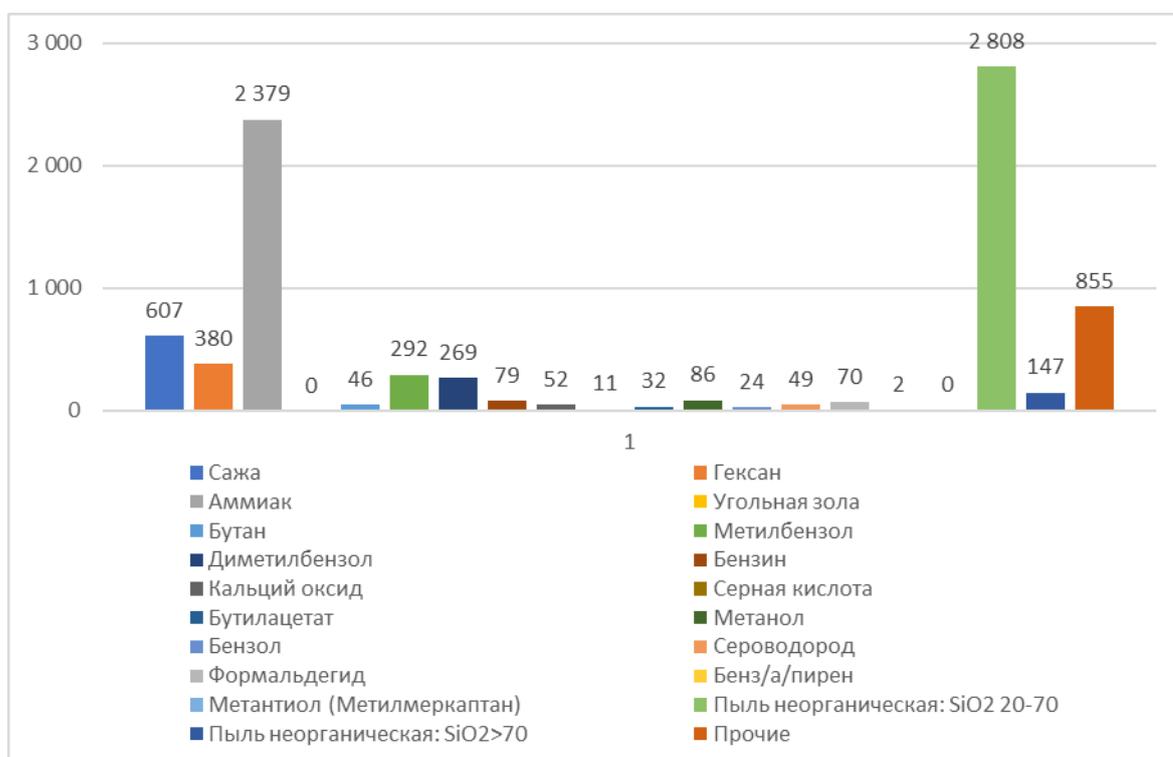


Рисунок 5 – Количество выбросов в атмосферу специфических загрязняющих веществ за 2019 год в тоннах

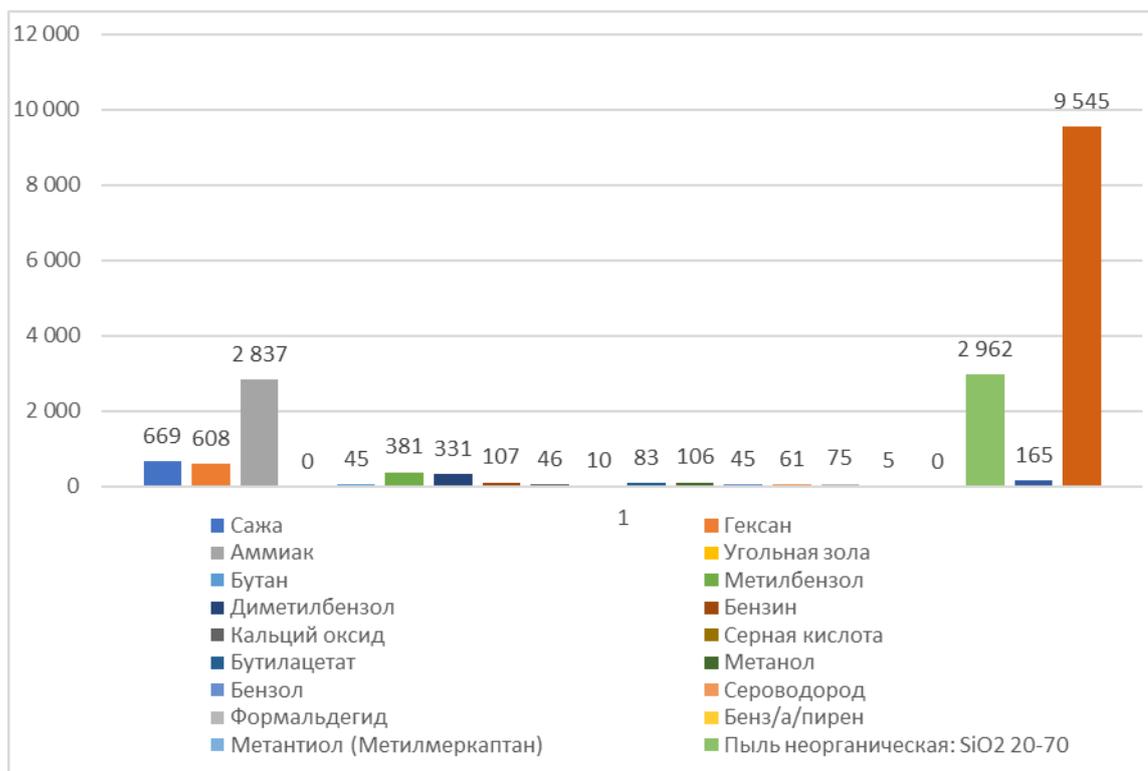


Рисунок 6 – Количество выбросов в атмосферу специфических загрязняющих веществ за 2020 год в тоннах

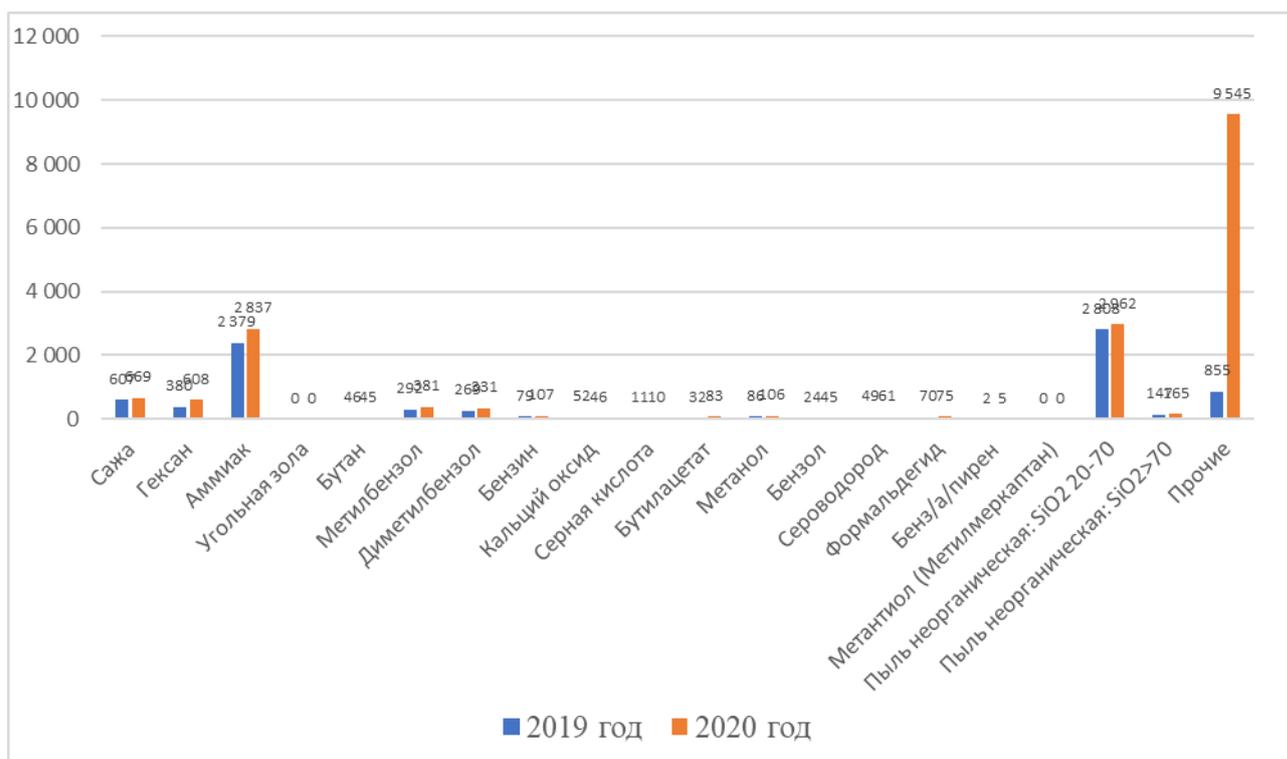


Рисунок 7 – Количество выбросов в атмосферу специфических загрязняющих веществ за 2019 и 2020 год в тоннах

Вывод по обобщенным данным о выбросах загрязняющих веществ в атмосфере Федеральной службы по надзору в сфере природопользования за 2019 и 2020 год.

Проанализировав все данные по выбросам, можно сделать вывод о том, что по балансу выброшенного в атмосферу загрязняющих веществ без очистки, в 2019 было больше выбросов экономической деятельности, чем в 2020 году. Это связано с тем, что во время локдауна весной 2020 года закрывались предприятия, поэтому в это время выбросов в атмосферу не было. Исключение составляют: обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха и растениеводство и животноводство, охота и предоставление соответствующих услуг в этих областях - выбросов по данным экономическим деятельности в 2020 году было больше. Количество выбросов в атмосферу специфических загрязняющих веществ за 2019 и 2020 год практически одинаково, исключение составляют: прочие выбросы и аммиак.

3.2. Разница по давлению 2019 – 2020 год.

Для определения разницы давления исходные данные получены с открытой базы данных удаленного доступа ЯОД-архив. Сформированная база состоит из 8-срочных наблюдений на станциях по атмосферному давлению на уровне станции и атмосферному давлению на уровне моря. Для анализа данных использовалось атмосферное давление на уровне станции. Чтобы определить разницу давления между 2019 и 2020 годом, данные за

весь день усреднили и рассчитали разницу. На основе данных построены рисунки 8 и 9.

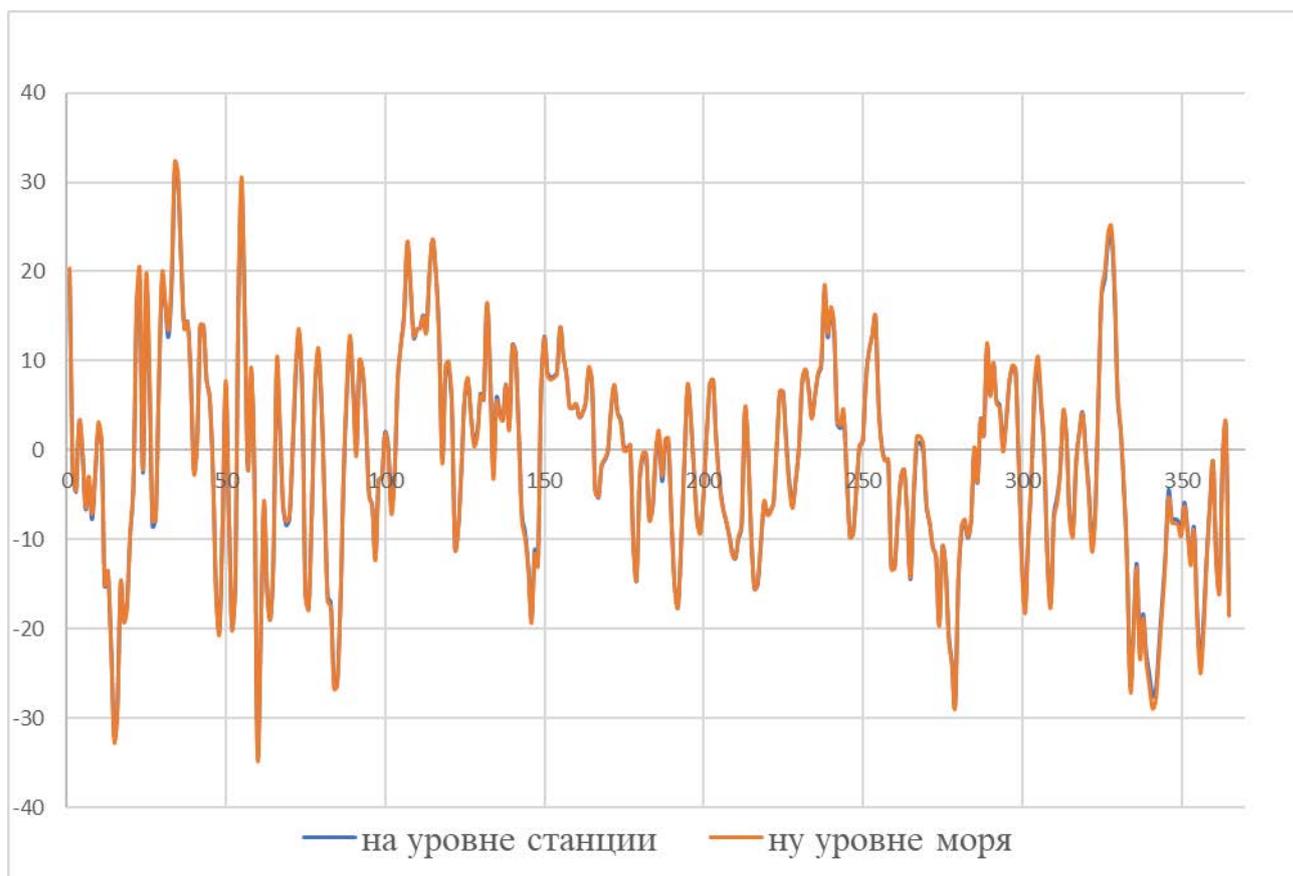


Рисунок 8 – Разница давления в гПа за 2019-2020 год

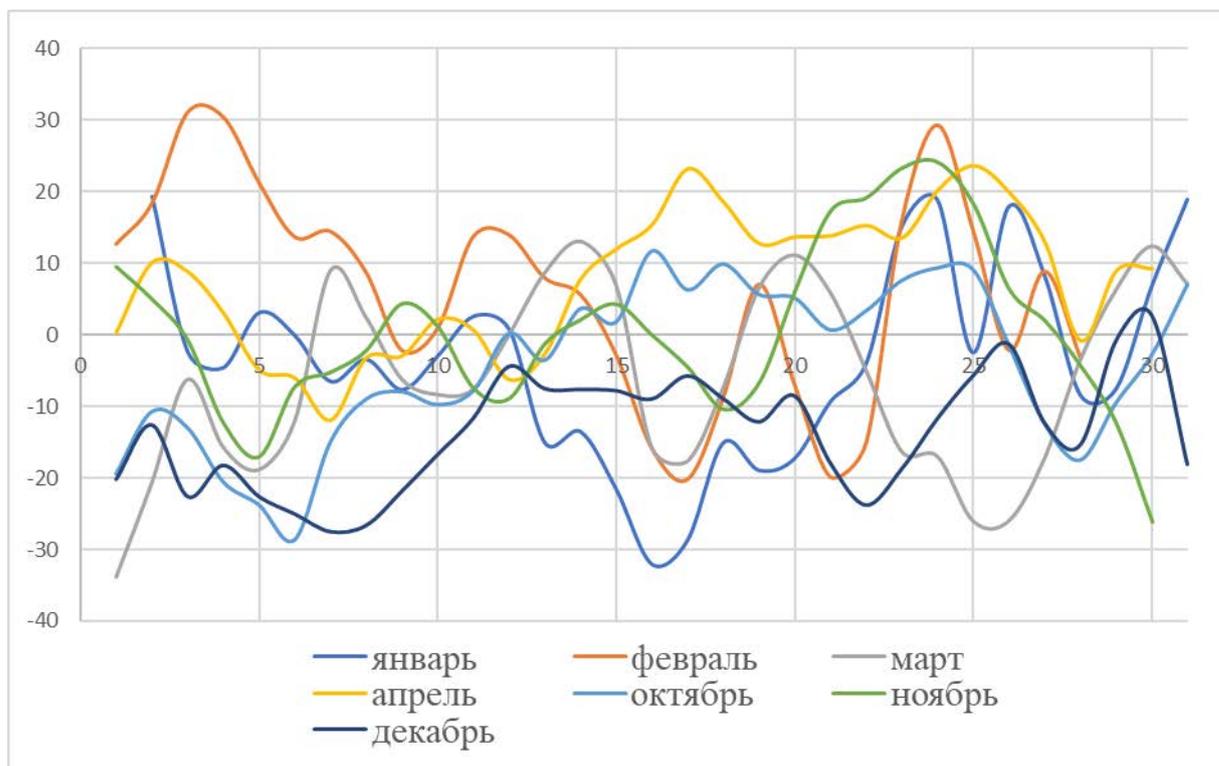


Рисунок 9 – Разница давления в гПа за 2019 – 2020 год за зимние, весенние и осенние месяца

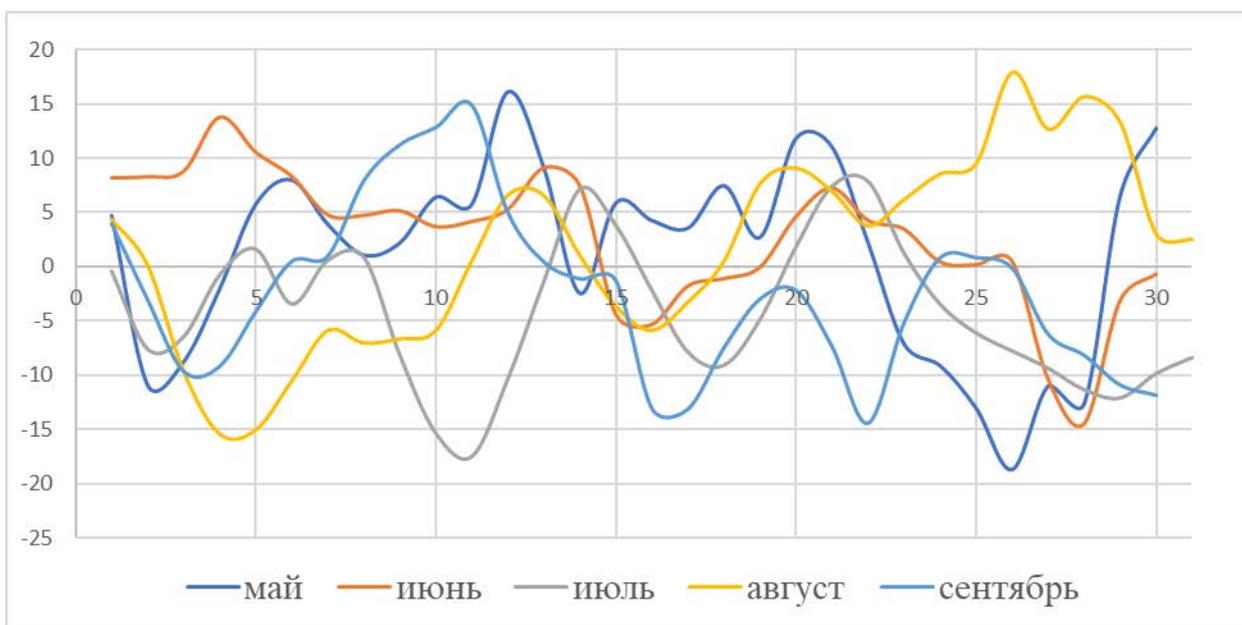


Рисунок 10 – Разница давления в гПа за 2019 – 2020 год с мая по сентябрь

Для построения графиков данные поделились на 2 рисунка, так как в зимние, весенние и осенние месяца разница между 2019 и 2020 годом

составляет больше 10 гПа в среднем от 7 дней и больше. В мае, июне, июле, августе и сентябре разница по давлению не превышает 6 дней. Это означает, что в теплый период времени давление в оба года практически было одинаковое.

3.3. Расчет инверсионного слоя

Определив месяца с максимальным количеством дней, когда разница по давлению была больше 10 гПа, для этих месяцев рассчитали коэффициент инверсии. Для того чтобы рассчитать коэффициент были получены данные зондирования с сайта университета Вайоминга для Воронежской обсерватории (так как в Воронеже только Воронежская обсерватория производит зондирование атмосферы).

При расчете бралась высота до 1000 м, так как чаще всего инверсия встречается именно в этом слое.

В ходе расчета коэффициента был рассчитан каждый срок за день, таких сроков получилось 850. Далее построена таблица с данными и гистограмма, для того чтобы проанализировать данные.

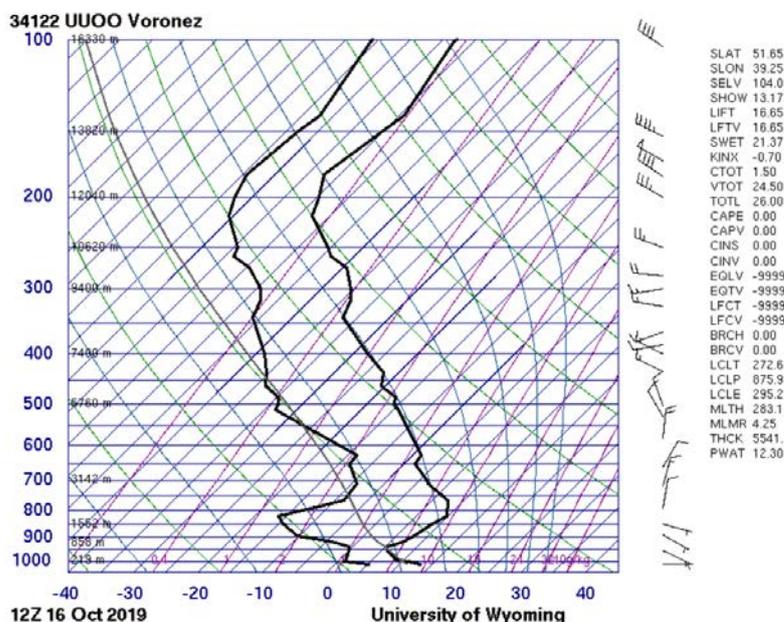


Рисунок 11 – Пример инверсионного слоя на аэрологической диаграмме по данным зондирования атмосферы с Воронежской обсерватории

Таблица 10. Расчет количества сроков с инверсией за весь год.

	2019	2020
количество сроков с инверсией	154	97
количество сроков	424	426

Таблица 11. Расчет количества сроков с инверсией за каждый месяц.

	январь	февраль	март	апрель	октябрь	ноябрь	декабрь	весь год
2019	25	15	14	13	19	38	30	154
2020	3	4	13	6	14	15	42	97

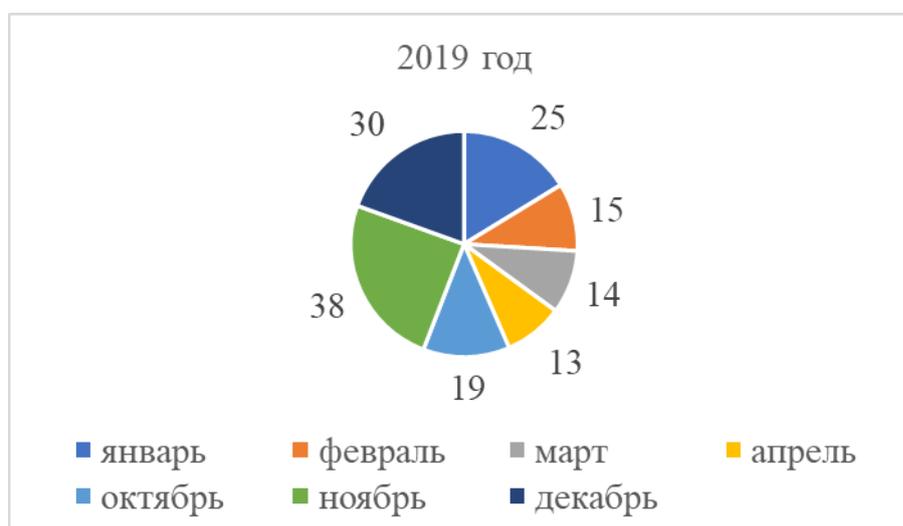


Рисунок 12 – Количество сроков с инверсией за 2019 год

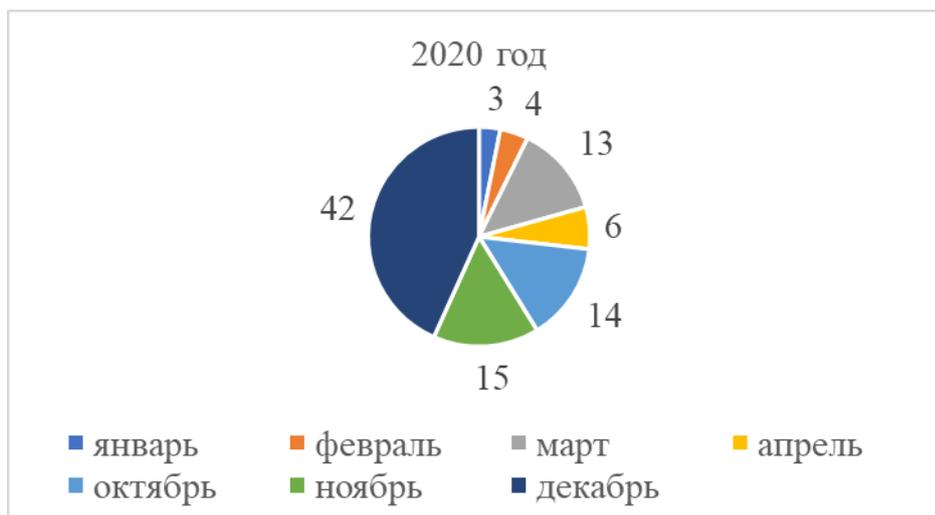


Рисунок 13 – Количество сроков с инверсией за 2020 год

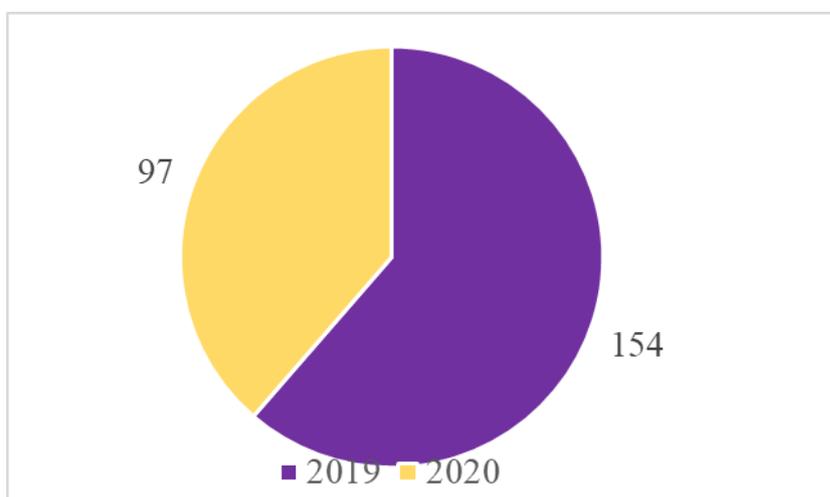


Рисунок 14 – Сумма сроков с инверсией за 2019 и 2020 год

Инверсия температуры в атмосфере – это повышение температуры с высотой вместо убывания, обычного для тропосферы. Она является задерживающим слоем в атмосфере, также препятствует развитию вертикальных движений воздуха, из-за чего водяной пар, ядра конденсации, пыль, накапливается под ними. Это способствует формированию слоев дымки, тумана. Больше всего опасность в городе для атмосферы представляет приземная инверсия в сочетании со слабыми ветрами, т.е. ситуация «застоя воздуха».

При анализе данных было выявлено, что больше всего сроков с инверсией наблюдается в зимние месяцы. Область распространения зимних инверсий сходится с областью распространения антициклонов, по этой причине прослеживаются большие концентрации дыма при антициклонической погоде.

В 2019 году было больше сроков с инверсией, чем в 2020 году. Это связано с тем, что в 2019 было больше дней, когда над городом стоял антициклон.

3.4. Расчет количества осадков.

Исходные данные для расчета количества осадков взяты с японского реанализа ERA 55, где данные передаются раз в час. В результате работы были отрисованы осадки за каждое полугодие 2019 и 2020 года, а также разница осадков между 2019 и 2020 годом.

Total precipitation 1mm/day 2019

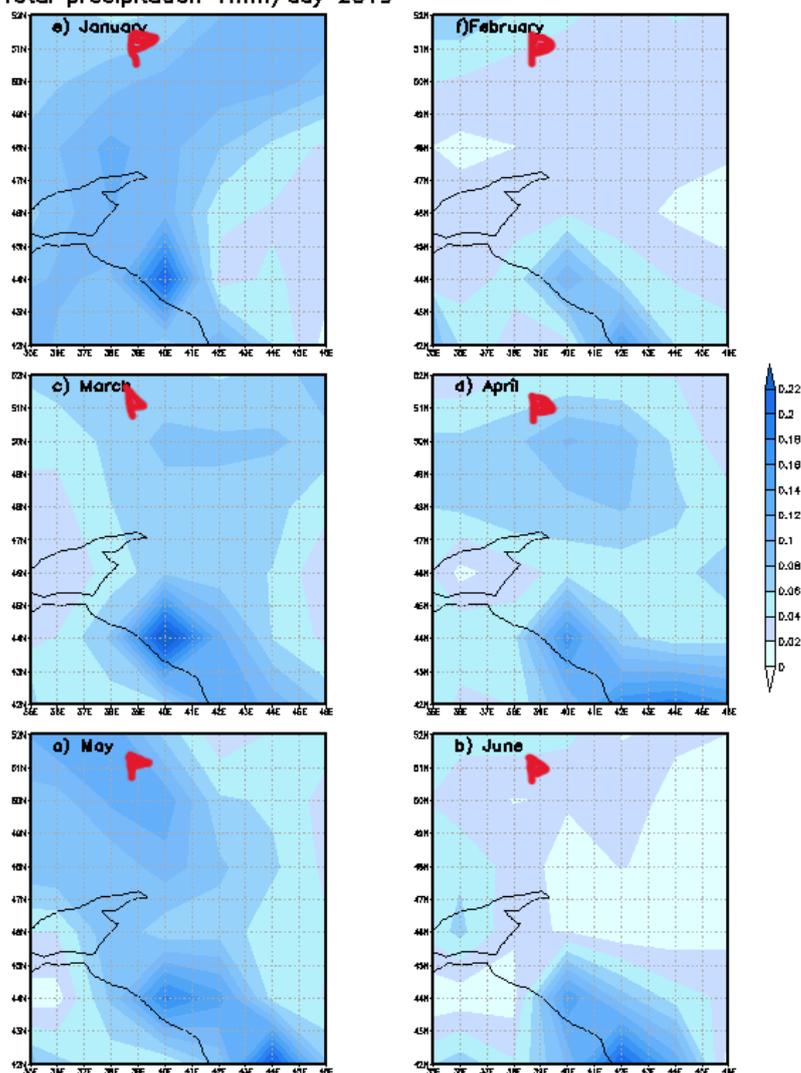


Рисунок 15 – Осредненное общее количество осадков в мм за 1 полугодие 2019 года (а-май, б-июнь, с-март, д-апрель, е-январь, ф-февраль)

Анализируя рисунок 15 (Воронеж обозначен флажком), можно сделать вывод о том, что в 1 полугодии 2019 года осадков было больше всего в январе и мае, меньше всего в июне. Это связано с климатом Воронежской области, так как летний период часто засушливый, а зимой наблюдается обильное количество осадков.

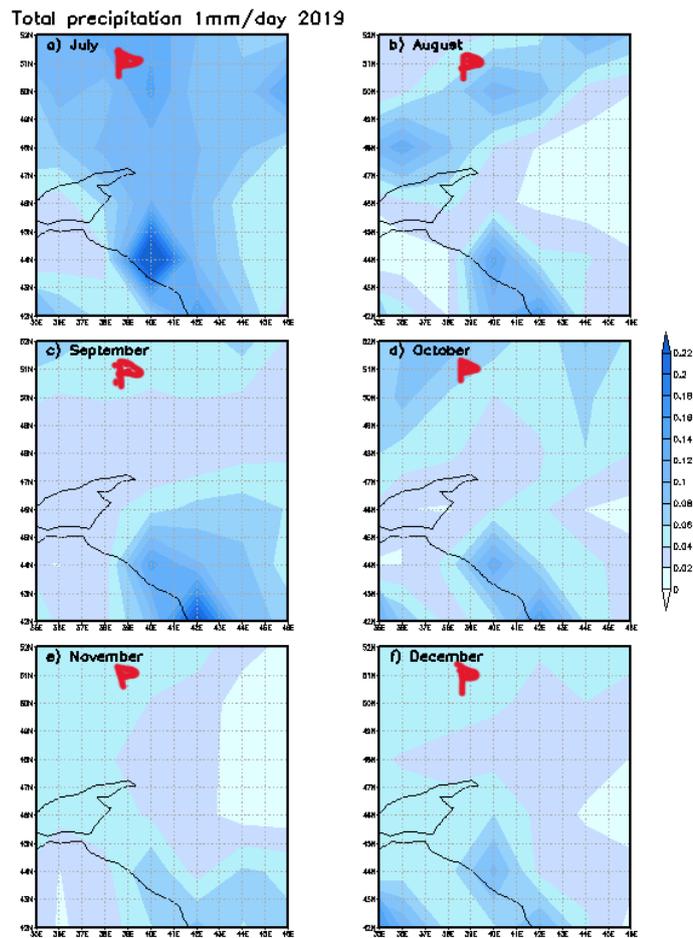


Рисунок 16 - Осредненное количество осадков в мм за 2 полугодие 2019 года
(а-июль, в-август, с-сентябрь, d-октябрь, е-ноябрь, f-декабрь)

Проанализировав рисунок 16 (Воронеж обозначен флажком), мы видим, что во второе полугодие 2019 года, а именно с сентября по декабрь в среднем было одинаковое количество осадков, в районе 0, 06 мм. Месяц с максимальным количеством осадков в г. Воронеж был июль – 0,16 мм, незначительно ниже было осадков в августе.

Total precipitation 1mm/day 2020

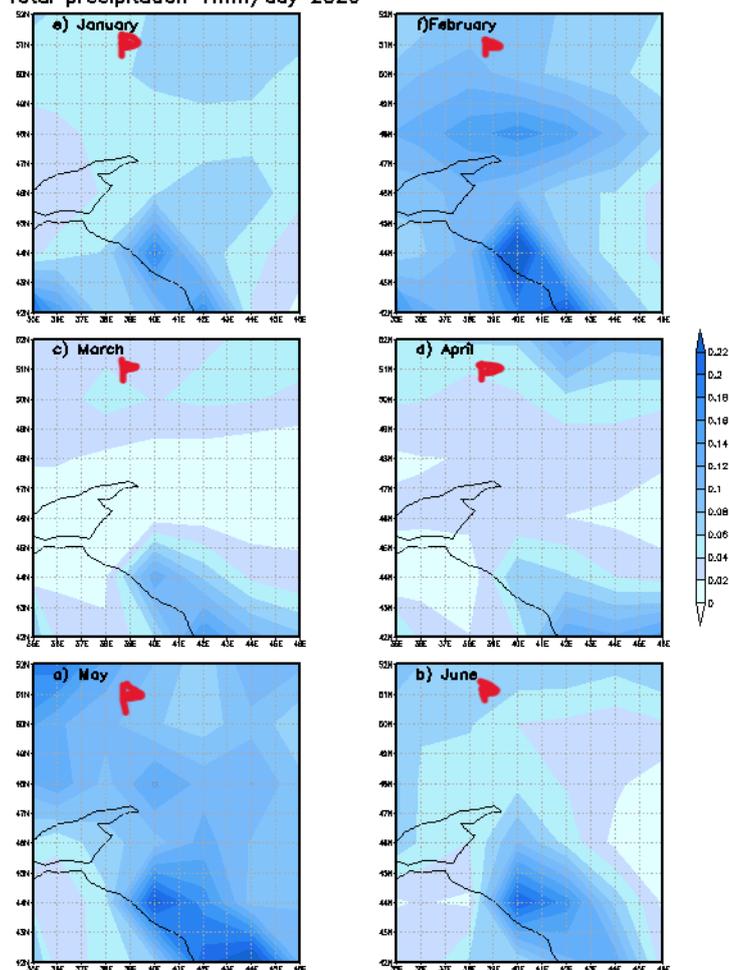


Рисунок 17 – Аналогично рисунку 14 за 1 полугодие 2020 года в мм
(а-май, b-июнь, с-март, d-апрель, е-январь, f-февраль)

На рисунке 17 (Воронеж обозначен флажком) видно, что в 1 полугодие 2020 года больше всего осадков было в феврале, мае и июне, максимум в мае – 0.16 мм. Это связано с тем, что в мае стоял 10 дней блокирующий циклон.

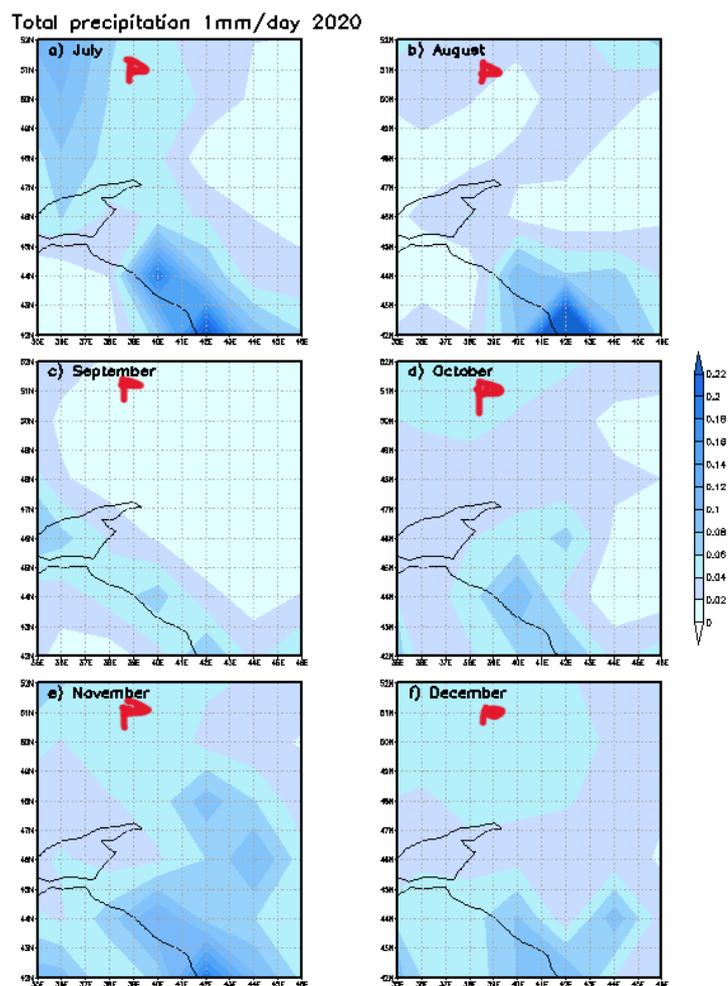


Рисунок 18 - Аналогично рисунку 15 за 2 полугодие 2020 года в мм
(а-июль, в-август, с-сентябрь, d-октябрь, е-ноябрь, f-декабрь)

Рассмотрев рисунок 18, можно сделать вывод о том, что во 2 полугодие 2020 года в осредненных данных за месяц количество осадков не превышало 0,06 мм.

Далее для наглядного сравнения и анализа 2019 и 2020 года была отрисована разница осадков, из 2019 года вычитали 2020 год.

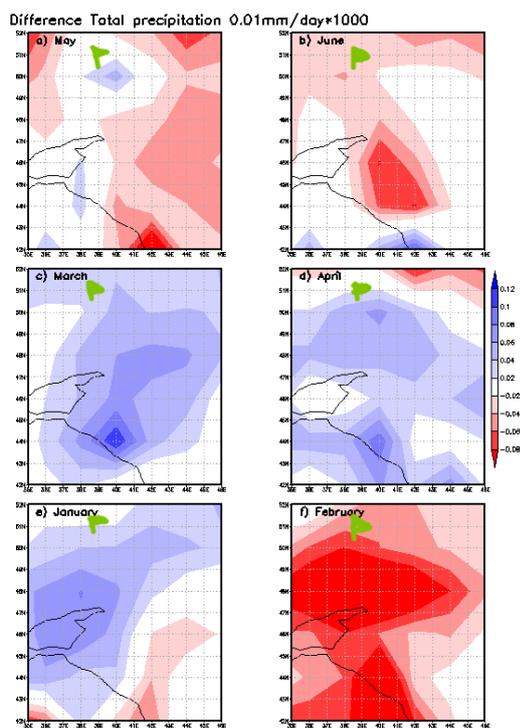


Рисунок 19 - Разница по осадкам между 2019 и 2020 годом за 1 полугодие
(а-май, б-июнь, с-март, д-апрель, е-январь, ф-февраль)

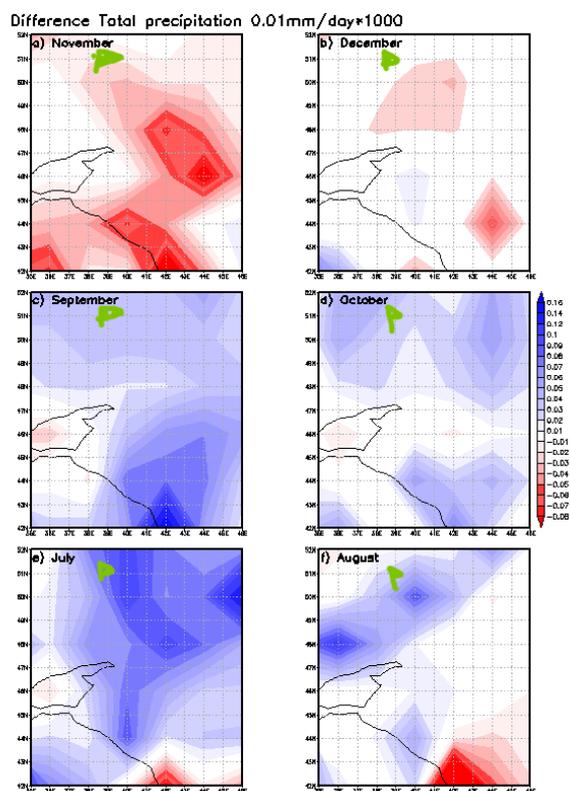


Рисунок 20 - Разница по осадкам между 2019 и 2020 годом за 2 полугодие
(а-ноябрь, б-декабрь, с-сентябрь, д-октябрь, е-июль, ф-август)

Вывод по анализу количества осадков в исследуемые года.

Проанализировав количество осадков, наблюдавшееся во все месяцы 2019 и 2020 годов, а также разницу в количестве осадков для каждого месяца отдельно, можно сделать вывод о том, что 2020 год был более засушлив, по сравнению с 2019 годом, особенно во 2 полугодие. Только в феврале, июне и ноябре осадков в 2020 году было больше. Это связано с тем, что в 2020 году осенью дней, когда наблюдался циклон больше, чем в 2019 году.

Благодаря обильному количеству осадков в 2019 году воздух от примесей был более очищен, чем в 2020, так как осадки вымывают из атмосферы все накопленные выбросы. После длительных интенсивных осадков высокие концентрации примесей в атмосфере практически не наблюдаются.

3.5. Данные по ветру с реанализа ERA5

Ветер способен по-разному воздействовать на процесс распределения примесей в зависимости от источника и данных выбросов. В случае, если выброшенные газы перегреты относительно находящегося вокруг воздуха, то они обладают первоначальной высотой подъема. Из-за этого рядом с источником формируется поле вертикальных скоростей, содействующих подъему факела и переносу выбросов вверх. Данный подъем способствует уменьшению концентраций примесей у земли. Также концентрации убывают при сильных очень ветрах, но это совершается за счет стремительного переноса примесей в горизонтальном направлении. Направление ветра непосредственно воздействует на загрязнение воздуха в городе. Значительное повышение концентрации примеси прослеживается в то время, когда преобладают ветры со стороны промышленных предприятий.

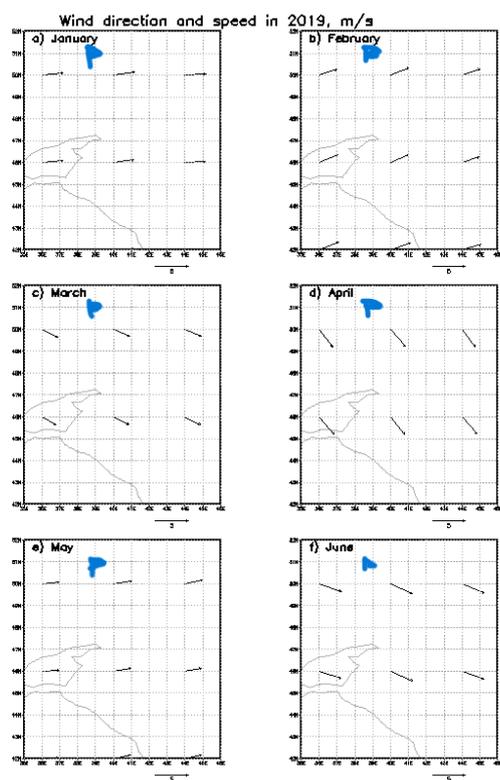


Рисунок 21 – Осредненные значения за месяц в 1 полугодие 2019 года
(а-январь, б-февраль, с-март, д-апрель, е-май, ф-июнь)

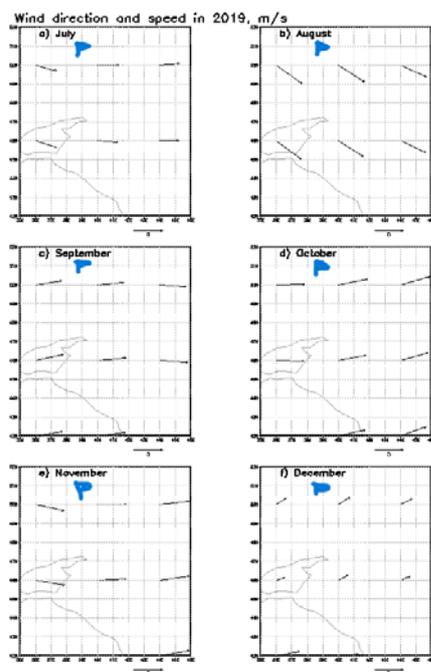


Рисунок 22 – Осредненные значения за месяц за 2 полугодие 2019 года
(а-июль, б-август, с-сентябрь, д-октябрь, е-ноябрь, ф-декабрь)

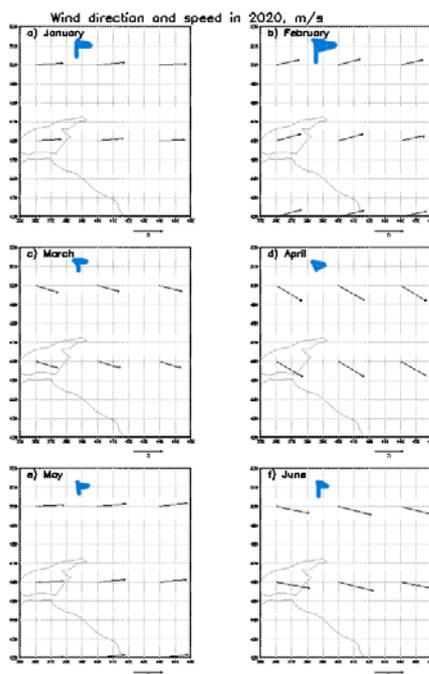


Рисунок 23 – Осредненные значения за месяц за 1 полугодие 2020 года
(а-январь, б-февраль, с-март, д-апрель, е-май, ф-июнь)

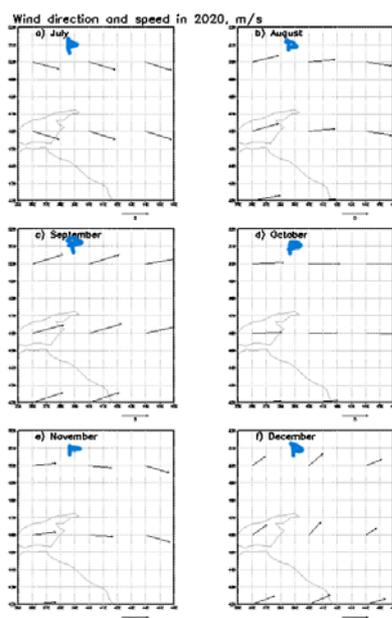


Рисунок 24 – Осредненные значения за месяц за 2 полугодие 2020 года
(а-июль, б-август, с-сентябрь, д-октябрь, е-ноябрь, ф-декабрь)

В ходе исследования можно отметить, что осредненные значения за месяц по направлению и скорости ветра в 2019 и 2020 году практически не отличались. Весной, а именно в марте и апреле, в 2020 году скорость ветра была больше, а это значит, что выбросы в атмосфере над Воронежской областью не накапливались, а перемещались в соседние области и регионы.

Также важно отметить, что весной 2020 года большая часть предприятий в Воронежской области приостанавливали свою работу на неопределенное время из-за введенного локдауна, что свидетельствует в пользу менее загрязненного воздуха.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе написания выпускной квалифицированной работы передо мной была поставлена задача проанализировать влияние карантина весной 2020 года на качество воздуха в городе Воронеж.

В результате работы мной были сделаны следующие выводы:

- 1 Анализ данных по выбросам показал, что в 2019 году практически по всем отраслям экономической деятельности было больше выбросов, чем в 2020 году, исключение составляет растениеводство и обеспечение электрической энергией. Не смотря на то, что в 2020 году объектов, имеющих выбросы, больше на 300.
- 2 Проанализировав разницу годового хода давления, мной было выявлено, что зимой, весной и осенью разница по давлению между 2019 и 2020г. больше, чем в летние месяца. Разница зимой составляет более 30 гПа. В 2019 году осадков больше, чем в 2020 году, что способствует большему вымыванию выбросов из атмосферы. Также весной 2019 года обильное количество осадков в марте и апреле способствует вымыванию всех накопленных за зиму вредных веществ из атмосферы, в 2020 году выбросы накопленные за зиму начинают вымываться из атмосферы только в мае и июне. Осредненные значения по ветру за месяц показывают, что направление ветра практически не изменялось, поэтому перенос выбросов с соседних регионов серьезным образом не отличается.
- 3 Рассмотрев влияние инверсий на накопление количества выбросов выявили, что в 2019г инверсия была 154 срока, в 2020 году 97 сроков. Больше количество случаев инверсии выявлено инверсия в январе, феврале, октябре, ноябре и декабре. Следовательно в 2019 году метеобстановка была более благоприятной для накопления загрязняющих веществ, чем в 2020 году.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. https://www.researchgate.net/publication/257349802_Livestock_farming_and_atmospheric_emissions
2. Крюкова С.В., Симакина Т.Е. Анализ загрязнения воздушного бассейна. Лабораторный практикум. – СПб.:РГГМУ, 2018. – 60 с
3. Интернет-портал «ВНИИГМИ-МЦДО» [Электронный ресурс]. – URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/>
4. Интернет-портал «University of Wyoming» [Электронный ресурс] - URL: <http://weather.uwyo.edu>
5. <https://www.mech4study.com/2017/09/thermal-power-plant-principle-parts-working-advantages-and-disadvantages.html>
6. Интернет-портал «коды ОКВЭД» [Электронный ресурс] - URL: <https://код-оквэд.рф>
7. Интернет-портал «Википедия» [Электронный ресурс] - URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Климат_Воронежа