



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

Кафедра экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская диссертация)

На тему: « Влияние стратосферного озона на климат южной Африки»

Исполнитель Окандз Грас Дорел
(фамилия, имя, отчество)

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

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Восканян Карина Левановна

(фамилия, имя, отчество)

« 03 » июня 2024 г.

Санкт-Петербург
2024

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 .Озоновый слой	4
1.1 История открытия озона. Приведенный слой озона.	4
1.2 Источники озона. Причины увеличения/деградации.	8
1.3 Пространственное распределение озона	11
1.4 Связь озона с солнечной активностью, общей циркуляцией атмосферы, метеорологическими явлениями.	12
2. Исходные данные	14
2.1 Физико-климатическая характеристика южной Африки	15
2.2 Формирование базы данных температуры и ОСО	27
3.1 Частотное распределение температуры и ОСО за пятилетний период.	36
3.2 Выявление сезонного хода температуры и ОСО	45
3.3 Выявление трендов по временным графикам температуры и ОСО	51
4. Механизмы взаимовлияния приземной температуры и ОСО	60
5. Корреляционный анализ температуры и ОСО	62
Заключение	66

Введение

Озон является одним из ключевых газов, играющих важную роль в атмосферной химии и физике. Его наличие в стратосфере обуславливает защитное действие озонового слоя, предотвращая проникновение ультрафиолетового излучения на поверхность Земли.

Южная Африка – регион с уникальным климатом и географическим положением. Здесь соседствуют различные климатические зоны, что делает его особо интересным для изучения влияния стратосферного озона на температуру. Наблюдения за изменениями температурных показателей в регионе позволяют проводить анализ и прогнозирование возможных изменений климата в целом.

В данной работе мы рассмотрим влияние состояния стратосферного озона на температуру воздуха на территории Южной Африки. Выполнен анализ данных наблюдений за последние пять лет. Целью настоящего исследования является выявление взаимосвязи между значением стратосферного озона и температурой воздуха в различные сезоны на станции Скрингбок. Мы предполагаем, что изменения общего содержания озона может оказывать значительное воздействие на климатические параметры в данном регионе и будем анализировать этот процесс с помощью статистического подхода.

Для выполнения цели поставлены следующие задачи

1. Получить физико-климатическую характеристику района исследования
2. Сформировать базу совместных данных, содержащих среднесуточные значения приземной температуры и общего содержания озона (ОСО) за период 2018-2022 гг. на станции срингбоке
3. Выполнить статистический анализ температуры и ОСО по годам, выявить тенденции изменений
4. Построить тренды температуры и ОСО
5. Сформулировать два возможных механизма воздействия ОСО на температуру. Выполнить корреляционный анализ значений температуры и ОСО, выявить периоды с максимумами корреляции.
6. Результаты исследования могут быть полезны для понимания взаимосвязей между состоянием стратосферного озона и климатическими изменениями в регионе Южной Африки. Это позволит разработать более точные модели прогнозирования изменений в климате и выработать рекомендации по снижению негативного влияния антропогенного загрязнения на окружающую среду.

Работа состоит из 5 глав, которые сгруппированы в две части, в одной из которых рассказывается об истории стратосферного озона, причинах его увеличения и разрушения, а также о погодных явлениях. в другой части рассказывается о взаимосвязи между стратосферным озоном и температурой в Южной Африке в теплое и холодное время года

1 .Озоновый слой

Озоновый слой — это общий термин для обозначения высококонцентрированного озона, который существует в стратосфере на высоте от 15 до 30 км над поверхностью Земли. Он покрывает всю планету и защищает жизнь на Земле, поглощая вредные ультрафиолетовые лучи Солнца. Длительное воздействие ультрафиолетового излучения В связано с раком кожи, катарактой, генетическими повреждениями, подавлением иммунной системы организмов и снижением продуктивности сельскохозяйственных культур и пищевых цепей.

Атмосферные данные показывают, что озон разрушающие вещества разрушают стратосферный озон и истончают озоновый слой Земли.

Озон разрушающими веществами являются хлорфторуглероды (ХФУ), галоны, четыреххлористый углерод (CCl_4), метилхлороформ (CH_3CCl_3), гидрофторбромуглероды (ГБФУ), хлорфторуглероды (ГХФУ), бромистый метил (CH_3CCl_3), и бромхлорметан (CH_2BrCl). Они разрушают озоновый слой, выбрасывая атомы хлора и брома в стратосферу, где они разрушают молекулы озона. Эти и другие озон разрушающие вещества также в разной степени способствуют глобальному потеплению.

1.1 История открытия озона. Приведенный слой озона.

Озон находится в приземной атмосфере Земли и регулярно измеряется с 1873 года. Однако озон был открыт в верхних слоях атмосферы только в 1881 году ирландским химиком Хартли в результате поглощения ультрафиолетового света Солнца. Достаточно точное измерение общего содержания озона в атмосфере было проведено лишь в 1920 году Фабри и Бюиссоном с помощью двойного спектрометра. С тех пор методы измерения

озона быстро развивались. Исследования Ламбера, Дежардена, Шаронжа и Добсона с 1926 по 1928 год. Было обнаружено, что основное количество озона в атмосфере находится в стратосфере на высоте от 20 до 50 км.



Рис 1 : Озоновый слой

<https://kipmu.ru/wp-content/uploads/ozon.jpg>

Ценность стратосферного озона определяется его оптическими свойствами способностью поглощать ультрафиолетовое излучение Солнца с длинами волн ниже 280-300 нм. Основной полосой поглощения озона является полоса Хартли, простирающаяся от 200 до 300 нм. Внутри этой полосы электронного поглощения на весь континуум наложено множество дополнительных слабых полос, расположенных на расстоянии около 1 нм друг от друга. Максимальное поглощение в полосе Хартли достигает 132 см/1 при длине волны –253,65 нм. Это означает, что слой озона толщиной 3 мм при нормальном давлении ослабит излучение в 1040 раз. Полоса Хартли прилегает к области более слабых полос Хиггинса (Геггинса), которые занимают диапазон длин волн от 300 до –360 нм. В этой области на довольно слабом фоне континуума наблюдаются довольно резкие минимумы и максимумы, которые используются для измерения содержания озона путем уменьшения излучения внеземных источников света Земля – Солнце, Луна, звезды. Озон имеет слабое поглощение в видимой части спектра, в диапазоне длин волн от 440 до 850 нм (полоса Шаппюи). Некоторые из полос колебательного поглощения озона находятся в инфракрасной части спектра. Из них наиболее интересной

является узкая, но сильная полоса поглощения при $\lambda = 9,57$ мкм (волновое число 1043 см/1).

Поглощение в этом диапазоне уходящего от Земли теплового излучения было использовано для измерения общего содержания озона (222, 263, 265) с спутников и, с некоторыми ограничениями, распределения по его вертикали.

Сильное поглощение озона в ультрафиолетовой части спектра не позволяет биологически активному солнечному излучению достичь поверхности Земли в диапазоне 250-320 нм, разрушая важнейшие биологические элементы – белки и нуклеиновые кислоты.

Кроме того, поглощение ультрафиолетового излучения озоном приводит к нагреву озон содержащей стратосферы и во многом определяет ее тепловой режим и, следовательно, динамические процессы, происходящие в стратосфере.

Озон в стратосфере образуется из основного компонента атмосферы— молекулярного кислорода под действием ультрафиолетового излучения Солнца в результате фотохимических.

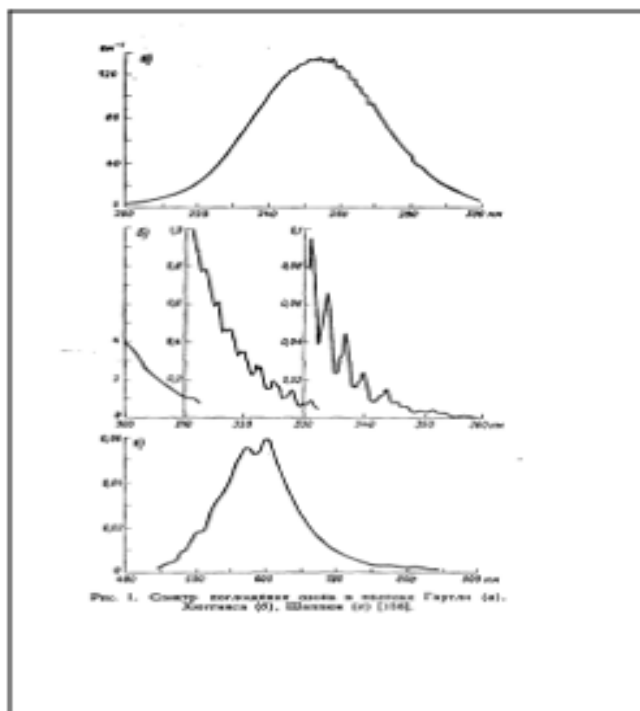
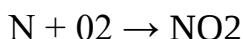


Рис. 2. Спектр поглощения озона в полосах Гартли (а), Хюггинса (б), Шаппюи (в).

важнейшими из них в настоящее время считаются реакции азотного каталитического цикла (цикла окислов азота):



Другим возможным источником оксидов азота в стратосфере может быть диссоциация молекулярного азота под действием жесткого ультрафиолетового излучения Солнца на высотах выше 80 км, космических лучей и под действием радиации частиц, особенно электроны высоких энергий, могут проникать в стратосферу в средних и высоких геомагнитных широтах. Образующийся атом азота быстро реагирует с молекулярным кислородом:



. На рис. 3 показано изменение состояния озонового слоя Земли с 1960 г. по настоящее время и примерный сценарий его развития до конца XXI в. Ученые правильно смоделировали наклон кривой истощения озонового слоя в прошлом (эллипс 1) и время начала его восстановления (эллипс 2). Однако

На рис. ! показана концептуальная диаграмма изменения состояния озонового слоя в период с 1960 по 2100 г. [Красовский, А. Н. Взаимодействие системы "атмосферный озон - климат" / А. Н. Красовский, Л. Турышев // Наука и инновации. – 2011. – № 4(98). – С. 14-16]. Черной ломаной линией показаны измеренные значения содержания озона в атмосфере, красной кривой — усредненное сглаженное состояние количества озона, наблюдаемого в настоящее время и прогнозируемого в будущем. Уровень отсчета Монреальского протокола 1980 г. показан сплошной горизонтальной линией. Разброс предсказаний различных моделей показан областью, закрашенной красным цветом. Пунктирными эллипсами очерчены три этапа восстановления озона. Прогноз времени и темпов полного восстановления озона (эллипс 3) не кажется убедительным, что связано с постоянным изменением как динамики, так и химического состава атмосферы.

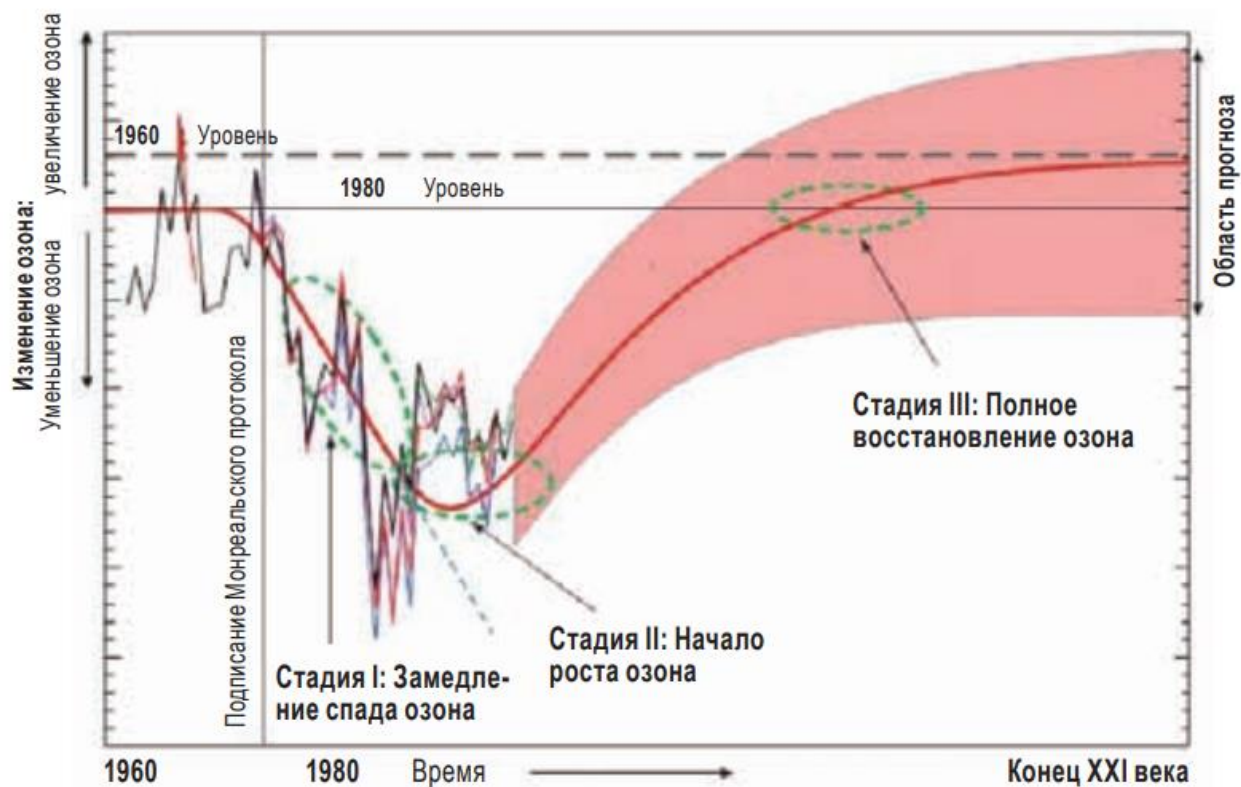


Рис. 3 . Концептуальная диаграмма изменения состояния озонового слоя в период с 1960 по 2100 г. [Красовский, А. Н. Взаимодействие системы "атмосферный озон - климат" / А. Н. Красовский, Л. Турышев // Наука и инновации. – 2011. – № 4(98). – С. 14-16].

1.2 Источники озона. Причины увеличения/деградации.

1.1.1 Источники озона

Озоновая дыра в Антарктике имеет более длинные рукава, чем мы думаем. Считается, что потеря озона над Антарктидой является причиной наблюдаемого повышения температуры в начале лета в течение 20 лет на юге Африки.

Десмонд Манатса, климатолог из Университета Биндура в Зимбабве, и его коллеги проанализировали климатических данных Южной Африки с 1979 по 2010 год, до и после появления большой озоновой дыры в Антарктиде.

Оказывается, размер озоновой дыры влияет на розу ветров, тем самым вызывая глобальное потепление. Дыра в озоновом слое Антарктиды, по-видимому, является причиной более теплого лета на юге Африки.

«Озоновая дыра — характерная черта Южного полушария», — отмечает специалист по атмосфере Тед Шепард из Университета Рединга (Великобритания). «Сначала мы думали, что его влияние ограничивается средними и высокими широтами, но становится все более очевидным, что оно влияет и на низкие широты».

Площадь озоновой дыры меняется в течение года. Его пик приходится на весну (в Южном полушарии), что значительно охлаждает полярную стратосферу. В результате пояс сильного западного ветра, вращающийся вокруг Антарктиды, приближается к поясу, в результате чего пояс оказывает влияние на давление в соседних районах. Г-н Манаца обнаружил, что увеличение размеров озоновой дыры совпало с формированием летом континентального шторма Ангола (область низкого давления), приносящего теплый воздух из низкой широты в Южную Фи, повышая температуру приземного воздуха. Антарктическая озоновая дыра также увеличивает частоту и интенсивность летних дождей в субтропических регионах Южного полушария, особенно в южной части Индийского океана и восточной Африке.

Метеорологический мониторинг показывает, что озоновая дыра, достигшая максимального размера в 2006 году (28,5 миллиона квадратных километров), сейчас сокращается. Около исследований показали, что он может исчезнуть к 2065 году. Когда это произойдет, летняя температура на юге Африки снизится.

1.1.2 Причины увеличения ОСО

Согласно исследованиям разрушения стратосферного озона, причины разрушения озона можно разделить на два типа: естественные процессы и антропогенная деятельность.

Антропогенная деятельность

Выбросы хлорфторуглеродов (ХФУ). Высоколетучие ХФУ, используемые в качестве растворителей, хладагентов, пенообразователей, обезжиривающих

средств, аэрозольных пропеллентов и огнетушителей (галонов), ответственные за разрушение озонового слоя.

Нерегулируемые запуски ракет. Исследования показали, что нерегулируемые запуски ракет могут привести к большему разрушению озонового слоя, чем ХФУ.

Глобальное потепление. Глобальное потепление и парниковый эффект также способствуют истощению озонового слоя. Из-за парникового эффекта тепло, излучаемое поверхностью Земли, задерживается в тропосфере и не может достичь уровня стратосферы. Таким образом, стратосфера остается холодной, и эта низкая температура вызывает истощение озона в стратосфере.

Выбросы азотистых соединений. Азотистые соединения, такие как NO, N₂O и NO₂, выделяющиеся при сжигании ископаемого топлива, транспортных средствах и сельскохозяйственных пестицидах, считаются главными виновниками разрушения озонового слоя.

1.2.3 Причины деградации озона

Естественные факторы: Для образования озона вам необходимо солнечное излучение. Поэтому во время полярных ночей процесс останавливается, но регистрируются природные факторы, влияющие на разрушение. Из-за полярных вихрей и азотнокислых полярных стратосферных облаков тонкий слой. В умеренных, тропических и экваториальных широтах этот процесс менее заметен.

Антропогенные факторы: Основной причиной истончения антирадиационного слоя считают хлорфторуглероды (ХФУ). Эти вещества стабильны и не представляют опасности для человека, но при взаимодействии с воздухом способствуют растворению молекул озона.

Основной причиной истончения антирадиационного слоя считают хлорфторуглероды (ХФУ). Эти вещества стабильны и не представляют опасности для человека, но при взаимодействии с воздухом способствуют растворению молекул озона.



Рис 4: Антропогенные причины разрушения озонового слоя

<https://cleanbin.ru/wp-content/uploads/2019/12/ozone-reasons.jpg>

Запуск спутников и ракет - При прохождении ракеты через стратосферу ее двигатели выделяют огромное количество газов (оксиды азота, углекислый газ). По мнению некоторых исследователей, 300 запусков космического челнока было бы достаточно для полного истощения озонового слоя.

1.3 Пространственное распределение озона

Озон постоянно образуется и распадается в атмосфере. Большая часть озона образуется в стратосфере (высокие слои атмосферы) в экваториальных районах. Однако если мы посмотрим на распределение озона по широтам Земли, то увидим, что как раз над экватором в стратосфере концентрация озона минимальна.

Возникает вопрос: «почему же так происходит?» Казалось бы, там, где озон в основном образуется, там его и должно быть больше всего. Дело в том, что в экваториальных широтах (как указано выше, высота озонового слоя там около 25 километров) озон не только образуется в больших количествах — он так же быстро и распадается. Потoki солнечного излучения разбивают молекулы озона, а также он разрушается и в результате реакций с атомарным

кислородом. Среднее время жизни молекулы озона над экваториальными районами составляет всего несколько часов. Опускаясь из-за большей плотности и с нисходящими потоками в более нижние слои («озоновый дождь», о котором сказано выше), озон одновременно двигается с массами воздуха.

В более высоких широтах время жизни молекулы намного больше (в полярных районах молекула существует до распада в среднем сто суток), поэтому, несмотря на то, что озон образуется в высоких слоях экваториальной атмосферы, его содержание выше в более низких слоях атмосферы более высоких широт (рис.2.). Это правило (увеличение концентрации озона от тропических к полярным областям и от более высоких слоёв к более низким) носит название принципов Дютша–Добсона и Добсона-Норманда соответственно.

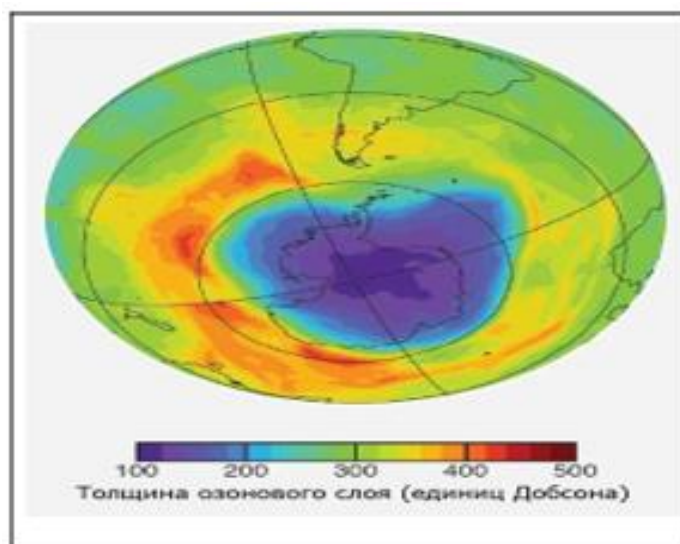


Рис.5. Распределение озона

https://studfile.net/html/2706/961/html_1lx3AyWEQU.PQqE/img-KXDslI.png

1.4 Связь озона с солнечной активностью, общей циркуляцией атмосферы, метеорологическими явлениями.

Корреляция между солнечным ультрафиолетовым (УФ) излучением и атмосферным озоном хорошо понятна. Было зарегистрировано снижение концентрации стратосферного озона, что привело к повышению уровня солнечного ультрафиолетового излучения на поверхности. Высокие уровни

солнечного ультрафиолетового излучения могут иметь потенциальные негативные последствия для здоровья населения. Это исследование было проведено с целью определить, влияет ли разрушение озоновой дыры в Антарктике на озон в стратосферном столбе (SCO) и, таким образом, на уровне окружающего солнечного УФ-В излучения в Кейп-Пойнт, Великобритания, Южная Африка, с 2007 по 2016 год. Мы изучили корреляцию между УФ-индекс рассчитывается на основе наземных измерений солнечного УФ-В-излучения и собранных данных о столбце озона, полученных со спутника. Самая сильная анти- корреляция в ясные дни обнаруживается при зенитном угле Солнца 25° с экспоненциальными подобранными значениями R^2 0,45 и 0,53 соответственно для общего содержания озона в столбе и SCO. Средний коэффициент радиационного усиления составляет 0,59 для всех СВА, рассчитанных для ясных дней.

Модель MIMOSA-CHIM показывает, что полярный вихрь оказывает ограниченное влияние на концентрацию озона. тропические воздушные массы все чаще воздействуют на исследуемую территорию, что требует дальнейших исследований.

Солнечное ультрафиолетовое (УФ) излучение является частью спектра электромагнитной энергии, излучаемой Солнцем. Солнечное ультрафиолетовое излучение охватывает диапазон длин волн от 100 до 400 нм; однако не все длины волн достигают Земли.

Солнечное ультрафиолетовое излучение делится на диапазоны UVA, UVB и UVC в зависимости от длины волны.

Полосы УФ-С и УФА включают самые короткие и самые длинные волны соответственно.

Часть спектра УФ-В охватывает диапазон длин волн от 280 до 315 нм (ВОЗ, 2017). Причина такого разделения УФ-излучения кроется в больших различиях биологических эффектов, связанных с разными длинами волн. Кроме того, взаимодействие различных УФ-диапазонов с компонентами атмосферы приводит к изменению УФ-излучения, достигающего поверхности: все УФ-С и ~90 % УФ--излучения поглощаются, при этом УФА-диапазон практически не затрагивается. На количество солнечного УФ--излучения на поверхности Земли сильно влияет количество озона в атмосфере (Лукас и Понсонби, 2002), а также ряд других факторов, таких как высота над уровнем моря и зенитный угол Солнца (SZA), широта и высота. загрязнение

окружающей среды. SZA оказывает значительное влияние на количество поверхностного солнечного излучения UV-B в ясные дни и при низком уровне загрязнения атмосферный озон (около 90% которого находится в стратосфере) поглощает солнечное УФ-В-излучение (Fahey and Hegglin, 2011). Исследование, проведенное на юге Бразилии, выявило сильную корреляцию между озоном и солнечным УФ-излучением в ясные дни с использованием фиксированного.

В нашем анализе изучалась корреляция между атмосферным озоном и солнечным ультрафиолетовым излучением над Западно-Капской Республикой, Южная Африка. Наши исследовательские цели заключаются в следующем: определить климатологию солнечного УФ-В-излучения и климатологию ОСО и озона в стратосферном столбе (SCO) для Кейп-Пойнт, Южная Африка; определить ясные дни в Кейп-Пойнте и использовать их для анализа корреляции между солнечным УФ-В-излучением и ТОС, с одной стороны, и солнечным УФ-В-излучением и SCO, с другой стороны; определить явления низкого содержания ТОС и SCO в Кейп-Пойнте в весенние и летние месяцы; использовать транспортное моделирование для определения причин низких концентраций озона в воздухе, наблюдаемых во время выявленных явлений низкого содержания озона; и изучить, способствовала ли антарктическая озоновая дыра явлению низкого содержания озона, выявленному в Кейп-Пойнте. Насколько нам известно, эти цели ранее не изучались в контексте Южной Африки и связаны с увеличением солнечного УФ-В-излучения в Южной Африке, что напрямую связано с разрушением озонового слоя в Антарктиде.

2. Исходные данные

За 5 лет мы смогли наблюдать данные о температуре и общем содержании озона в Южной Африке именно в городе спрингбок. мы смогли собрать данные с разных сайтов, таких как канадский сайт и расписание погода (rp5), наблюдение за данными проводилось с 2018 по 2022 г

2.1 Физико-климатическая характеристика южной Африки

Климат Южной Африки определяется ее расположением между 22 и 35 градусами южной широты в субтропической зоне южного полушария и между двумя океанами, Атлантическим и Индийским океанами.

Она имеет большее разнообразие климата, чем большинство других стран Африки к югу от Сахары, и более низкие средние температуры, чем другие страны в этом широтном диапазоне. Австралия, поскольку большая часть ее внутренних районов (центральное плато или высокий пояс, включая Йоханнесбург) находится выше Южной Африки.

Зимние температуры могут достигать минусовых температур в высокогорье, но самые мягкие в прибрежных районах, особенно в Квазулу-Натале и, возможно, в Восточно-Капской провинции.

Холодные и теплые прибрежные течения, текущие на северо-запад и северо-восток соответственно, объясняют различия в климате между западным и восточным побережьями. На погоду также влияет Южное колебание Эль-Ниньо.

2.1.1 Температура

Южная Африка имеет типичный климат для южного полушария: Самые холодные дни бывают с июня по август. На центральном плато, которое включает провинции Свободное государство и Гаутенг, средняя температура в горах ниже 20 ° C (68 ° F). Например, высота Йоханнесбурга составляет 1753 метра (5751 фут). Зимой температура может опускаться ниже нуля из-за большой высоты. Зимы самые теплые в прибрежных районах, особенно на восточном побережье Индийского океана. Погода теплого сезона находится под влиянием Южного колебания Эль-Ниньо (ЭНСО).

В Южной Африке во время Эль-Ниньо становится жарче, а районы с дождливым летом становятся суше, а Ла-Нинья приносит более прохладные и влажные условия.

Средние температуры (° C) в Южной Африке					Средние температуры (° F) в Южной Африке				
Город	Лето (январь)		Зима (Июль)		Город	Лето (январь)		Зима (Июль)	
	Макс °	Мин °	Макс °	Мин °		Макс °	Мин °	Макс °	Мин °
Апингтон	36	20	21	4	Блумфонтейн	87,8	59	62,6	28,4
Блумфонтейн	29	15	15	−2	Кейптаун	78,8	60,8	64,4	44,6
Восточный Лондон	26	18	19	10	Дурбан	82,4	69,8	73,4	51,8
Джордж	25	15	15	7	Восточный Лондон	78,8	64,4	69,8	50
Дурбан	28	21	23	11	Джордж	77	59	66,2	44,6
Йоханнесбург	26	15	17	4	Йоханнесбург	78,8	59	68	39,2
Кейптаун	26	16	16	7	Кимберли	91,4	64,4	66,2	37,4
Кимберли	33	18	19	3	Мтата	80,6	60,8	69,8	39,2
Мтата	27	16	21	4	Мусина	93,2	69,8	77	44,6
Мусина	34	21	25	7	Нельспрут	84,2	66,2	73,4	42,8
Нельспрут	29	19	23	6	Питермарицбург	82,4	64,4	73,4	37,4
Питермарицбург	28	18	23	3	Полокване	82,4	62,6	68	39,2
Полокване	28	17	20	4	Порт-Элизабет	77	64,4	68	48,2
Порт-Элизабет	25	18	20	9	Претория	84,2	64,4	75,2	41
Претория	29	18	18	5	Ричардс Бэй	84,2	69,8	73,4	53,6
Ричардс Бэй	29	21	23	12	Скукуза	91,4	69,8	78,8	42,8

2.1.2 Осадки

Южная Африка — солнечная страна, в большинстве регионов которой светит в среднем от 8 до 10 часов в день. [2] Среднегодовое количество осадков в Южной Африке составляет примерно 464 мм (в среднем по миру — 786 мм [3]), но часто случаются большие и непредсказуемые колебания. Обычно количество осадков больше всего на востоке и постепенно уменьшается к западу. На западной оконечности Южной Африки есть несколько полупустынных территорий. На большей части страны дожди идут преимущественно летом, а во второй половине дня случаются кратковременные грозы. Исключением является Западный Кейп и его столица Кейптаун, где средиземноморский климат с дождливой зимой. [4] Зимой снег выпадает на высоких горах мыса и Драконовых гор.

2.1.3 Климатические зоны

Климатические зоны часто называют сезонными режимами осадков. Зимние дожди ограничиваются относительно небольшой территорией вокруг Западного Кейпа на юго-западе, с мая по август дождей мало, но лето сухое. Площадь летних осадков самая большая, охватывающая большую часть страны к северу от прибрежных районов и засушливые пустыни северо-запада. Дождь выпадает с октября по февраль, становясь все сильнее и чаще по мере продвижения с запада на восток Регион, где летом и зимой идут дожди, — это Восточный Кейп. На северо-западе находится засушливый регион, а самые засушливые регионы находятся на северо-западном побережье. Растительность имеет тенденцию меняться в зависимости от климатической зоны, а также соответствует садоводческой зоне.

В Йоханнесбурге сухой солнечный климат в летние месяцы с октября по апрель, за исключением редких послеобеденных дождей. Из-за высоты города температура в городе, как правило, довольно умеренная: Средняя дневная максимальная температура в январе составляет 26 °C (78,8 °F); °F). в июне. Зима – самое солнечное время года, с прохладными днями и холодными ночами. Ночью температура иногда опускается ниже нуля, вызывая заморозки. Снег - редкое явление: снегопады выпадали в мае 1956 г., августе 1962 г., июне 1964 г., сентябре 1981 г., августе 2006 г. (легкий), 27 июня 2007г. в пригороде, 7 августа 2012 г. и последний раз 10 июля 2023 г. Зимой регулярные холодные фронты проходят, принося очень холодные южные ветры, но обычно ясное небо. Среднегодовое количество осадков составляет 713 миллиметров (28,1 дюйма), которые в основном концентрируются в летние месяцы. В зимние месяцы ливни случаются нечасто.

Западно-Капская провинция имеет средиземноморский климат с теплой или жаркой, сухой, солнечной погодой летом и мягкой дождливой зимой.

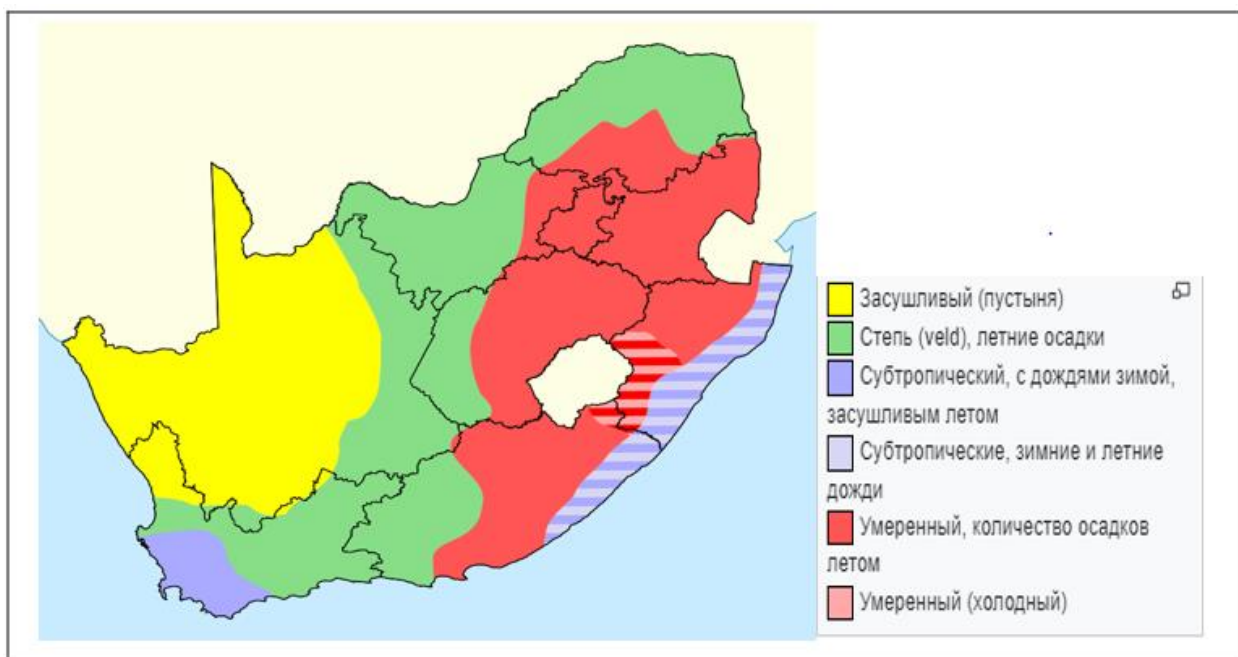


Рис2.1 распределение климатических
 зонах https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c8/Koppen-Geiger_Map_ZAF_present.svg/1280px-Koppen-Geiger_Map_ZAF_present.svg.png

2.1.4 Изменение климата

Изменение климата в Южной Африке приводит к повышению температуры и более изменчивому количеству осадков. Есть свидетельства того, что изменение климата увеличивает важность экстремальных погодных явлений. Это является серьезной проблемой для южноафриканцев, поскольку изменение климата влияет на общее состояние здоровья и благополучие страны, например, в отношении водных ресурсов. Как и во многих других частях мира, исследования климата показывают, что настоящие проблемы Южной Африки больше связаны с окружающей средой, чем с вопросами развития. Наиболее серьезное воздействие оказывается на водоснабжение, при этом существенное воздействие оказывается на сельскохозяйственный сектор. Быстрое изменение окружающей среды оказывает значительное воздействие на общество и окружающую среду во многих аспектах и измерениях, от качества воздуха, температуры и погодных условий до продовольственной безопасности, и бремени болезней.

Ожидается, что различные последствия изменения климата для сельских районов будут включать засуху, истощение водных ресурсов и

биоразнообразия, эрозию почвы, упадок натурального сельского хозяйства и утрату культурной деятельности.

Южная Африка вносит основной вклад в выбросы CO₂ и является 14-м крупнейшим источником выбросов CO₂. Выбросы CO₂ в Южной Африке на 9,5 тонны превышают средний мировой уровень. Выбросы на душу населения в 2015 году составили 2. Это связано прежде всего с тем, что энергетическая система страны сильно зависит от угля и нефти. В рамках международных обязательств Южная Африка обязалась достичь пика выбросов в период с 2020 по 2025 год.



Рис 2.2: Изменение климата повлияет на сельское хозяйство в Южной Африке

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a1/Vignes_palissées_à_Stellenbosch.jpg/1200px-Vignes_palissées_à_Stellenbosch.jpg

2.1.5 метеорологическими явлениями.

В Спрингбок (южная Африка) летом долгое, теплое, засушливое и ясное, а зимой холодные, сухие, ветреные и малооблачные. В течение года температура обычно колеблется от 7 °C до 28 °C и редко бывает ниже 3 °C или выше 33 °C.

2.1.6 Облачность

В Спрингбоке средний процент облачного покрова в небе претерпевает значительные сезонные колебания в течение года.

Самая светлая часть года в Спрингбоке начинается примерно 18 ноября и длится 4,5 месяца, заканчиваясь примерно 3 апреля. Самый ясный Месяц в году в Спрингбоке-февраль, в течение которого небо в среднем ясное, преимущественно ясное или переменная облачность в 92% случаев.

Самая облачная часть года начинается примерно 3 апреля и длится 7,5 месяцев, заканчиваясь примерно 18 ноября. Самый облачный месяц в году в Спрингбоке-май, в течение которого небо в среднем облачное или преимущественно Региональное в 28% случаев.

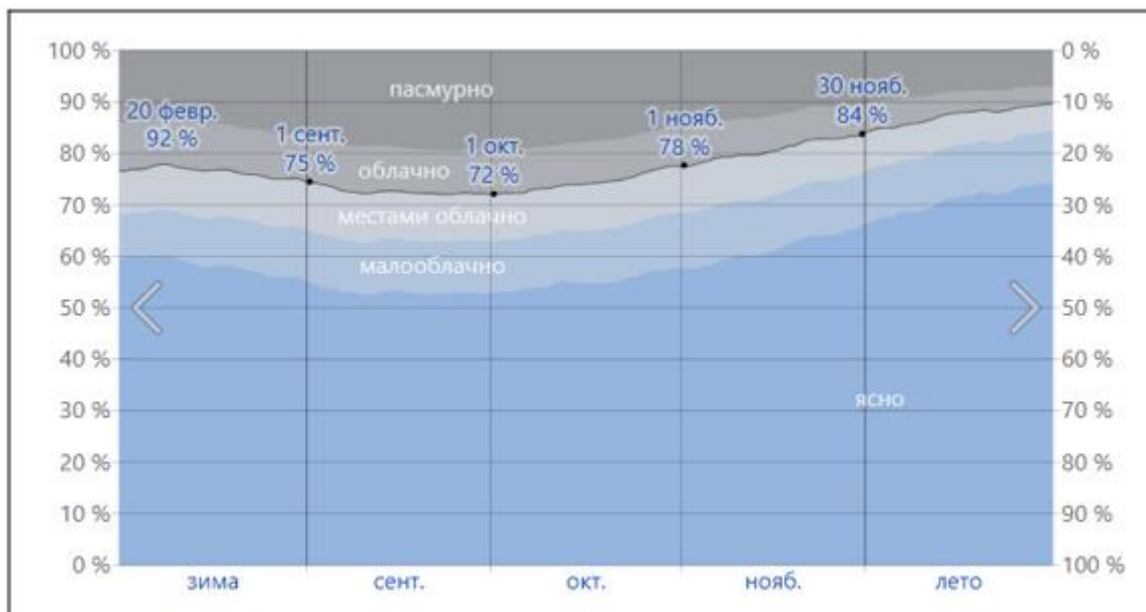


Рис 2.3: Категории облачности в Спрингбок

<https://weatherspark.com/s/81934/0/Average-Spring-Weather-in-Springbok-Northern-Cape-South-Africa#Figures-CloudCover>

2.1.7 ОСАДКИ

Влажный день - это день, когда выпадает не менее 1 миллиметр жидких осадков или осадков в жидком эквиваленте. В Спрингбок вероятность сырого дня на протяжении май постепенно повышается, начиная с 6 % и заканчивая 10 %. Для справки: самая высокая суточная вероятность сырого дня в году составляет 11 % 9 июня, а самая низкая - 2 % 11 декабря.

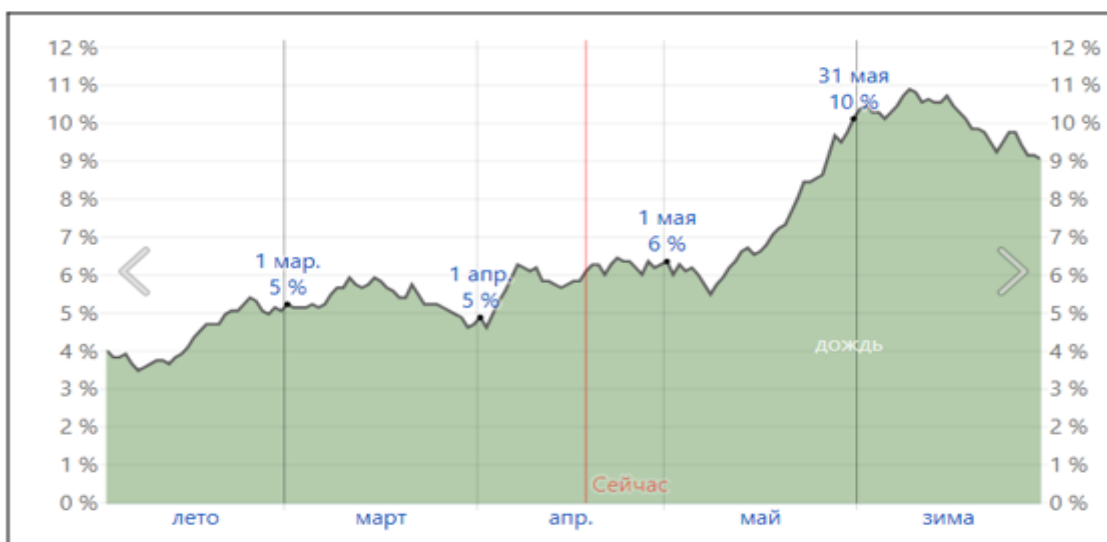


Рис2.5: Вероятность осадков в май в Спрингбок

2.1.8 Дождевые осадки

Чтобы показать изменения в течение месяца, а не только ежемесячную сумму, мы показываем количество осадков, накопленных за 31-дневный скользящий период, ориентированный на каждый день. Среднее количество осадков за подвижный 31-дневный период в мае в Спрингбоке практически не изменилось, оставаясь на уровне около 18 миллиметров и редко превышая 48 миллиметров.

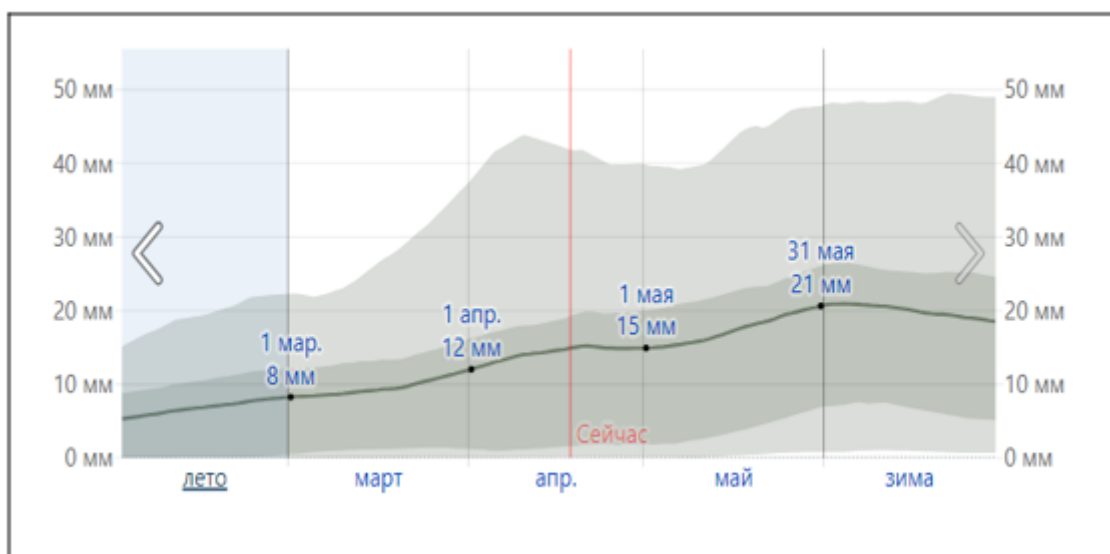


Рис2.6: Среднемесячное количество дождя в май в Спрингбок

<https://weatherspark.com/s/81934/3/Average-Winter-Weather-in-Springbok-Northern-Cape-South-Africa#Figures-Rainfall>

умеренные и сильные дожди были зарегистрированы на севере Анголы, севере Замбии, севере и юге Мозамбика, а также на восточном побережье Мадагаскара. Дожди от умеренных до умеренных были зарегистрированы в Намибии, Южной Ботсване, Южной Африке, Лесото и Эсватини. Южная часть Анголы, большая часть Замбии, Северная Ботсвана, Зимбабве, Южная Малави и центральный Мозамбик были засушливыми (рис.1, 12). Мадагаскар, связанный с тропическим штормом Филиппо, обрушившимся на сушу в Центральном Мозамбике. Количество осадков было значительно ниже среднего, с дефицитом от 100 до 500 мм на обширных территориях от Восточной Анголы, Замбии, Зимбабве, Северо-Восточной Намибии, северной, западной и Южной Ботсваны до Центральной и Южной Ботсваны. к востоку от центральный Мозамбик, Юг Малави, а также центральная и восточная части Южной Африки. Отсутствие осадков в регионе уже привело к снижению влажности почвы, что оказало негативное влияние на сельское хозяйство и животноводство, что привело к умеренной или сильной засухе во многих частях субрегиона.

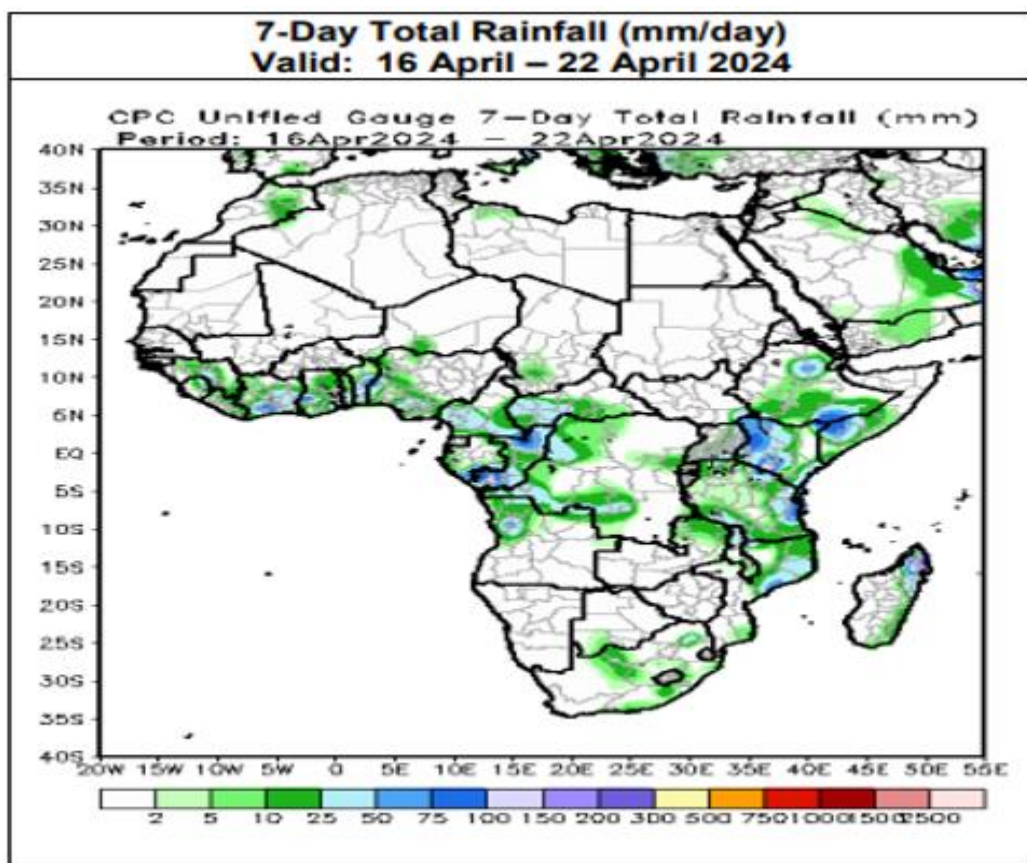


Рис2.7: Спутниковая оценка общего количества осадков за 7 дней (мм)

https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/fews/africa_hazard.pdf

2.1.9 Влажность

Мы основываем комфортный уровень влажности на точке росы, так как она определяет, испаряется ли пот с кожи, охлаждая тело. Более низкая точка росы создает ощущение большей сухости, а более высокая точка росы создает большую влажность. В отличие от температуры, которая обычно значительно колеблется между днем и ночью, точка росы имеет тенденцию меняться медленнее, так что, хотя температура может падать ночью, влажный день обычно сменяется влажной ночью. Вероятность того, что в любой конкретный день в Спрингбоке будет влажно, практически не меняется на протяжении всего мая и постоянно остается на уровне около 0 %.

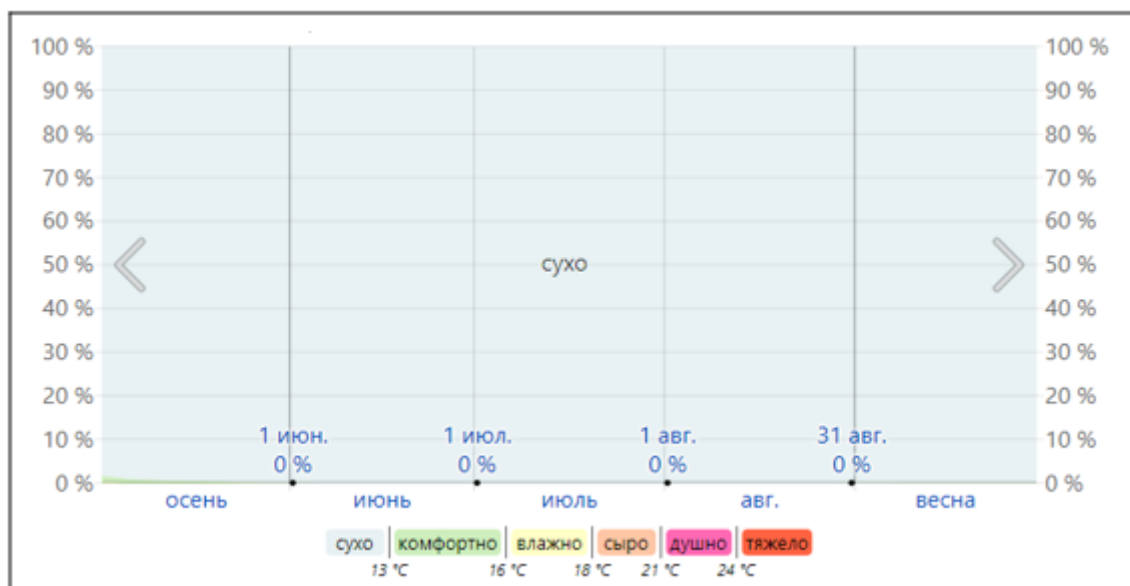


Рис 2.8: Комфортные уровни влажности зимой в Спрингбок
<https://weatherspark.com/s/81934/3/Average-Winter-Weather-in-Springbok-Northern-Cape-South-Africa#Figures-Rainfall>

2.1.10 Ветер

В этом разделе описывается средний часовой вектор ветра (скорость и направление) на большой площади на высоте 10 метров над землей. Ветер, наблюдаемый в данном месте, во многом зависит от местной топографии и других факторов, а мгновенная скорость и направление ветра варьируются более широко, чем в среднем за час. Средняя почасовая скорость ветра в Спрингбоке практически не меняется в течение зимы, оставаясь примерно плюс-минус 0,6 километра в час из 16,6 километра в час.

Для справки: 25 декабря, в самый ветреный день в году, среднесуточная скорость ветра составляет 17,7 километра в час, а 31 марта, в самый тихий день в году, среднесуточная скорость ветра составляет 14,6 километра в час.

Максимальная среднесуточная скорость ветра зимой составляет 17,2 километра в час 29 июня. Самая высокая среднесуточная скорость ветра зимой составляет 17,2 километра в час 29 июня

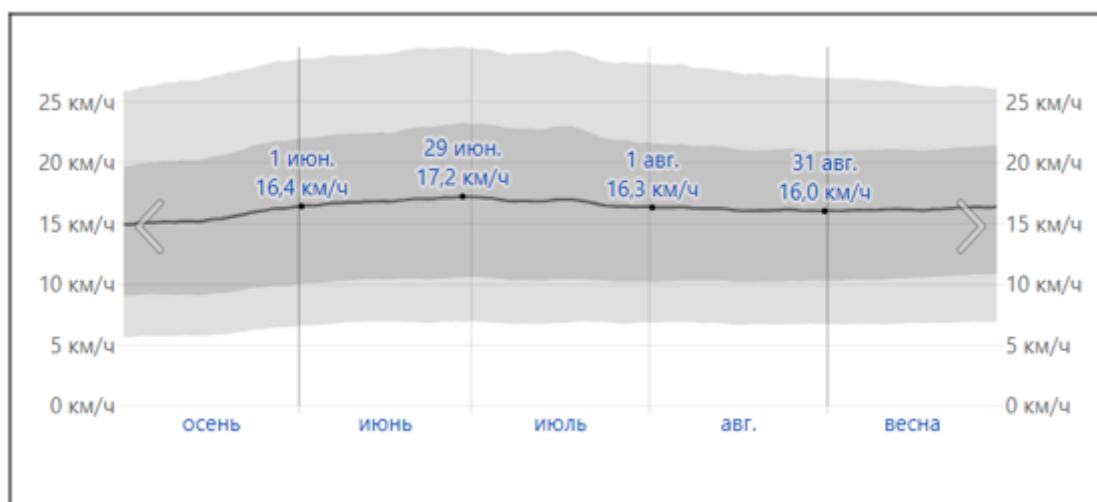


Рис 2.9: Средняя скорость ветра зимой в Спрингбок

<https://weatherspark.com/s/81934/3/Average-Winter-Weather-in-Springbok-Northern-Cape-South-Africa#Figures-Rainfall>

2.1.11 Грозы

Грозы могут возникать в сезон дождей, обычно с октября по апрель. Грозы могут сопровождаться проливными дождями, градом и сильным ветром.

С другой стороны, следует отметить, что регион также подвержен периодам засухи, особенно в летние месяцы. Это может повлиять на водоснабжение и условия ведения сельского хозяйства. Пыльные бури также распространены из-за сильных ветров и засухи.

Условия наводнений на водно-болотных угодьях Суд в Южном Судане немного улучшились. Необычные периоды засухи наблюдались в центральной и южной Анголе, Намибии, Замбии, Ботсване, Зимбабве, а также в южно-центральной и южной Малави из-за позднего начала сезона дождей, недостаточного количества осадков и длительных периодов засухи. Северный и центральный Мозамбик, центральная и южная часть Южной Африки и северный Мадагаскар также столкнулись с дефицитом осадков от 50 до 100 мм за последние 30 дней. За последние два месяца значительный дефицит привел к сильной засухе в восточной Анголе, западной и центральной Замбии, северо-восточной Намибии, северной и восточной Ботсване, значительной части Зимбабве, центральном Мозамбике, центральной и восточной части Южной

Африки и Лесото. Наводнения продолжаются на востоке Демократической Республики Конго и в Бурунди.

Сильные дожди и грозы обрушились на юг Танзании, вызвав наводнения и оползни в округе Бариади, округе Симию и городе Дар-эс-Салам, что привело к жертвам и разрушениям. Кроме того, наводнение на реке Нгеренгере в регионе Морогоро в Танзании унесло жизни человек. Осадки, превышающие норму, продолжают вызывать наводнения в восточной Анголе и северной Замбии, вызывая гибель людей и разрушения. По сообщениям, проливные дожди вызвали наводнение в районе Гисеньи округа Рубаву Западной провинции Руанды, что привело к человеческим жертвам. Недавние осадки, превышающие средний уровень, продолжают вызывать наводнения на юге Конго, западе Демократической Республики Конго, северо-западе Анголы, а также на севере и в центре Мадагаскара.

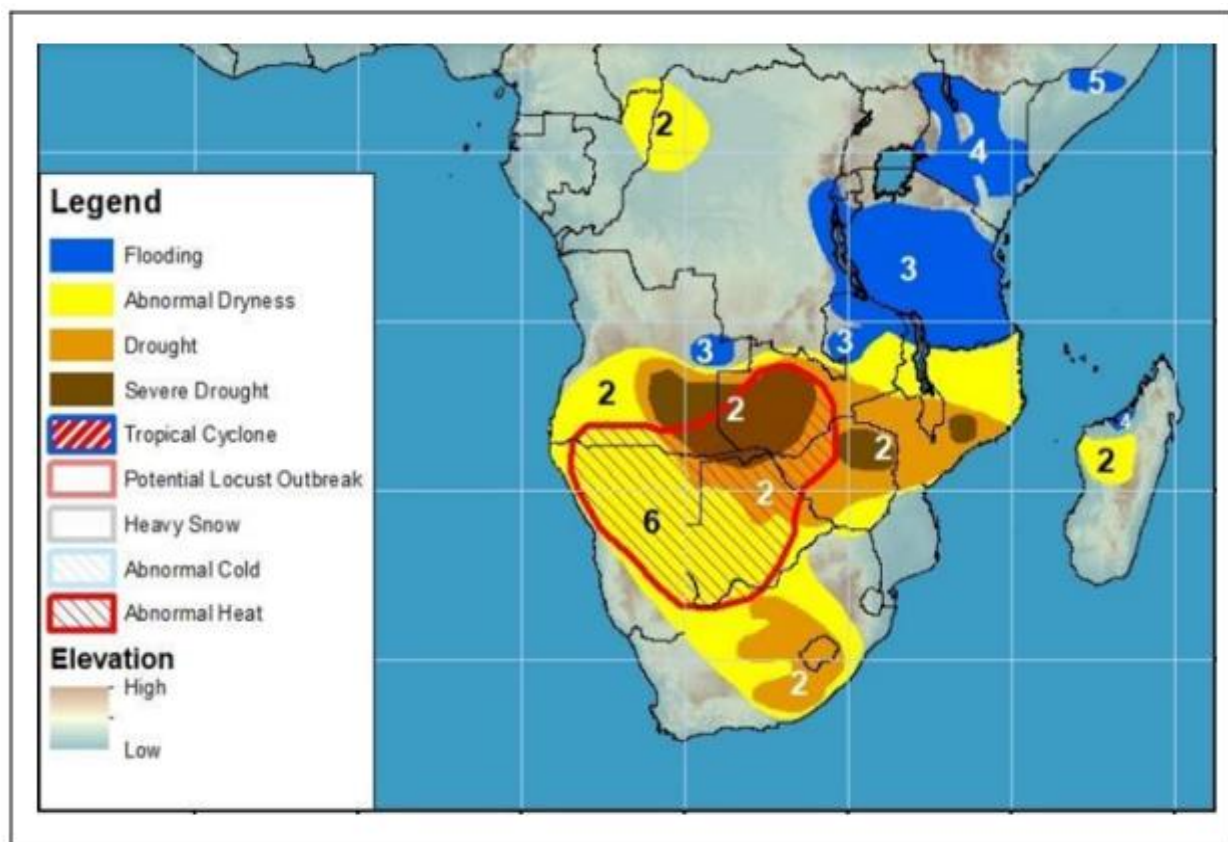


Рис: 2.10 Прогноз Центра прогнозирования климатических рисков в Африке
Для USAID / FEWS-нетто

28 Марта – 3 Апреля 2024 Года

https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/fews/africa_hazard.pdf

2.2 Формирование базы данных температуры и ОСО

Мы взяли данные со станции Спрингбок – рис. 2.1 с сайтом расписание погоды [1] и канадский сайт [2] за период 2018-2022 годов со среднесуточной.

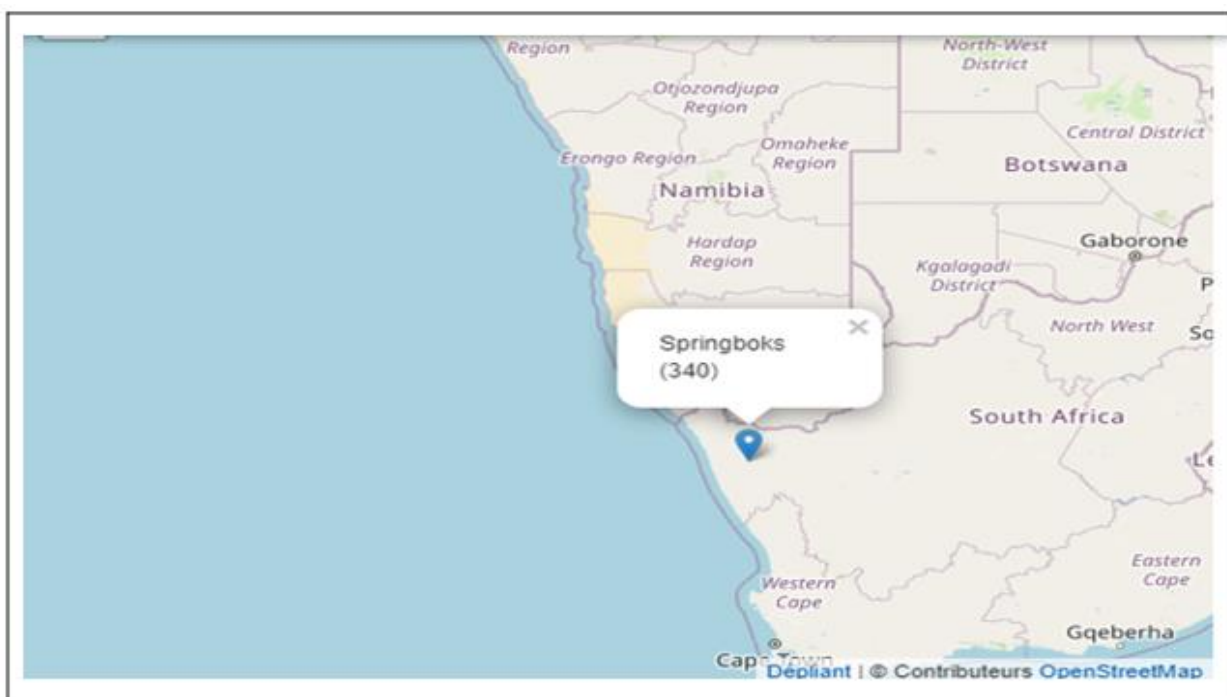


Таблица данных о температуре и озоне в спрингбоке

Станция спрингбок в южной Африке								
дата	т°С	DU,O3	дата	т°С	DU,O3	дата	т°С	DU,O3
01.01.2018	18	268,8	01.01.2019	23	267,2	01.01.2020	23	274,1
02.01.2018	26	264,8	02.01.2019	24	269,4	02.01.2020	25	272,1
03.01.2018	26	277,8	03.01.2019	27	260	03.01.2020	25	273,7
04.01.2018	33	270,7	04.01.2019	32	265,5	04.01.2020	29	269,5

05.01.2018	29	282,3	05.01.2019	24	272,9	05.01.2020	12	270,1
06.01.2018	28	267,6	06.01.2019	25	263,5	06.01.2020	20	280,5
07.01.2018	24	252,8	07.01.2019	24	253,3	07.01.2020	32	282,1
08.01.2018	24	271,5	08.01.2019	16	247	08.01.2020	21	276,6
09.01.2018	26	267,4	09.01.2019	18	267,1	09.01.2020	18	273,2
10.01.2018	28	271,1	10.01.2019	19	248,5	10.01.2020	27	265,8
11.01.2018	25	268,8	11.01.2019	21	245,6	11.01.2020	28	266,1
12.01.2018	34	261,1	12.01.2019	18	240,1	12.01.2020	32	268,2
13.01.2018	32	262,8	13.01.2019	23	253,9	13.01.2020	26	265
14.01.2018	23	268,4	14.01.2019	21	264,8	14.01.2020	30	264,3

3. Статистический анализ данных

Наблюдение за озоном проводилось в Южной Африке в 2018 году, в частности, в диапазоне от 230 до 325 единиц Добсона. С июля по октябрь ОСО повышается с максимальным пиком в августе. Полное отсутствие ОСО в ноябре месяце до начала декабря.

Теплый сезон (2018г) длится 4 месяца, с 30 ноября по 31 марта, со среднесуточной температурой 22 градуса по Цельсию. Самый теплый месяц - февраль со средней максимальной температурой 35 градусов по Цельсию и минимальной - 17°с. Прохладный сезон длится 3,1 месяца, с 29 мая по 29 августа, при среднесуточной температуре до 10°с. Самый холодный месяц - июль со средней минимальной температурой 3 °с и максимальной 20°с.

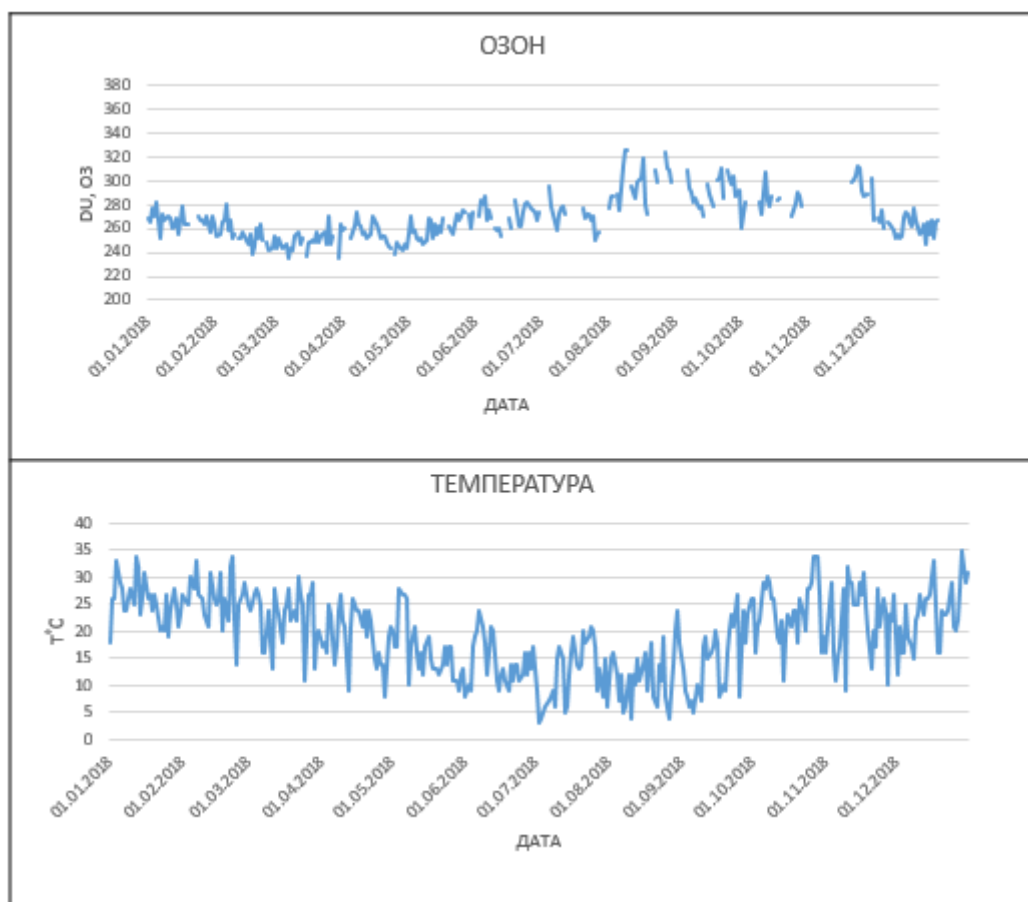


Рис 3,1: ОСО в Южной Африке и температура за период с января по декабрь

Как показано на графике (2018 г), при повышении температуры ОСО уменьшается, то есть уменьшение или увеличение содержания озона зависит от температуры и наоборот.

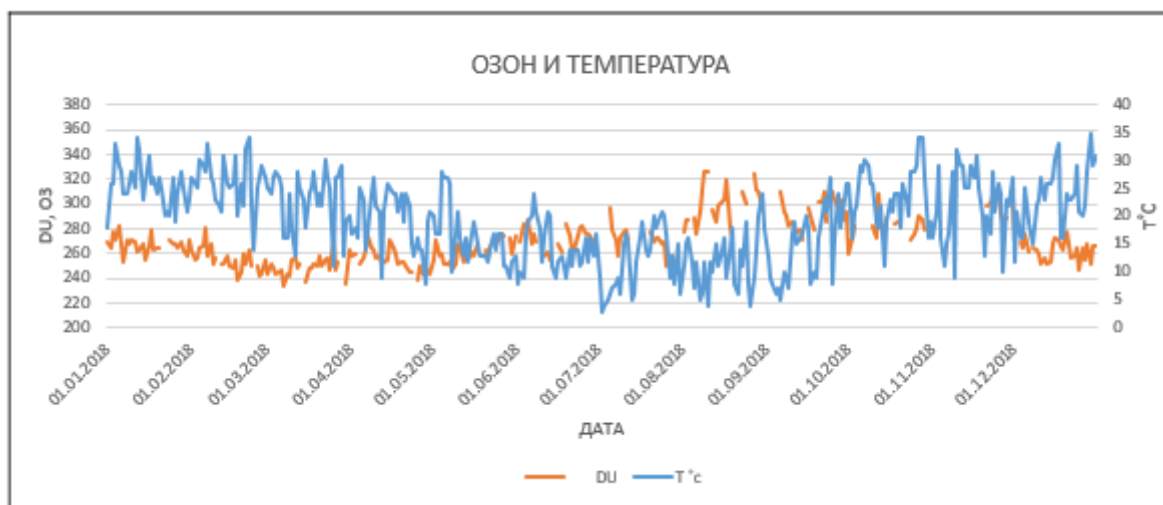


Рис 3,2: Отклонение ОСО от климатического среднего и температура в спрингбоке за период январь -декабрь

наблюдение за озоном проводилось в Южной Африке (2018г) между 230 и 320 годами по Добсону. Сокращенный в мае до 230 единиц Добсона, с июля по август увеличение ОСО достигло 320 единиц Добсона. Отсутствие ОСО с ноября по октябрь.

Теплый сезон (2019г) длится 4 месяца со среднесуточной температурой 23°с. Самый теплый месяц-ноябрь со средней максимальной температурой 34°с и минимальной - 17°с. Прохладный сезон длится 3,1 месяца, с 29 мая по 29 августа, при среднесуточной температуре до 10°с. Самый холодный месяц-июль со средней минимальной температурой 6°с и максимальной 23 °с.

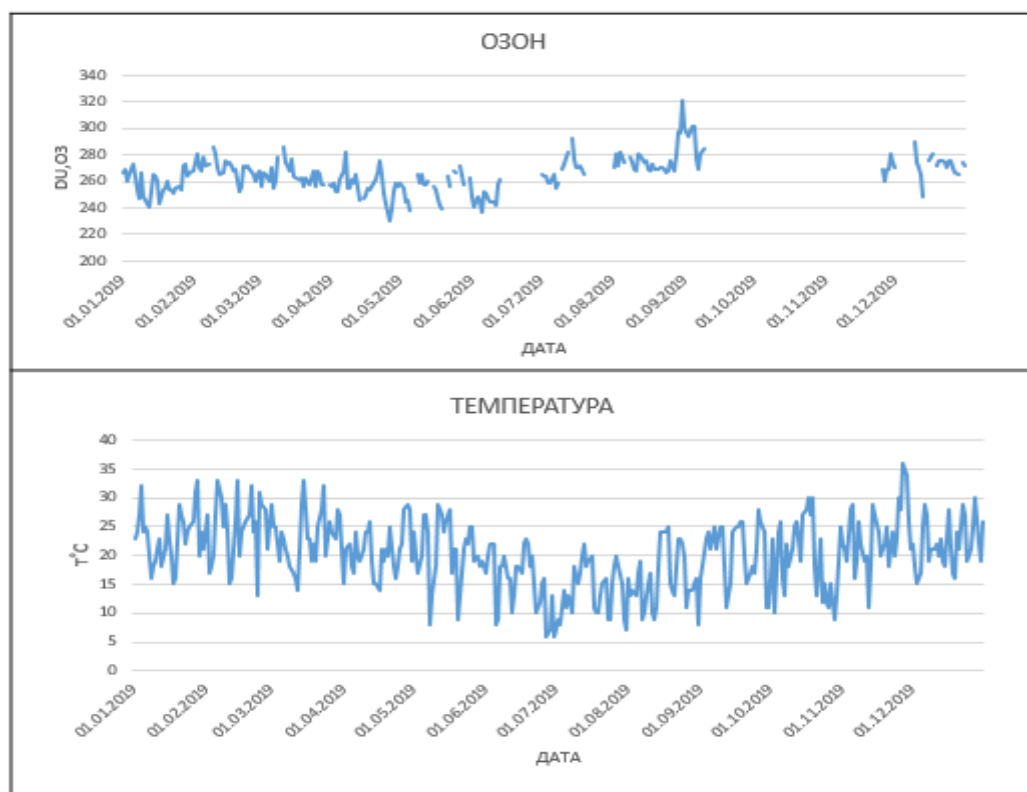


Рис 3,3: ОСО в Южной Африке и температура за период с января по декабрь

Обнаружим, что на графике в Южной Африке (2019г) при повышении температуры ОСО уменьшается, то есть уменьшение или увеличение озона зависит от температуры и наоборот.

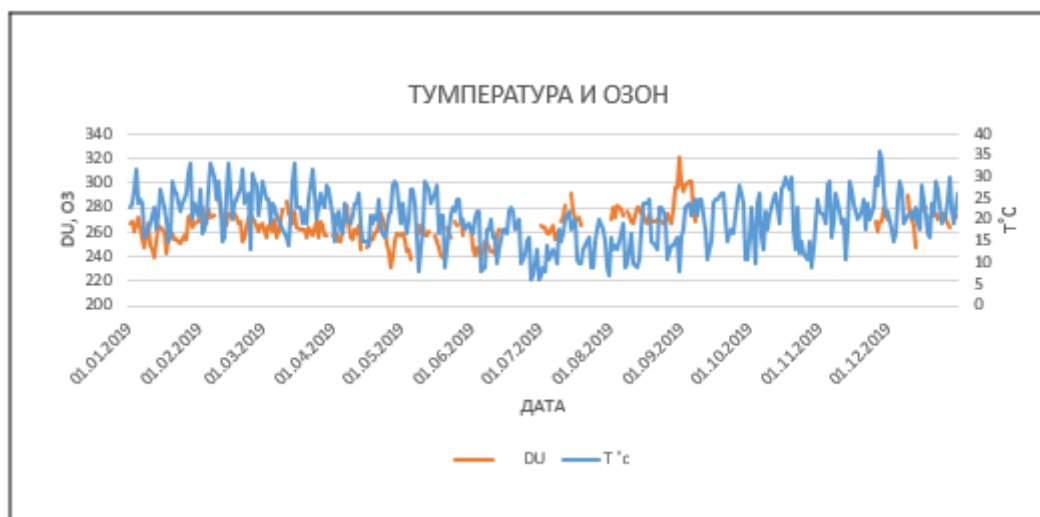


Рис 3,4: Отклонение ОСО от климатического среднего и температура в спрингбоке за период январь-декабрь

Наблюдение за озоном в Южной Африке (2019г) , в диапазоне от 232 до 332 единиц Добсона. Уменьшенный в мае до 232 единиц Добсона, с августа по октябрь прирост ОСО достигает максимума в 320 единиц Добсона.

Теплый сезон (2020г) длится 4 месяца со среднесуточной температурой 25°с. Самый теплый месяц-март со средней максимальной температурой 34°с и минимальной 17°с. Прохладный сезон длится 3 месяца со среднесуточной температурой до 14°с. Самый холодный месяц-август со средней минимальной температурой 3°с и максимальной 26 °с.

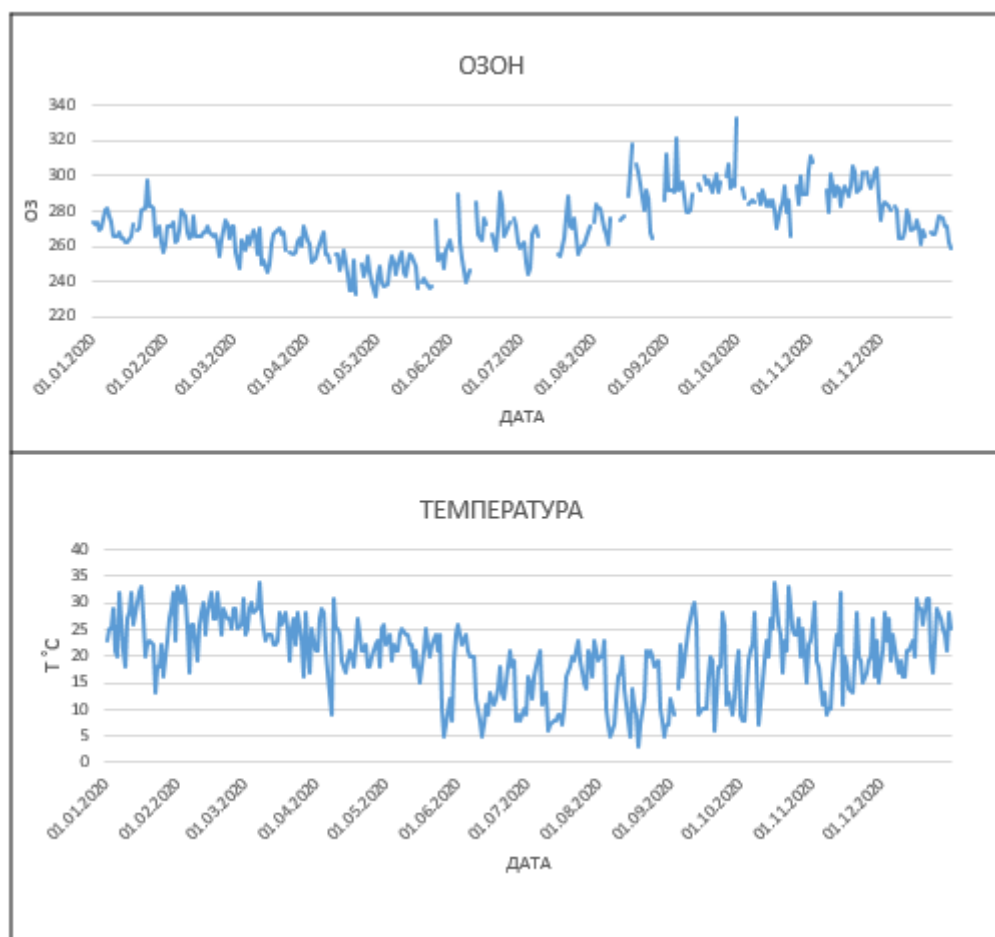


Рис 3,5: ОСО в Южной Африке и температура за период с января по декабрь

Обнаружим, что на графике в Южной Африке (2020г) при повышении температуры ОСО уменьшается, то есть уменьшение или увеличение озона зависит от температуры и наоборот.

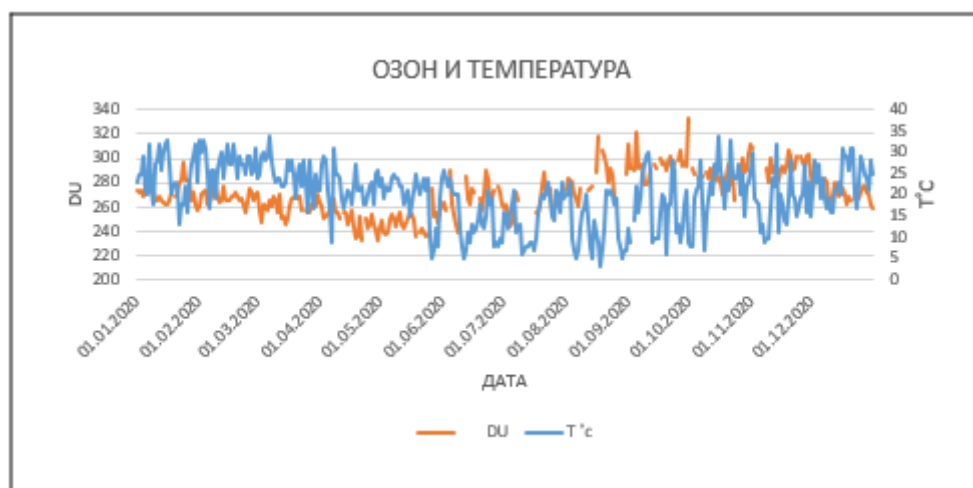


Рис 3,6: Отклонение ОСО от климатического среднего и температура в спрингбоке за период январь-декабрь

Наблюдение за озоном в Южной Африке (2021г), от 239 до 333 единиц Добсона. Сокращено в мае до 239 единиц Добсона, с августа по октябрь увеличение ОСО достигает максимума в 320 единиц Добсона.

Теплый сезон (2021г) длится 4 месяца со среднесуточной температурой 27°с. Самый теплый месяц-октябрь со средней максимальной температурой 34°с и минимальной 20°с. Прохладный сезон (2021г) длится 3 месяца со среднесуточной температурой до 15°с. Самый холодный месяц-август со средней минимальной температурой 3°с и максимальной 23°с.

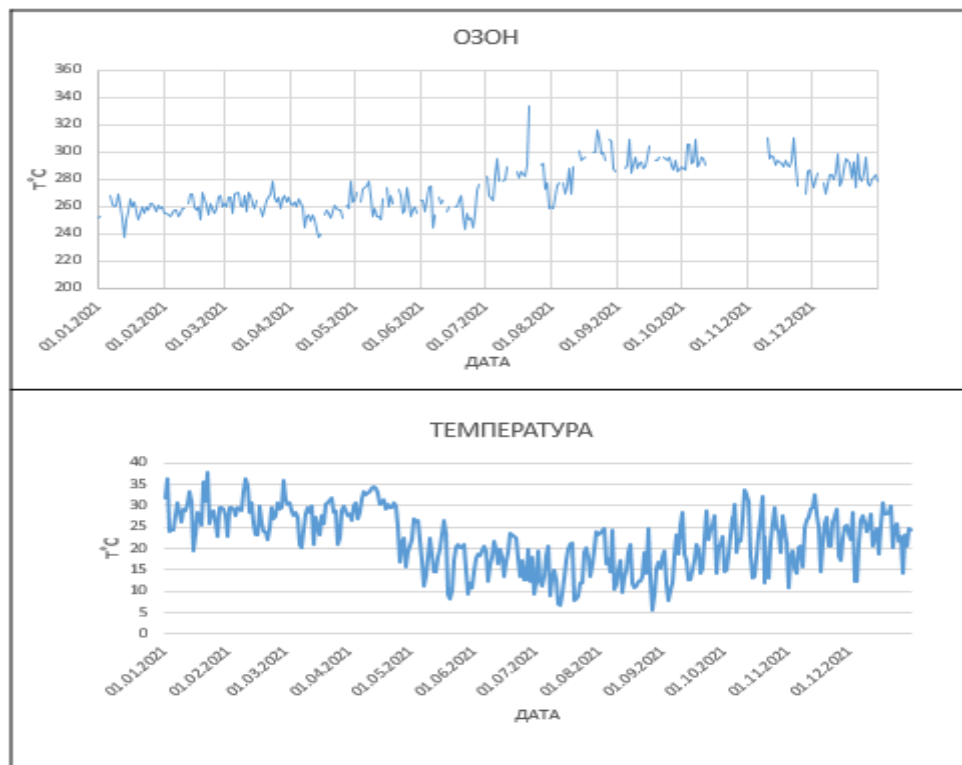


Рис 3,7: ОСО в Южной Африке и температура за период с января по декабрь

Мы наблюдаем, что на графике в Южной Африке (2021г) при повышении температуры ОСО уменьшается, то есть уменьшение или увеличение озона зависит от температуры и наоборот.

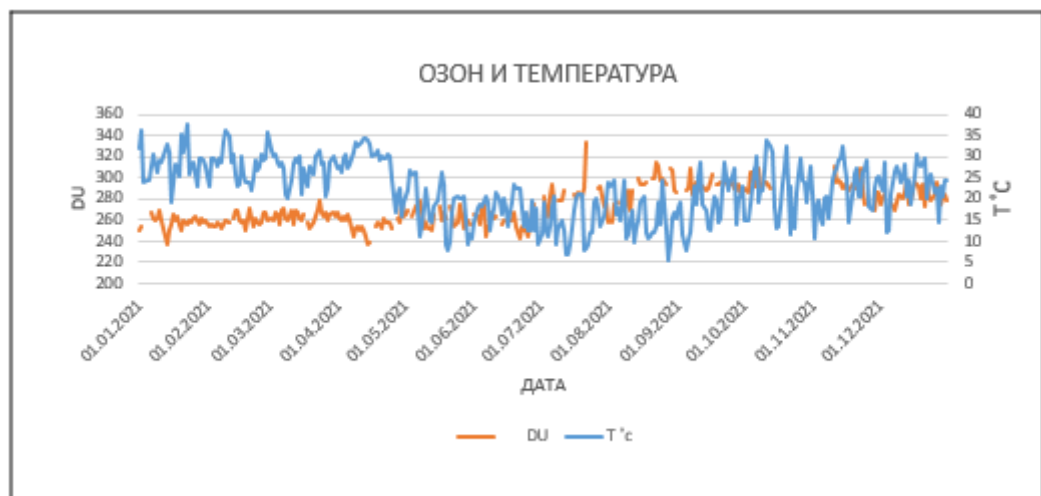


Рис 3.8: Отклонение ОСО от климатического среднего и температура в спрингбоке за период январь-декабрь

Наблюдение за озоном в Южной Африке (2022г) , от 239 до 333 единиц Добсона. Сокращено в мае до 239 единиц Добсона, с августа по октябрь Восточное увеличение достигло максимума в 320 единиц Добсона

Теплый сезон (2022г) длится четыре месяца со среднесуточной температурой 25°с. март - самый теплый месяц со средней максимальной температурой 34°С и минимальной температурой 18°С. Прохладный сезон (2022г) длится три месяца со среднесуточной температурой до 13°с. Самый холодный месяц и август со средней минимальной температурой 5°С и максимальной мужской температурой 23°С.



Рис 3,9: ОСО в Южной Африке и температура за период с января по декабрь

Наблюдаем (2022г) , что при повышении температуры ОСО уменьшается, то есть уменьшение или увеличение ОСО зависит от температуры и наоборот.

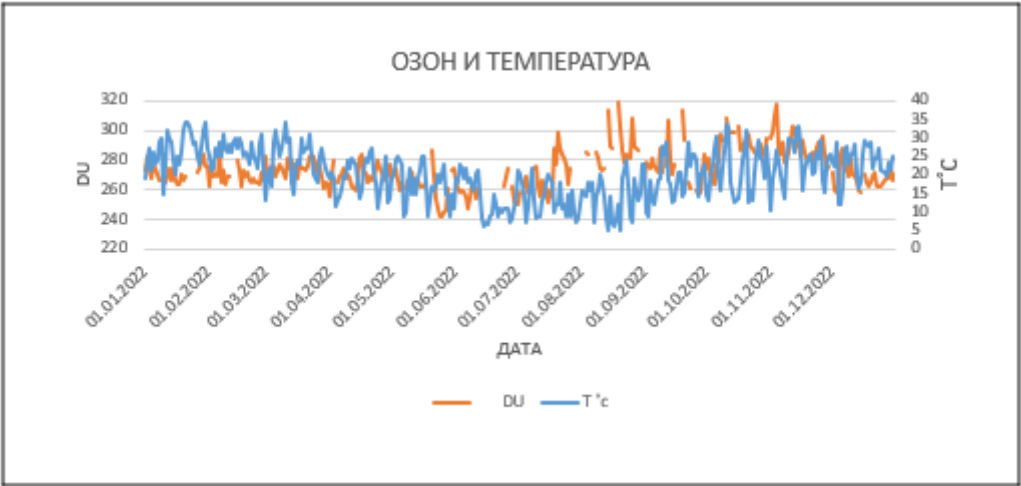


Рис 3.10: Отклонение ОСО от климатического среднего и температура в спрингбоке за период январь-декабрь

3.1 Частотное распределение температуры и ОСО за пятилетний период.

3.1.1 Частотное распределение температуры и ОСО в 2018 году

можно предположить, что в вашем наборе данных 46 - это мода, что означает, что значение 46 встречается чаще всего среди других значений озона. Она встречалась 20 раз с 272 единица добсона.

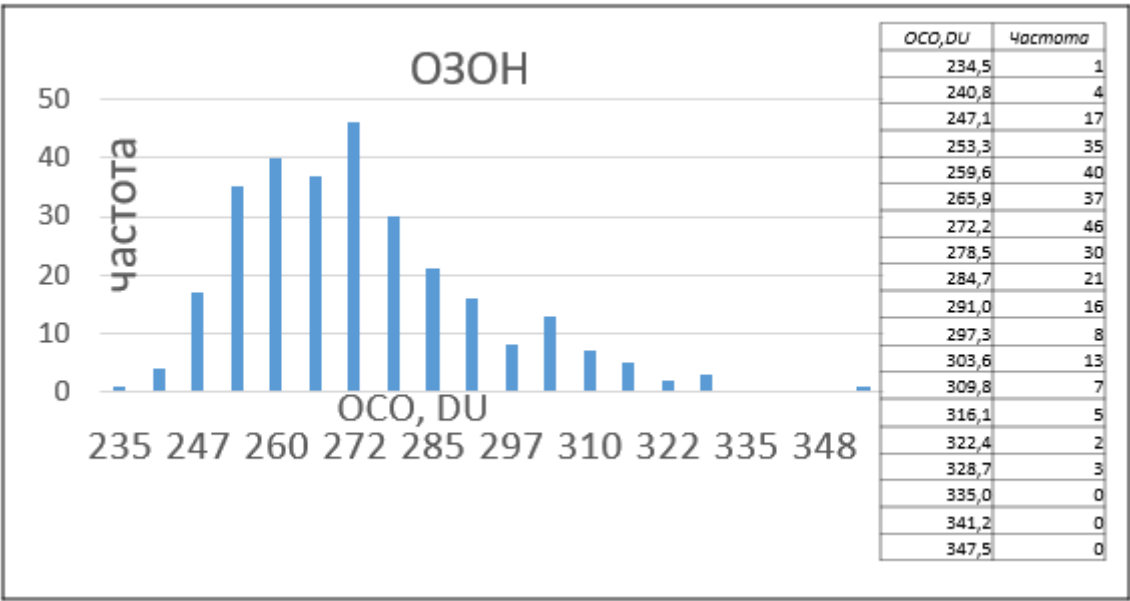


Рис 3.11: Частотное распределение ОСО

значение моды температуры равно 37, то это означает, что 27°C является наиболее часто встречающейся температурой в вашем наборе данных. Мода встречалась 37 раз с 27 °с.

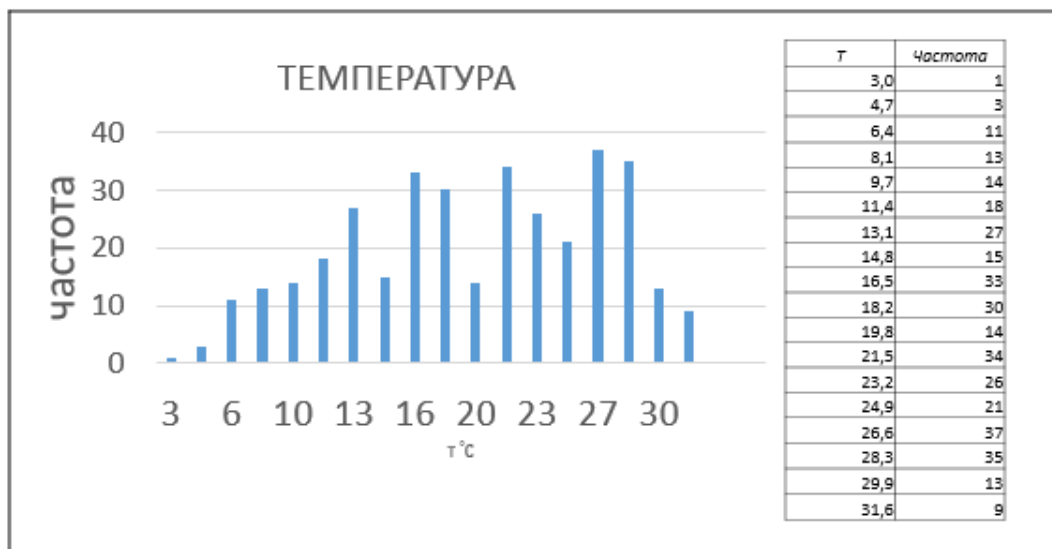


Рис 3.12: Частотное распределение температуры

Эти статистические данные позволяют оценить центральную тенденцию, изменчивости и форму распределения для измерений температуры и озона.

описательная статистика температуры и озо			
Среднее	19,3	Среднее	269,8
Стандартная ошибка	0,4	Стандартная ошибка	1,1
Медиана	20,0	Медиана	267,1
Мода	16,0	Мода	266,8
Стандартное отклонение	7,2	Стандартное отклонение	19,2
Дисперсия выборки	52,0	Дисперсия выборки	366,7
Экссесс	-0,8	Экссесс	1,2
Асимметричность	-0,1	Асимметричность	1,0
Интервал	32,0	Интервал	119,3
Минимум	3,0	Минимум	234,5

описательная статистика температуры и озо			
Максимум	35,0	Максимум	353,8
Сумма	7059,0	Сумма	77150,8
Счет	365,0	Счет	286,0

3.1.2 Частотное распределение температуры и ОСО в 2019 году

можно предположить, что в вашем наборе данных 46 - это мода, что означает, что значение 44 встречается чаще всего среди других значений озона. Она встречалась 44 раз с 272 единица добсона.

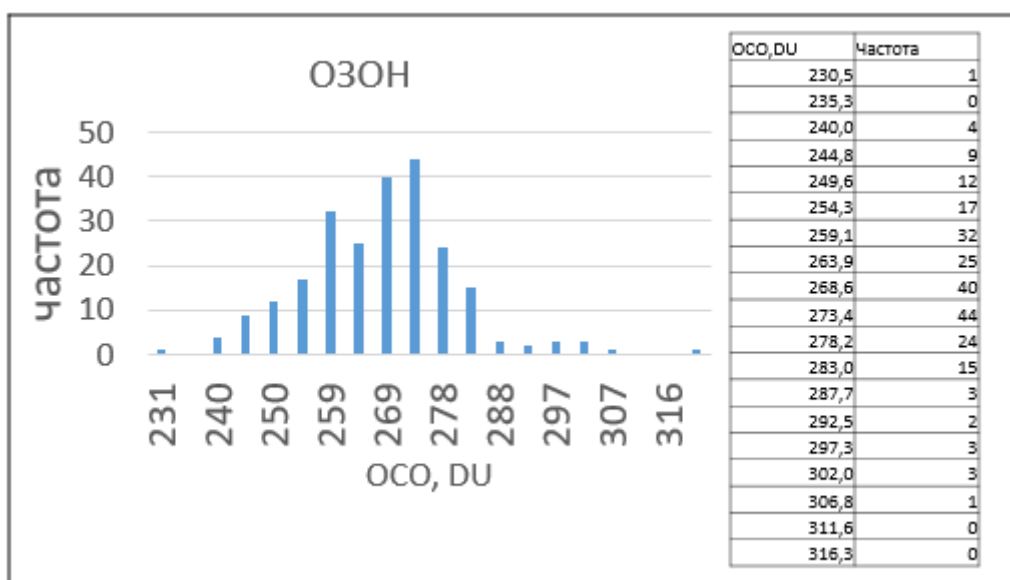


Рис 3.13: Частотное распределение ОСО

значение моды температуры равно 45, то это означает, что 20°C является наиболее часто встречающейся температурой в вашем наборе данных. Мода встречалась 45 раз с 20 °с

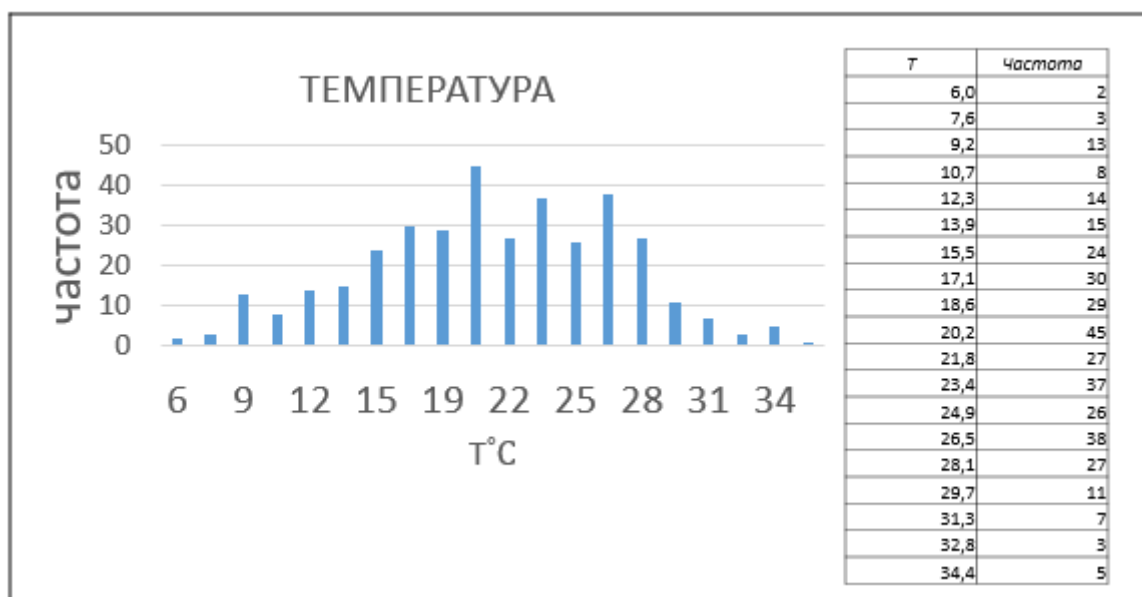


Рис 3.14: Частотное распределение температур

Эти статистические данные позволяют оценить центральную тенденцию, изменчивости и форму распределения для измерений температуры и озона.

описательная статистика температуры и озо			
Среднее	20,2	Среднее	265,3
Стандартная ошибка	0,3	Стандартная ошибка	0,8
Медиана	20,0	Медиана	266,0
Мода	18,0	Мода	268,9
Стандартное отклонение	5,9	Стандартное отклонение	12,9
Дисперсия выборки	35,3	Дисперсия выборки	167,4
Экцесс	-0,4	Экцесс	1,5
Асимметричность	-0,2	Асимметричность	0,4
Интервал	30,0	Интервал	90,6
Минимум	6,0	Минимум	230,5
Максимум	36,0	Максимум	321,1
Сумма	7387,0	Сумма	62620,7
Счет	365,0	Счет	236,0

3.1.3 Частотное распределение температуры и ОСО в 2020 году

можно предположить, что 51 — это режим в вашем наборе данных. Это означает, что значение 51 является наиболее распространенным среди других значений озона. Это произошло 51 раз в 269 единицах Добсона.

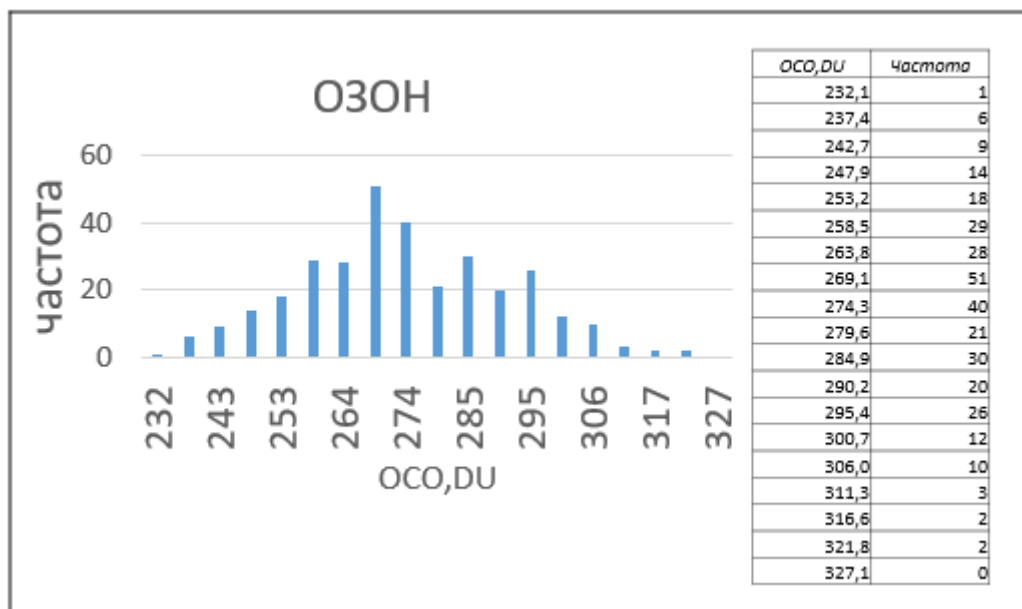


Рис 3.15: Частотное распределение ОСО

Значение температурного режима — 48. Это означает, что наиболее распространенная температура в наборе данных составляет 20°C. Мода появляется 48 раз под углом 24 градуса.

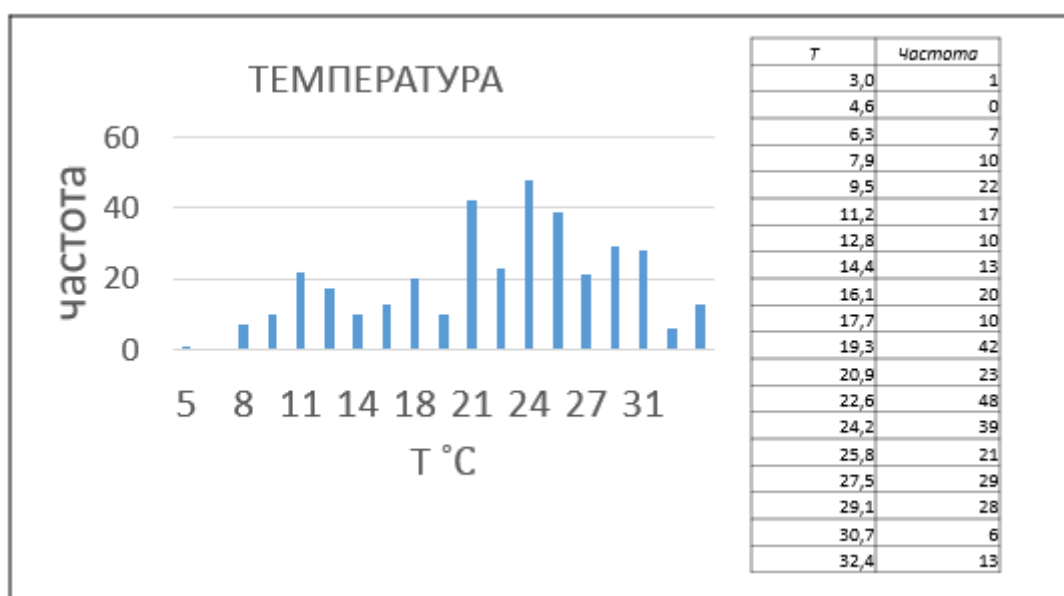


Рис 3,16: Частотное распределение температуры

Эти статистические данные позволяют оценить центральную тенденцию, изменчивости и форму распределения для измерений температуры и озона.

описательная статистика температуры и озо			
Среднее	20,0	Среднее	271,4
Стандартная ошибка	0,4	Стандартная ошибка	1,0
Медиана	21,0	Медиана	269,8
Мода	21,0	Мода	268,2
Стандартное отклонение	6,9	Стандартное отклонение	17,7
Дисперсия выборки	48,1	Дисперсия выборки	314,3
Экссесс	-0,6	Экссесс	-0,1
Асимметричность	-0,3	Асимметричность	0,2
Интервал	31,0	Интервал	100,3
Минимум	3,0	Минимум	232,1
Максимум	34,0	Максимум	332,4
Сумма	7318,0	Сумма	87659,6
Счет	365,0	Счет	323,0

3.1.3 Частотное распределение температуры и ОСО в 2021 году

можно предположить, что 53 — это режим в вашем наборе данных. Это означает, что значение 53 является наиболее распространенным среди других значений озона. Это произошло 53 раз в 263 единицах Добсона

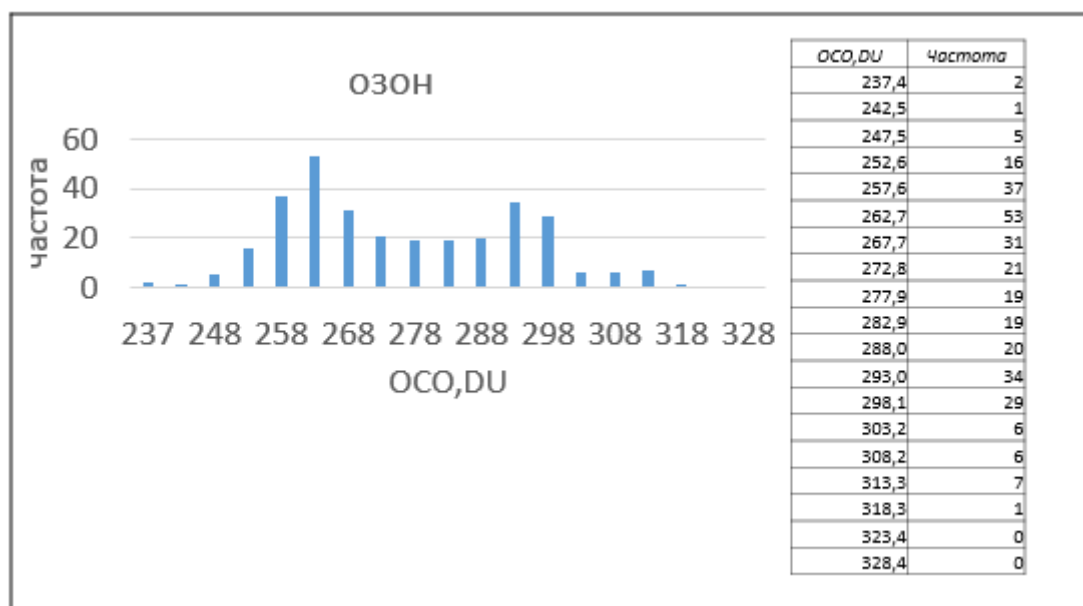


Рис 3,17: Частотное распределение ОСО

Значение температурного режима – 42. Это означает, что наиболее распространенная температура в наборе данных составляет 29°C. Мода появляется 42 раз под углом 29 градусов

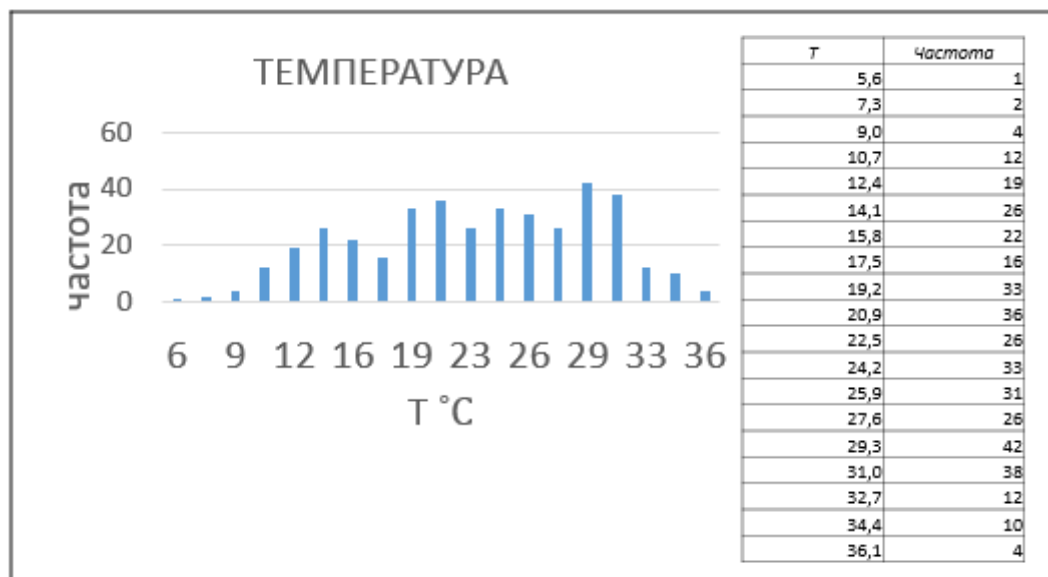


Рис 3.18: Частотное распределение температуры

Эти статистические данные позволяют оценить центральную тенденцию, изменчивости и форму распределения для измерений температуры и озона.

описательная статистика температуры и озо			
Среднее	22,1	Среднее	273,3
Стандартная ошибка	0,3	Стандартная ошибка	1,0
Медиана	22,6	Медиана	269,4
Мода	27,8	Мода	259,4
Стандартное отклонение	6,9	Стандартное отклонение	17,4
Дисперсия выборки	47,3	Дисперсия выборки	302,3
Эксцесс	-0,8	Эксцесс	-0,6
Асимметричность	-0,2	Асимметричность	0,4
Интервал	32,2	Интервал	96,1
Минимум	5,6	Минимум	237,4
Максимум	37,8	Максимум	333,5
Сумма	8769,3	Сумма	84186,1
Счет	396,0	Счет	308,0

3.1.5 Частотное распределение температуры и ОСО в 2022 году

можно предположить, что 59 — это режим в вашем наборе данных. Это означает, что значение 59 является наиболее распространенным среди других значений озона. Это произошло 59 раз в 276 единицах Добсона

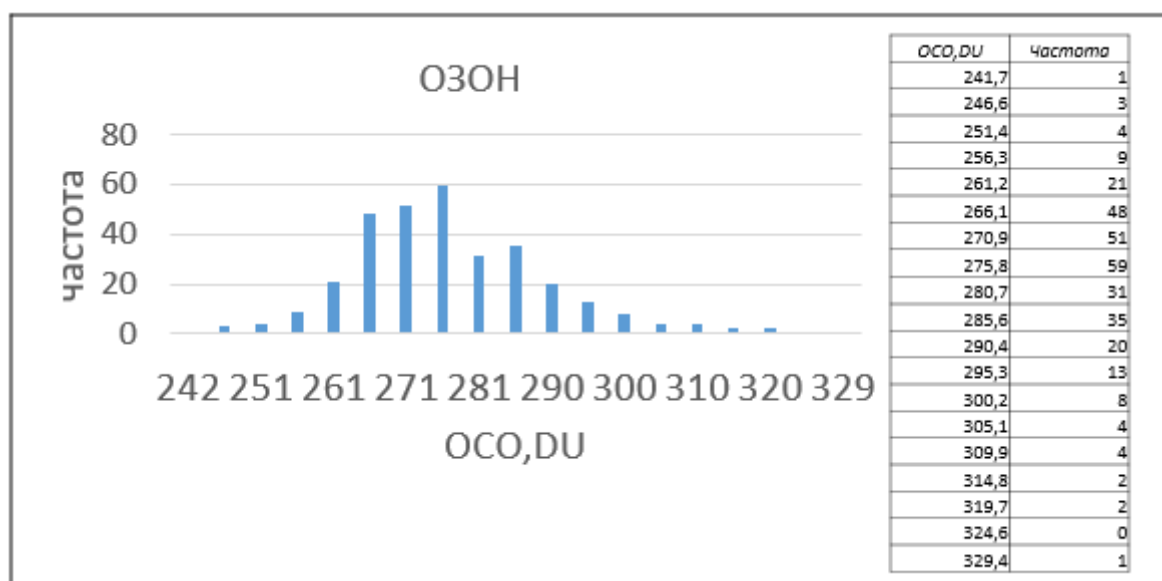


Рис 3.19: Частотное распределение ОСО

Значение температуры 34. Это означает, что наиболее распространенная температура в наборе данных составляет 26°C. Режим появляется 34 раза под углом 26 градусов.

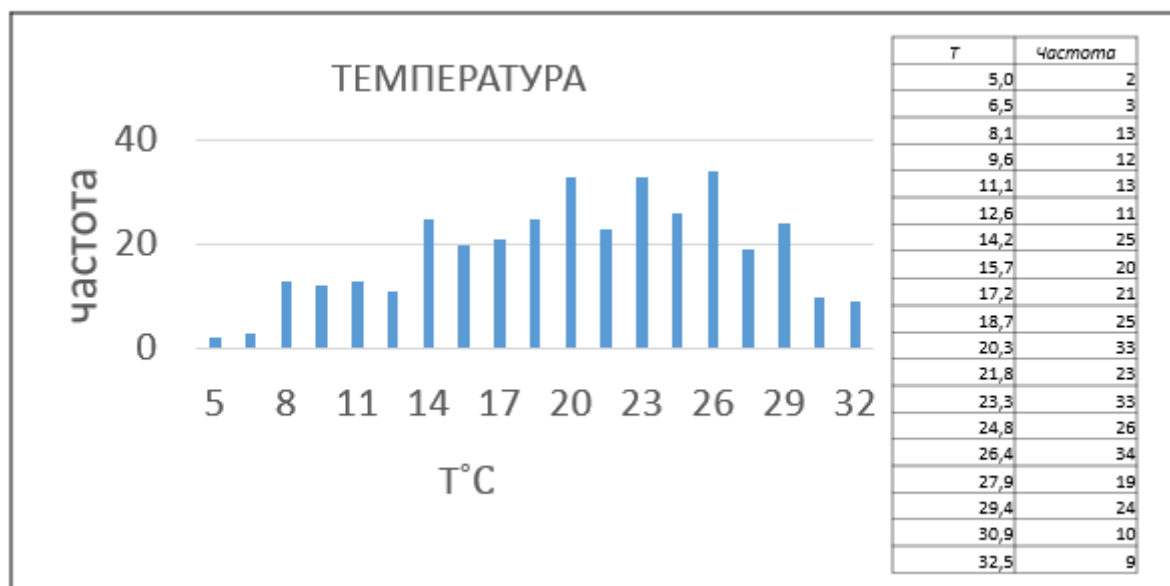


Рис 3.20: Частотное распределение температуры

Эти статистические данные позволяют оценить центральную тенденцию, изменчивости и форму распределения для измерений температуры и озона.

описательная статистика температуры и осо			
Среднее	20,2	Среднее	274,5
Стандартная ошибка	0,4	Стандартная ошибка	0,8
Медиана	20,6	Медиана	272,7
Мода	19,0	Мода	268,5
Дисперсия выборки	45,6	Дисперсия выборки	188,0
Экссесс	-0,7	Экссесс	2,0
Асимметричность	-0,2	Асимметричность	0,9

Интервал	29,0	Интервал	92,6
Минимум	5,0	Минимум	241,7
Максимум	34,0	Максимум	334,3
Сумма	7380,4	Сумма	87015,2
Счет	365,0	Счет	317,0

3.2 Выявление сезонного хода температуры и ОСО

3.2.1 Теплый сезон

Мода встречалась 20 раз с 254 единица добсона. температура почти равномерное распределение, а это ближе к нормальному озон.

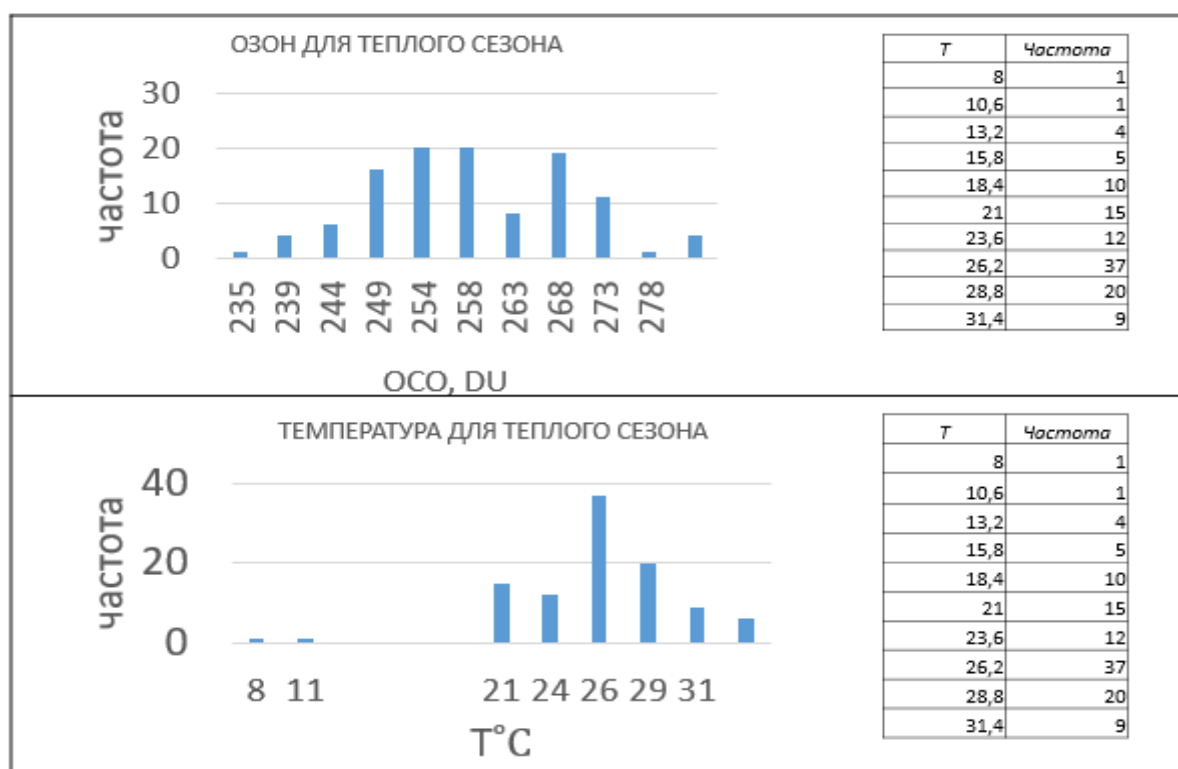


Рис 3.21: теплый сезон температуры и озона за 2018г

Все 270 единиц Добсона столкнулись с модой 27 раза. Температура ближе к нормальной озоновой и почти однородна.

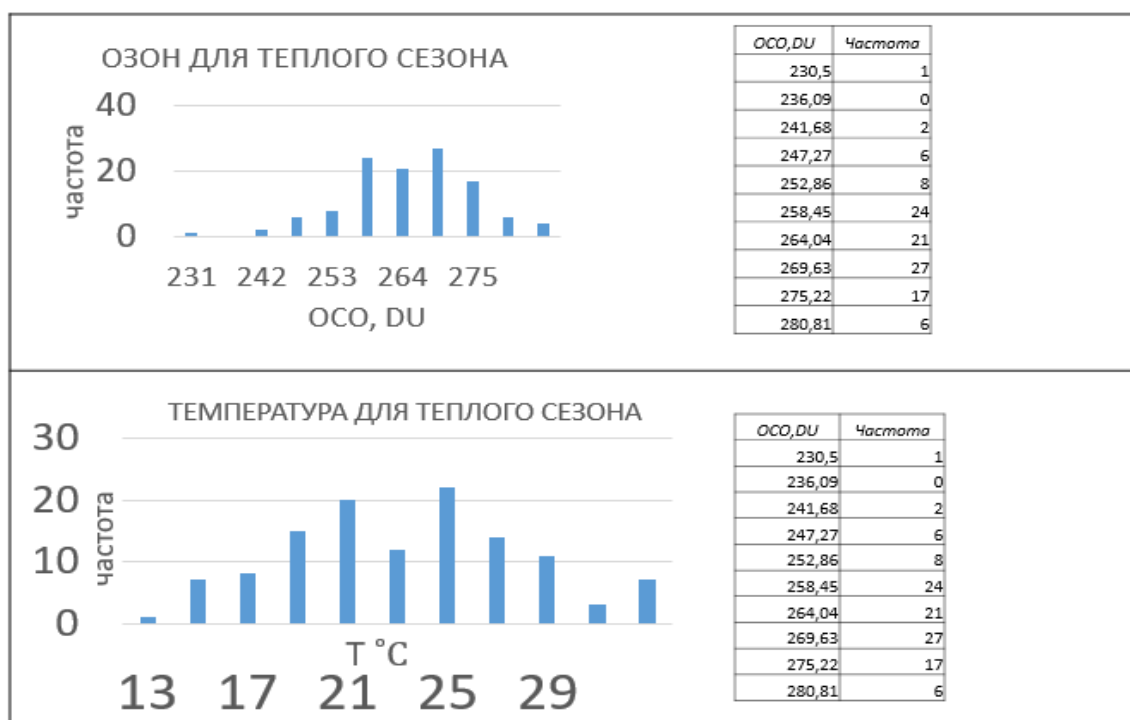


Рис 3.22: теплый сезон температуры и озона за 2019г

Все 272 единиц Добсона оказали влияние на моду 18 раз. Температура ближе к нормальной озоновой и почти однородна

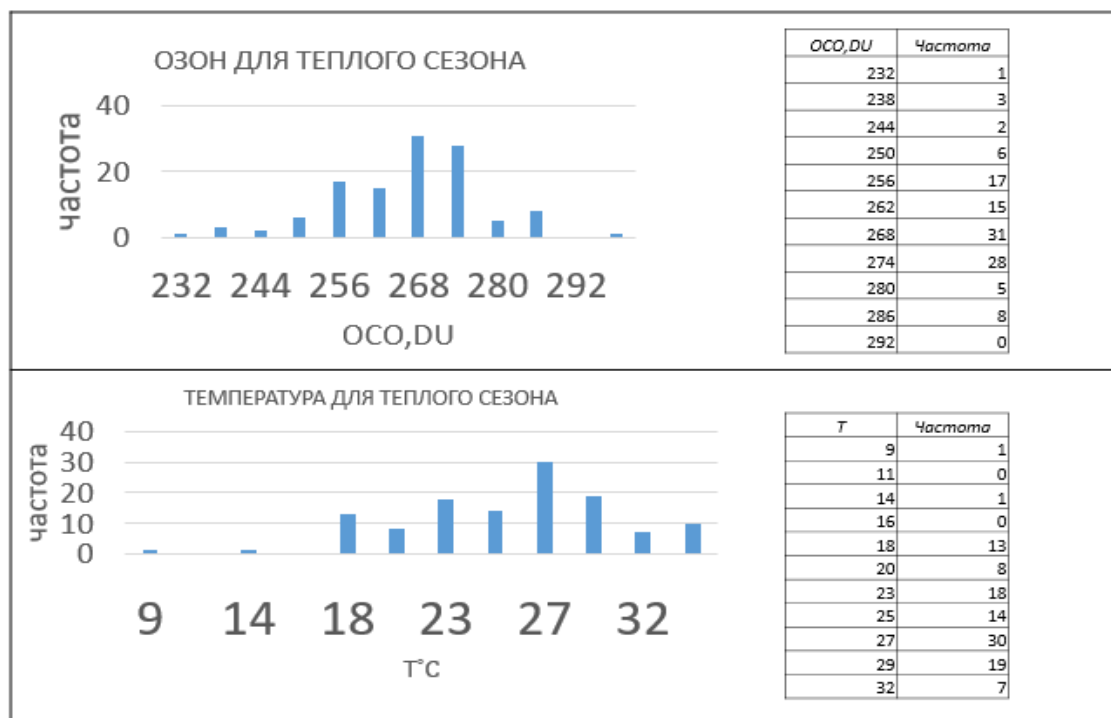


Рис 3,23: теплый сезон температуры и озона за 2020г

296 единицы Добсона и влияют на моду 23 раз. Температура почти однородная и ближе к нормальной для озона.

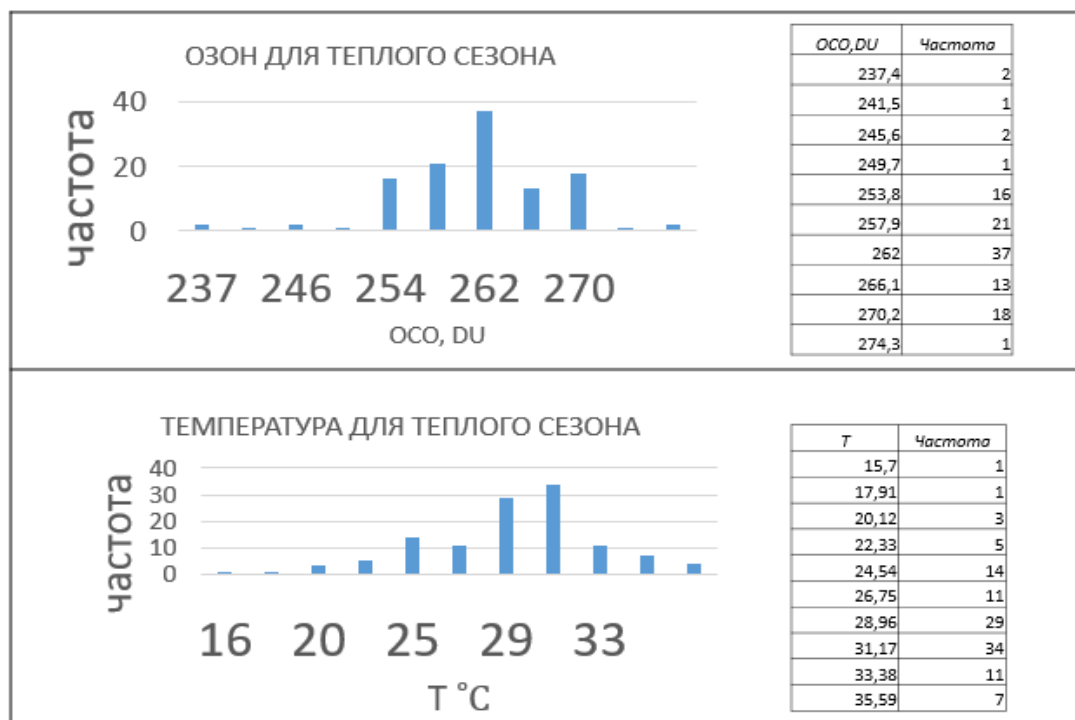


Рис 3.24: теплый сезон температуры и озона за 2021г

Мода встречалась 20 раз с 254 единица добсона. температура почти равномерное распределение, а это ближе к нормальному озон.

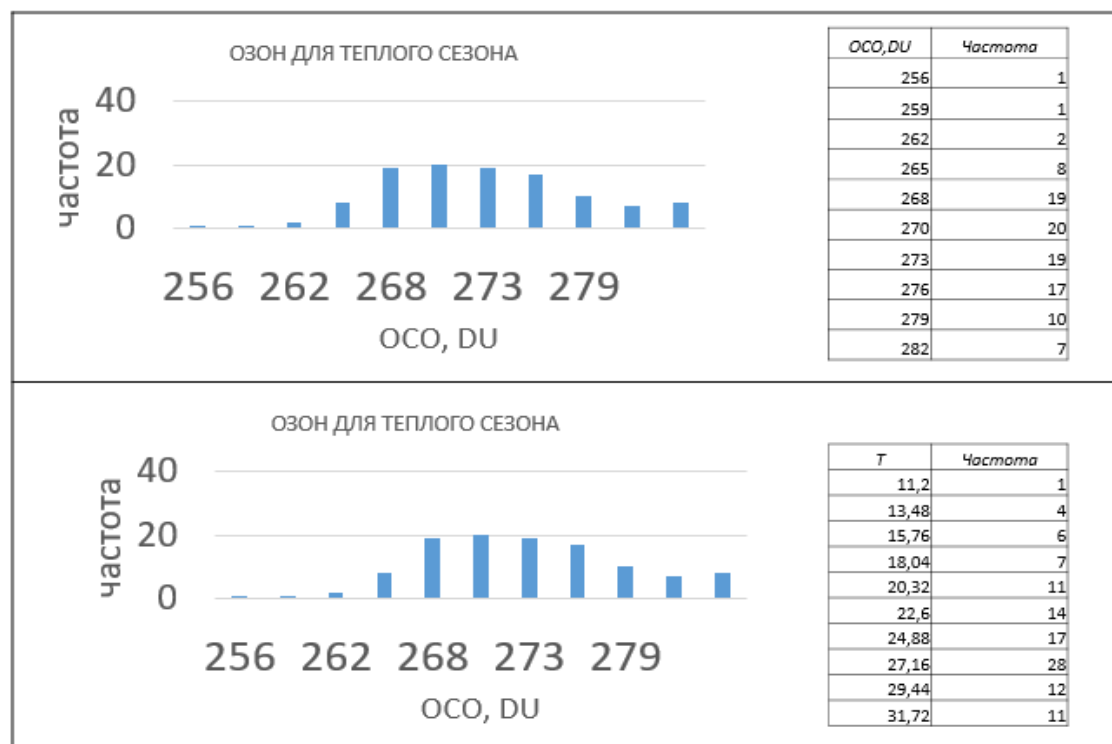


Рис 3.25: теплый сезон температуры и озона за 2022г

3.2.2 Холодный сезон

274 единицы Добсона и влияют на моду 29 раз. Температура почти однородная и ближе к нормальной для озона

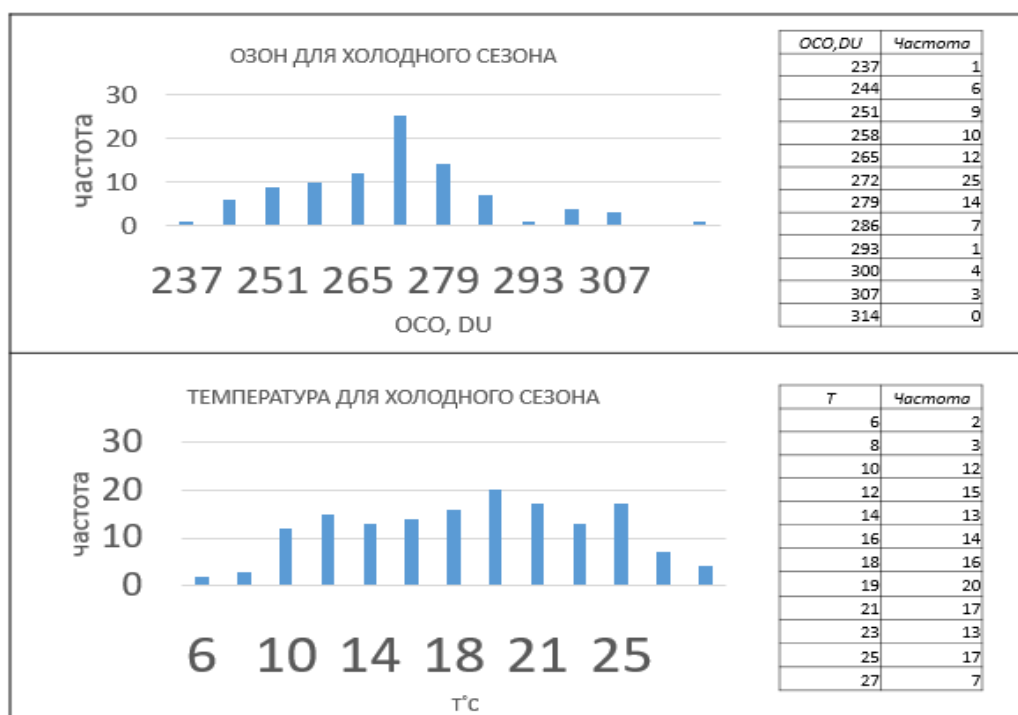


Рис 3.26: холодный сезон температуры и озона за 2018г

Мода встречалась 25 раз с 272 единица добсона. температура почти равномерное распределение, а это ближе к нормальному озон

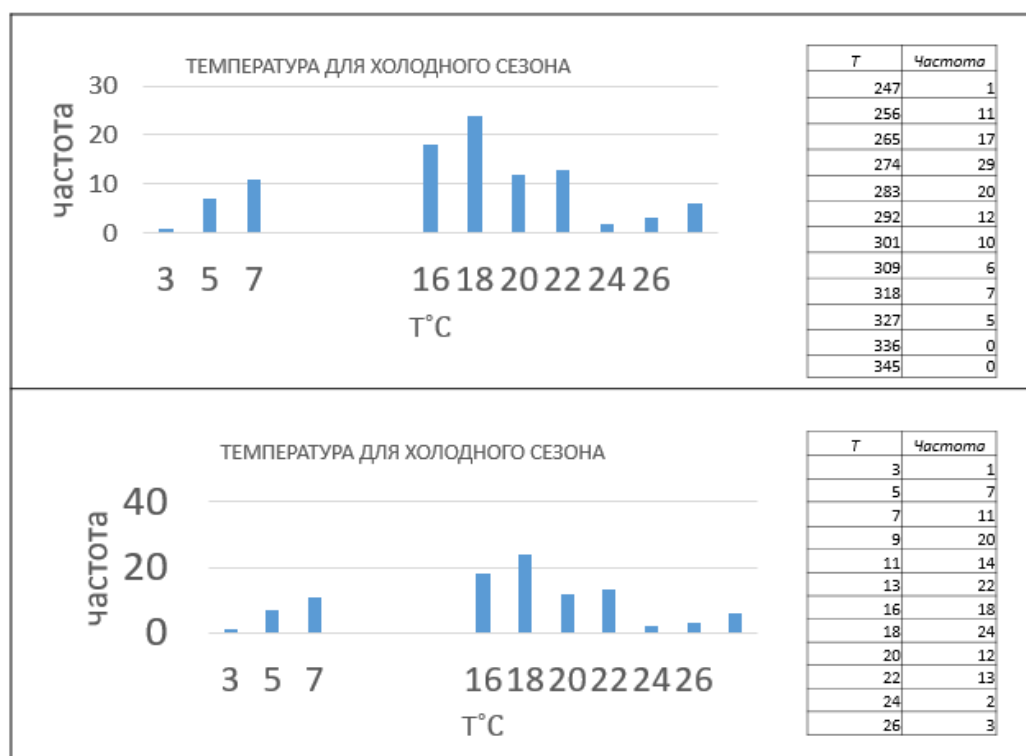


Рис 3.27: холодный сезон температуры и озона за 2019

С 272 единицами Добсона мода встречалась 18 раз. Распределение температуры почти равномерное, и оно ближе к нормальному для озона.

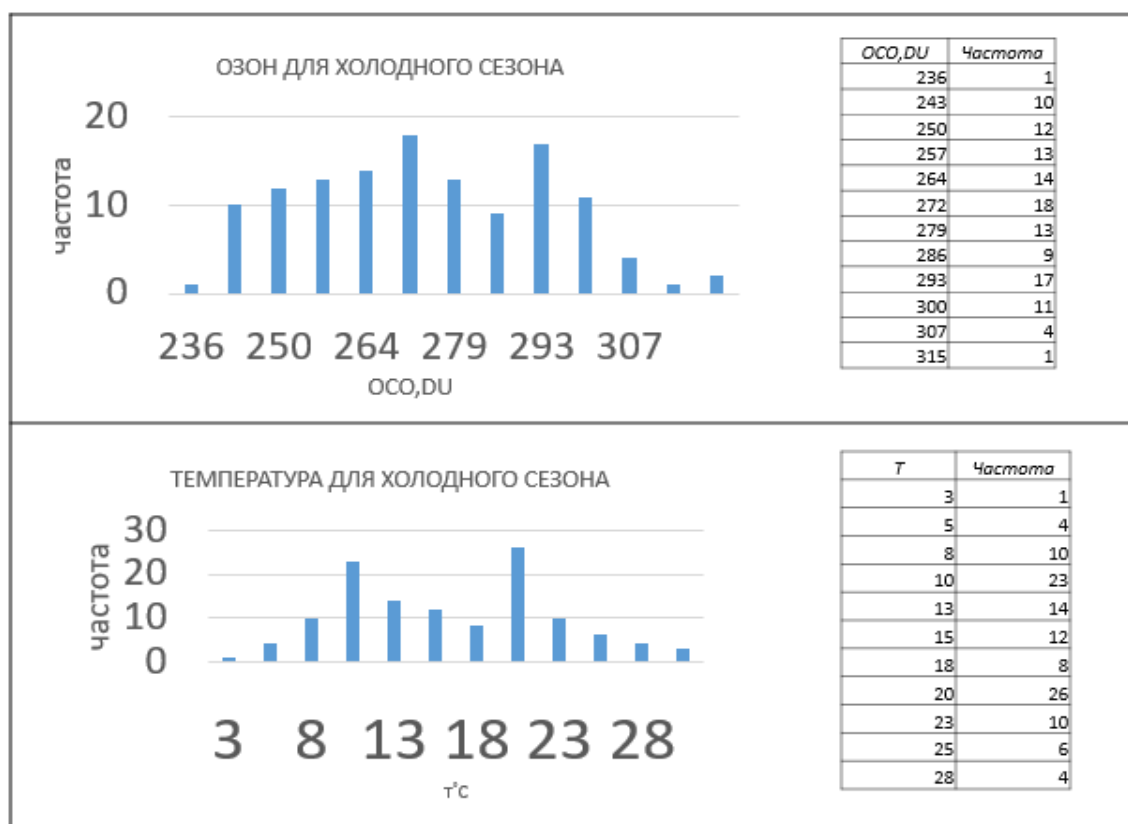


Рис 3.28: теплый сезон температуры и озона за 2020

Мода, в которой участвовало 272 единицы Добсона, проводилась 18 раз. Температура почти однородная, и она менее близка к нормальной для озона.



Рис 3.29: теплый сезон температуры и озона за 2021г

Мода, состоящая из 265 единиц Добсона, проводилась 30 раз. Температура почти однородна, но она менее близка к температуре озона.

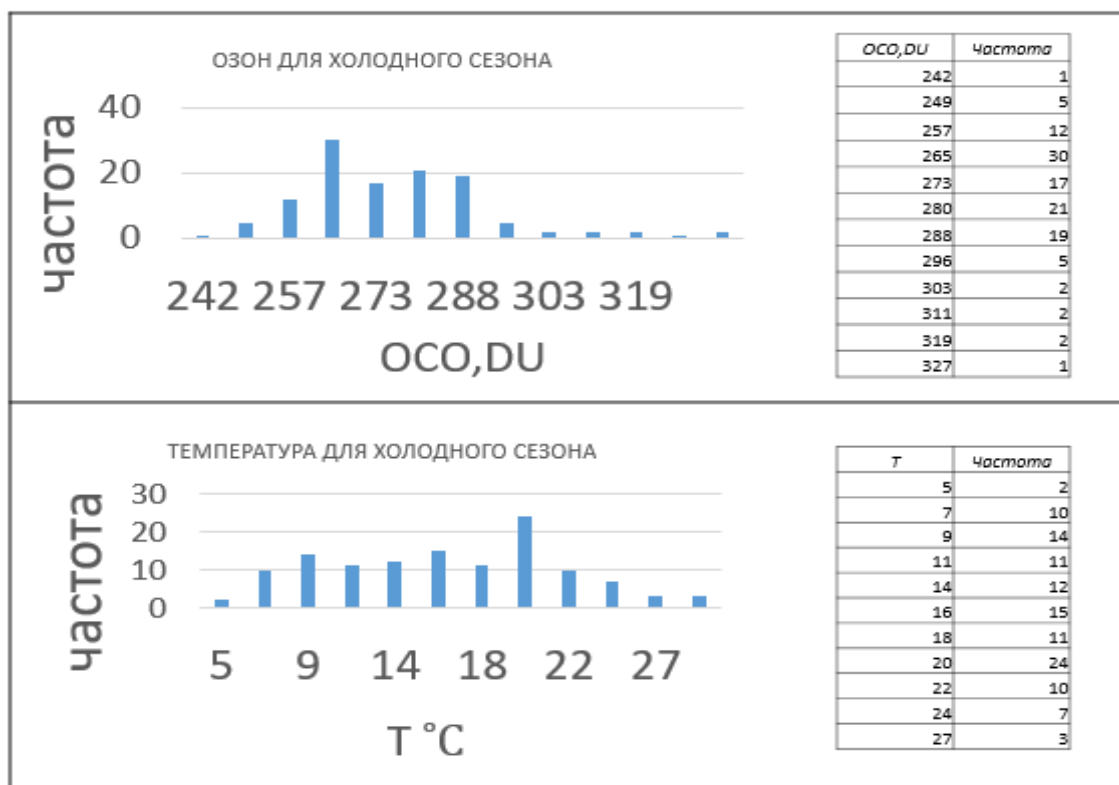


Рис 3.30 Теплый сезон температуры и озона

3.3 Выявление трендов по временным графикам температуры и ОСО

Изменение температуры и ОСО с линией тренда. Каждый месяц ОСО меняется за 0,08 единица добсона и за год выросла 1,02 °с. Температура каждый месяц меняется 0,009 °с и за год подает – 0,11 °с.

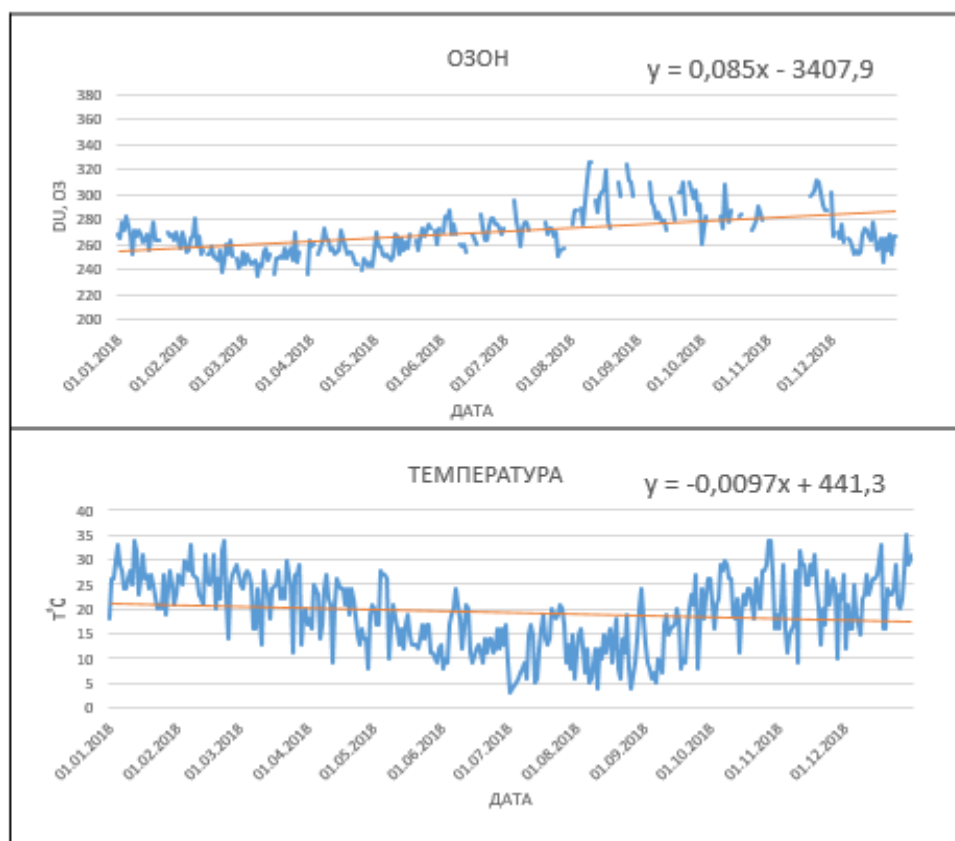


Рис 3.31 температура и ОСО с линией тренда (2018г)

Изменение температуры и ОСО с линией тренда. Каждый месяц
Температура и ОСО изменились - 0,0097 °с и за год подает – 0,11°с.

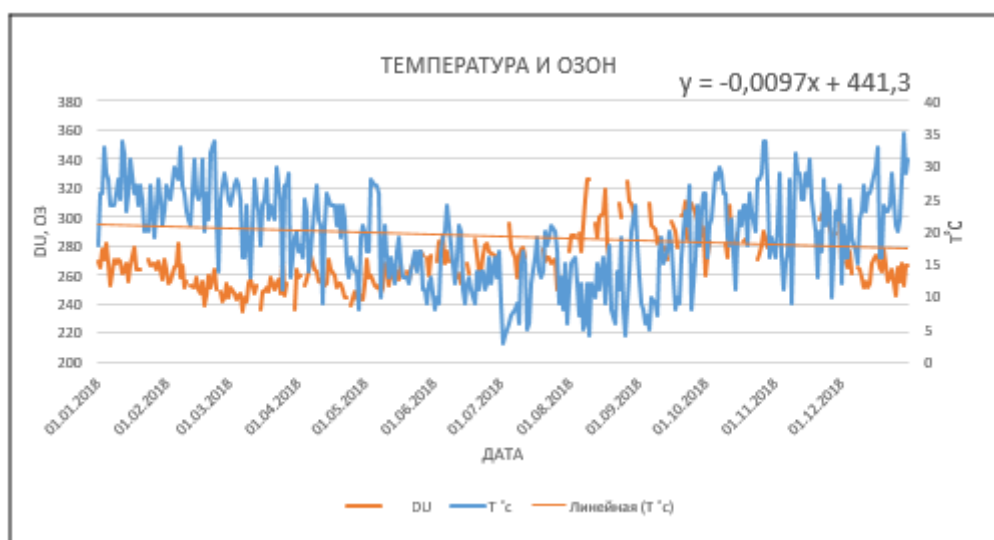


Рис 3.32 температура и ОСО с линией тренда (2018г)

Температура и ОСО меняются на линии тренда. Ежемесячно ОСО меняется на 0,08 единиц Добсона и за год увеличилось на 1,02°. Температура меняется на 0,009 °С каждый месяц и прибавляет 0,11 °С за год.

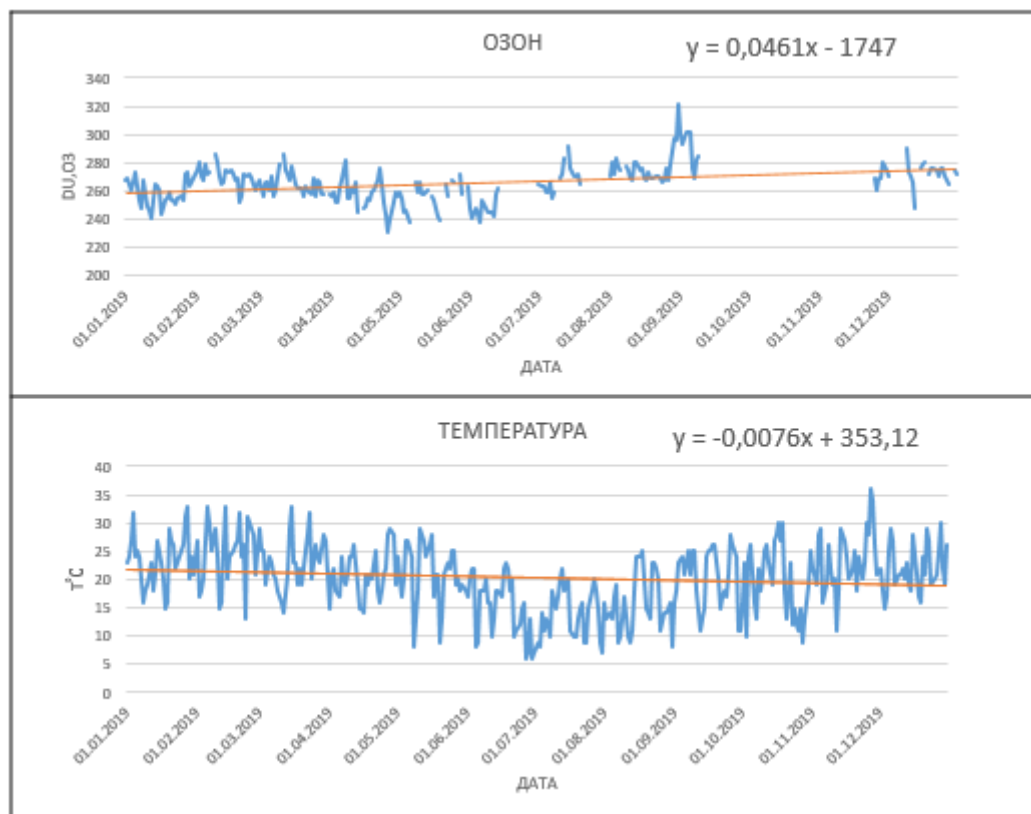


Рис:3.33 температура и ОСО с линией тренда (2019г)

Изменение температуры и ОСО по линии тренда. Ежемесячно Изменение температуры и ОСО - 0,0076 и за год дает – 0.0912

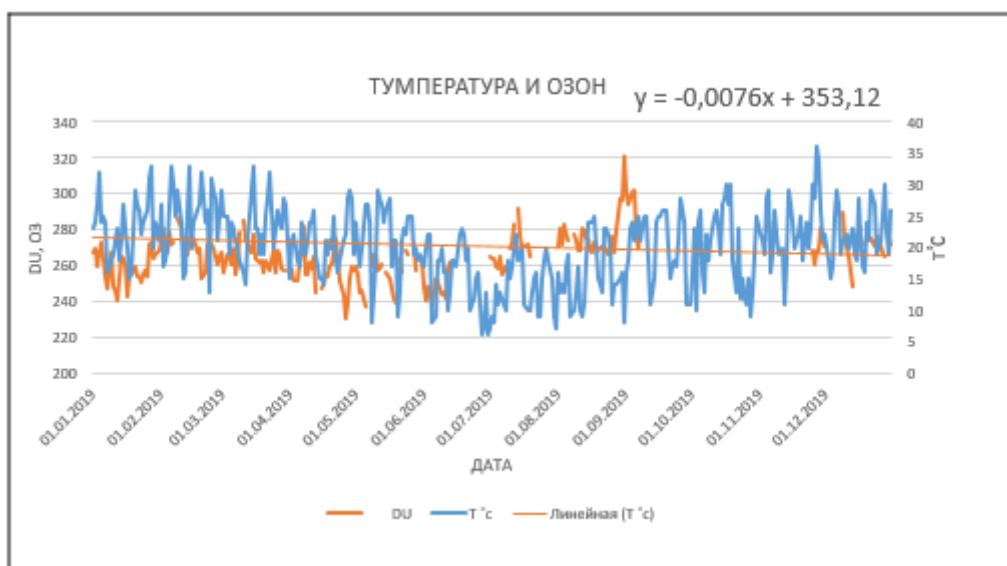


Рис:3.34 температура и ОСО с линией тренда (2019г)

Изменение температуры и ОСО с линией тренда. Каждый месяц ОСО меняется за 0,08 единица добсона и за год подает – 0,98 °с. Температура каждый месяц меняется - 0,01 °с и за год подает – 0,11 °с.

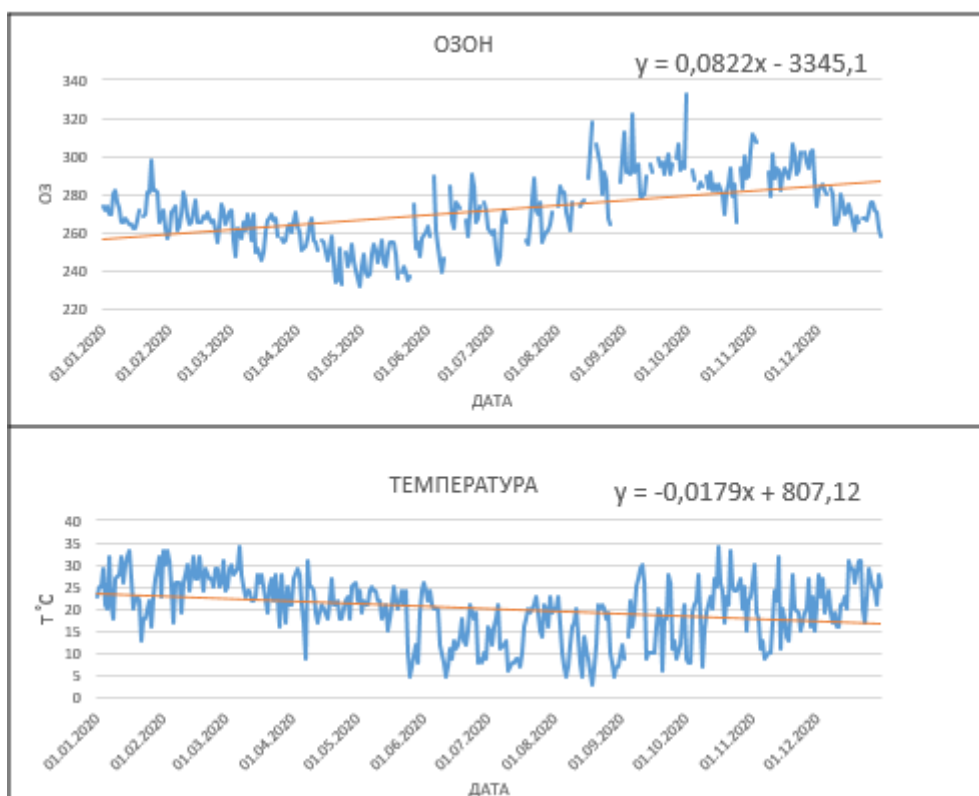


Рис:3.35 температура и ОСО с линией тренда (2019г)

Изменение температуры и ОСО с линией тренда. Каждый месяц
Температура и ОСО изменились - 0,0097 °с и за год подает – 0,12°с

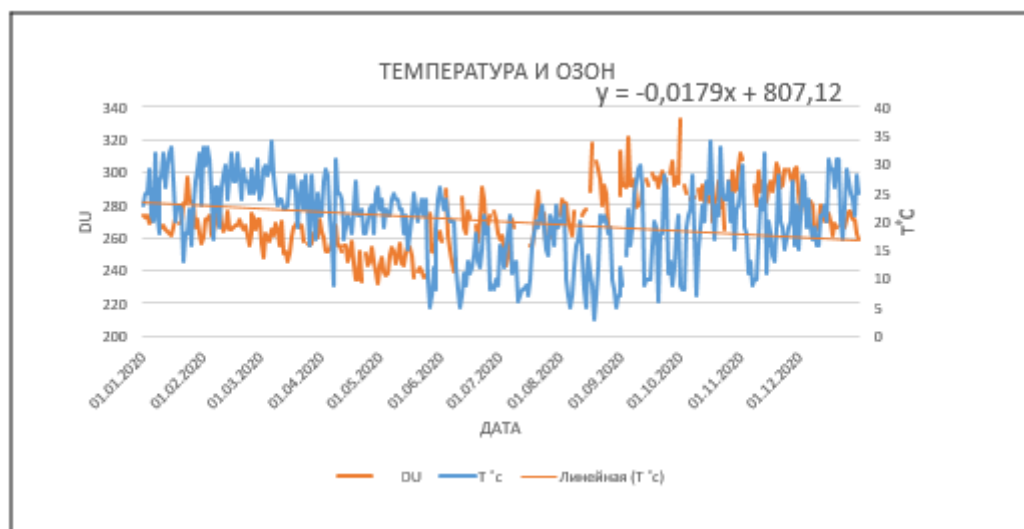


Рис:3.36 температура и ОСО с линией тренда (2020г)

Изменение температуры и ОСО с линией тренда. Каждый месяц ОСО меняется за 0,11единица добсона и за год увеличивался 1,4 °с. Температура каждый месяц меняется -0,02°с и за год подает – 0,24 °с.

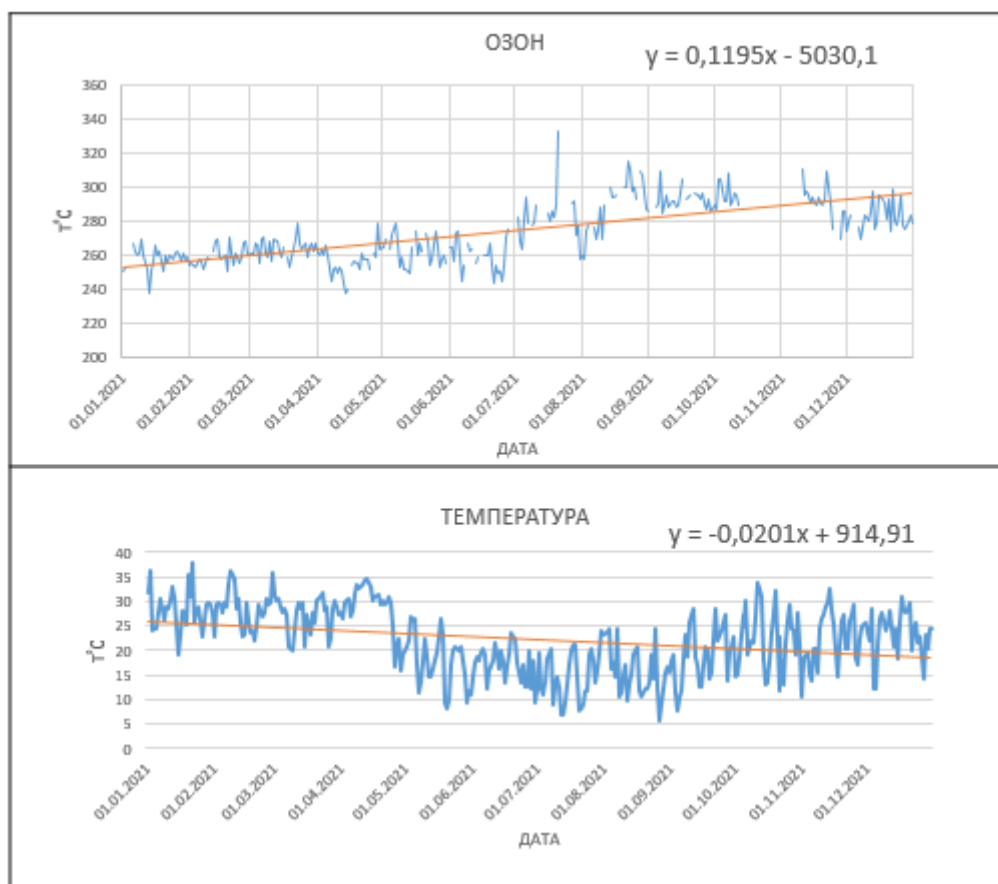


Рис:3.37 температура и ОСО с линией тренда (2021г)

Изменение температуры и ОСО с линией тренда. Каждый месяц
Температура и ОСО изменились - 0,02°с и за год подает – 0,24°с

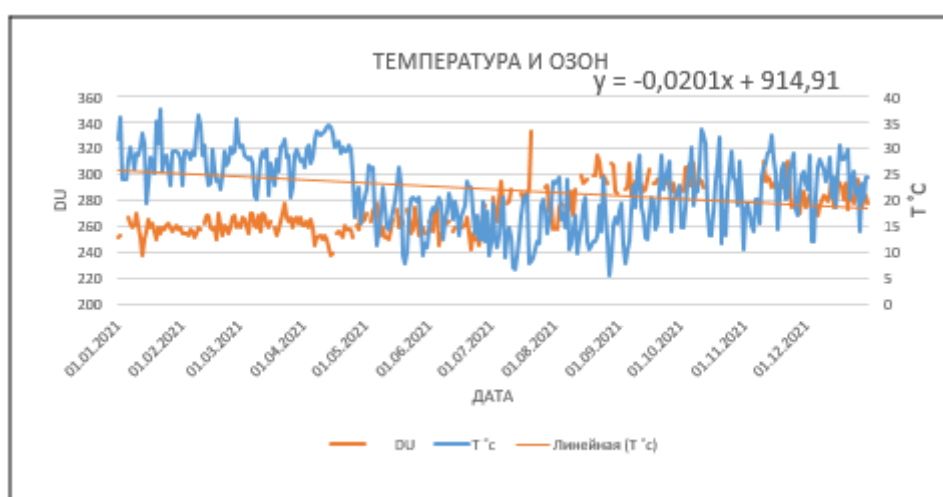


Рис:3.38 температура и ОСО с линией тренда (2021г)

Температура и ОСО меняются на линии тренда. Ежемесячно ОСО меняется на 0,08 единиц Добсона и за год увеличилось на 1,02°. Температура меняется на 0,009 °С каждый месяц и прибавляет 0,11 °С за год.

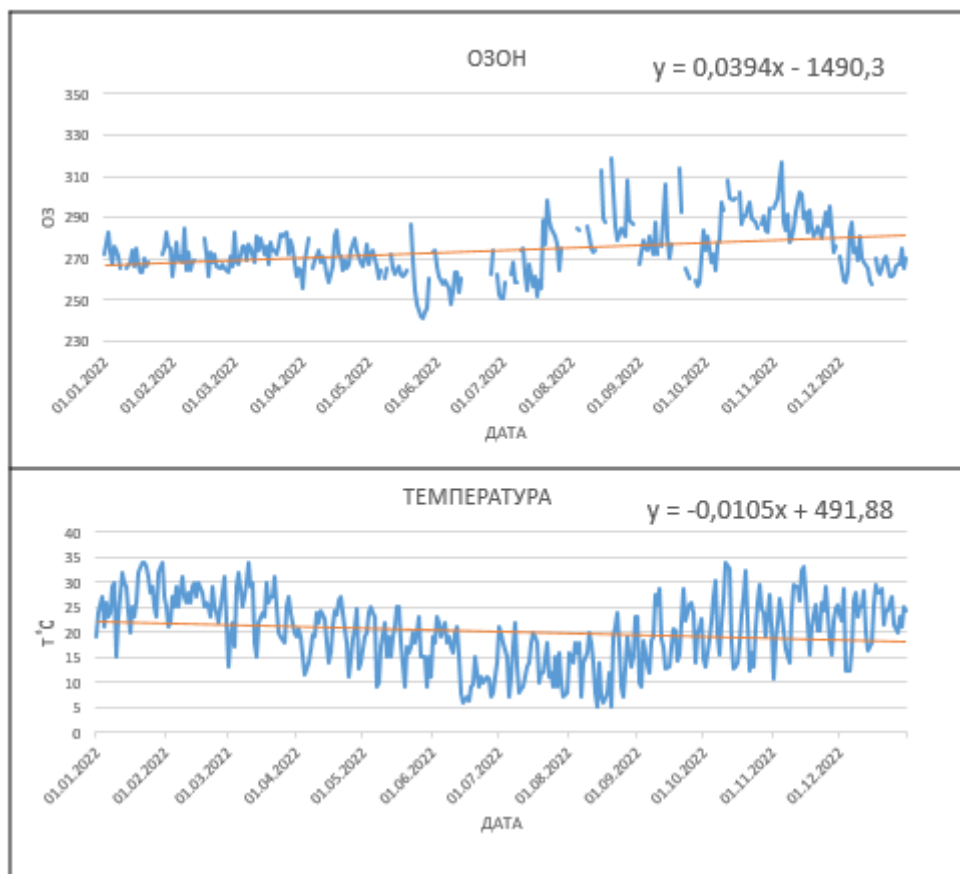


Рис:3.39 температура и ОСО с линией тренда (2022г)

Изменение температуры и ОСО с линией тренда. Каждый месяц
Изменилась температура и ОСО-0,01 С, а за год-0,12 с

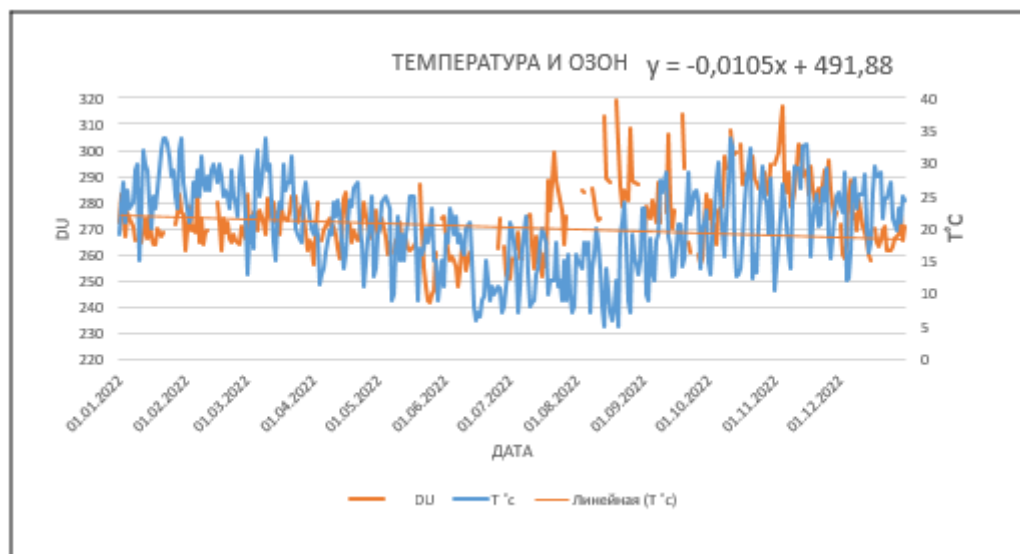


Рис:3.40 температура и ОСО с линией тренда (2022г)

Изменение температуры и ОСО с линией тренда за 5 лет . Каждый месяц
ОСО меняется за 0,007 единица добсона и за 5 лет подает – 0,08 °единица
добсона. Температура каждый месяц меняется -0,0005°с и за 5 лет подает –
0,006 °с.

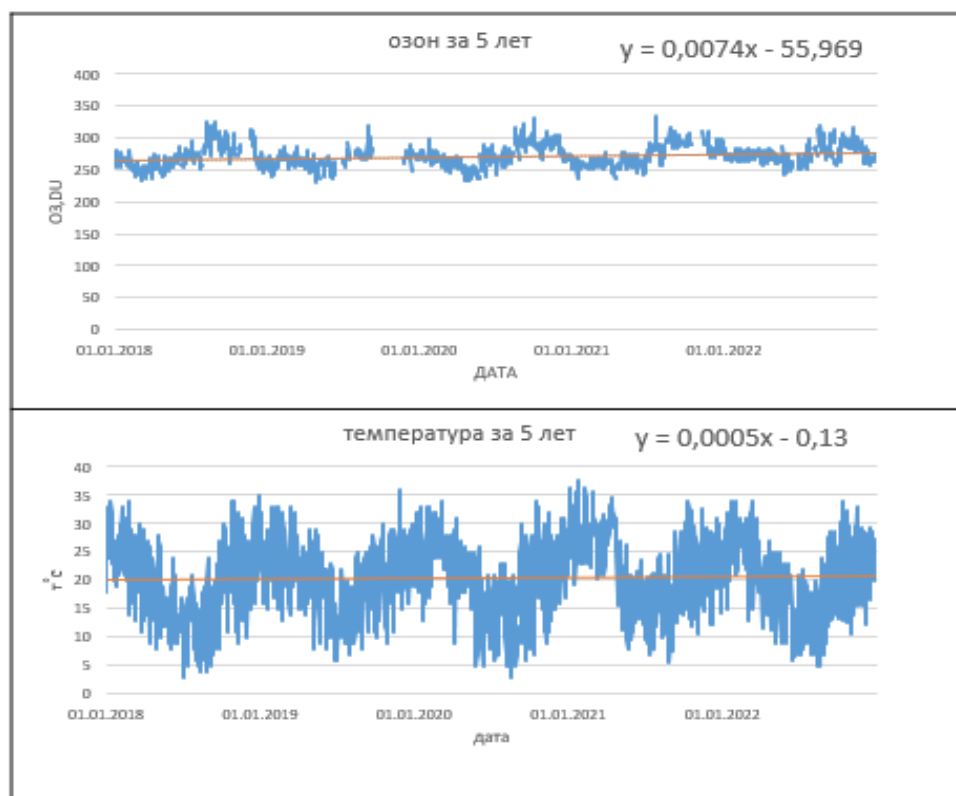


Рис 3.41: температура и озон за 5 лет

Изменение температуры и ОСО с линией тренда 5 лет. Каждый месяц

Температура и ОСО изменились - $0,0005^{\circ}\text{C}$ и за год подает – $0,006^{\circ}\text{C}$

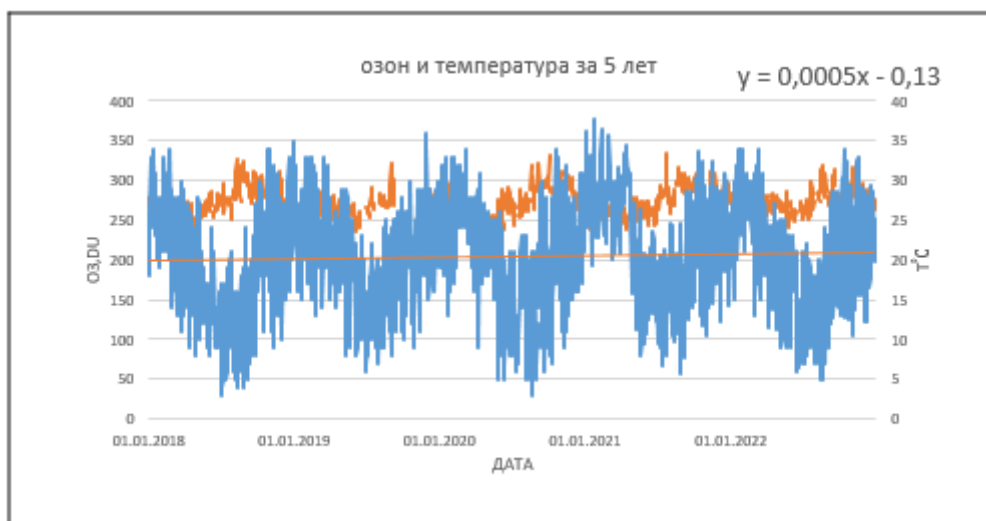


Рис 3.42: изменение температуры и озона за 5 лет

По временному ходу температуры и ОСО за каждый год и за период с мая по сентябрь (примерно 120 дней) построены тренды, определены скорости изменения этих параметров и вычислены изменения T и ОСО, которые помещены в таблицу 1.

Таблица 1

	Уменьшение температуры, °С		Увеличение ОСО, ед.д	
	За год	За летний период	За год	За летний период
2018	-3,5	-2,9	+31	+46
2019	-2,8	-1,3	+17	+40
2020	-6,5	-5,0	+30	+42
2021	-7,3	-2,6	+44	+48
2022	-3,8	-2,8	+14	+43

4. Механизмы взаимовлияния приземной температуры и ОСО

Воздушные потоки, движущиеся в тропосфере и стратосфере, не должны смешиваться между собой из-за наличия инверсии температуры в тропопаузе. Тем не менее, между тропосферными и стратосферными процессами существует сложная многоступенчатая связь. Первая попытка проанализировать связь между этими слоями атмосферы была предпринята только в 2010 г. в обзоре ВМО. С тех пор начались революционные преобразования в научных представлениях о стратосферно-тропосферных связях.

В экваториальной области в результате мощной циклонической деятельности, воздух, поднимаясь в тропосфере, проникает в стратосферу через тропопаузу. Вместе с потоком воздуха в стратосферу попадают водяной пар, тропосферные аэрозоли, парниковые и другие активные газы (рис 3.3.10). Так, хлорфторуглероды (ХФУ), попадая в стратосферу и разрушаясь под действием УФ-излучения Солнца, выделяют свободный хлор, участвующий в каталитических реакциях разрушения озона. Один атом хлора уничтожает до 10000 молекул озона. Таким образом, локальные потепления, приводящие к конвекции, вызывают уменьшение ОСО. Уменьшение ОСО в свою очередь способствует увеличению энергии УФ-радиации, достигающей земной поверхности, растет поглощение и дальнейший нагрев приземного воздуха. Это первый механизм, объясняющий взаимовлияние температуры и ОСО и их обратную зависимость.

На рис 3.3.9! представлена схема возможных путей динамического переноса малых составляющих атмосферы в стратосферу тропической зоны [Красовский, А. Н. Взаимодействие системы "атмосферный озон - климат" / А. Н. Красовский, Л. Турышев // Наука и инновации. – 2011. – № 4(98). – С. 14-16]. На рисунке приведены следующие обозначения: CRT – область наименьшей температуры в тропопаузе, FT - свободная тропосфера, LMS -

нижний слой стратосферы, BL - пограничный слой, МСО – максимальный конвективный отток, TTL - слой тропической тропопаузы, zo – слой радиационного нагрева. Жирной черной линией обозначено положение тропопаузы.

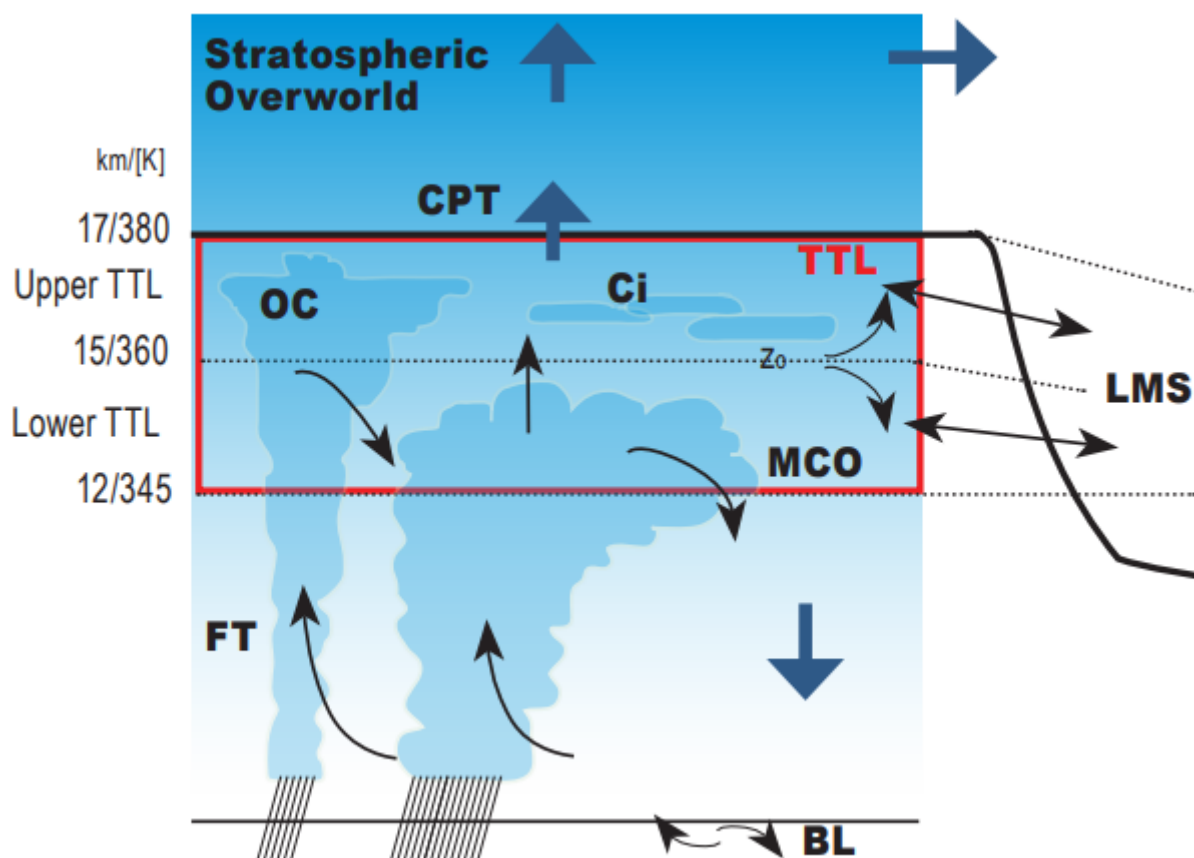


Рис.4.1 Схема возможных путей динамического переноса малых составляющих атмосферы в стратосферу тропической зоны [Красовский, А. Н. Взаимодействие системы "атмосферный озон - климат" / А. Н. Красовский, Л. Турышев // Наука и инновации. – 2011. – № 4(98). – С. 14-16]

Сложность взаимодействия механизмов, действующих в системе «атмосферный озон — погода и климат» - рис 3.3.10, - определяется изменением температуры воздуха в зоне тропопаузы и ее высотой. Ведь само наличие тропопаузы вызвано существованием озонового слоя в стратосфере, поглощающего часть коротковолновой солнечной радиации и формирующего за счет этого зону локального разогрева с максимумом на высоте ~ 50 км. Высота тропопаузы определяется всей совокупностью процессов, протекающих как в тропосфере, так и в стратосфере. Увеличение содержания озона сопровождается опусканием тропопаузы и усилением стратосферно-тропосферного обмена. Проникновение озона в нижнюю тропосферу вместе с увеличением концентрации других парниковых газов экранирует длинноволновое излучение поверхности Земли, что сопровождается ростом приземной температуры [Лукин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н.

Физическая химия озона. — М., 1998.]. Так действует второй механизм, который объясняет положительную связь между температурой и ОСО.

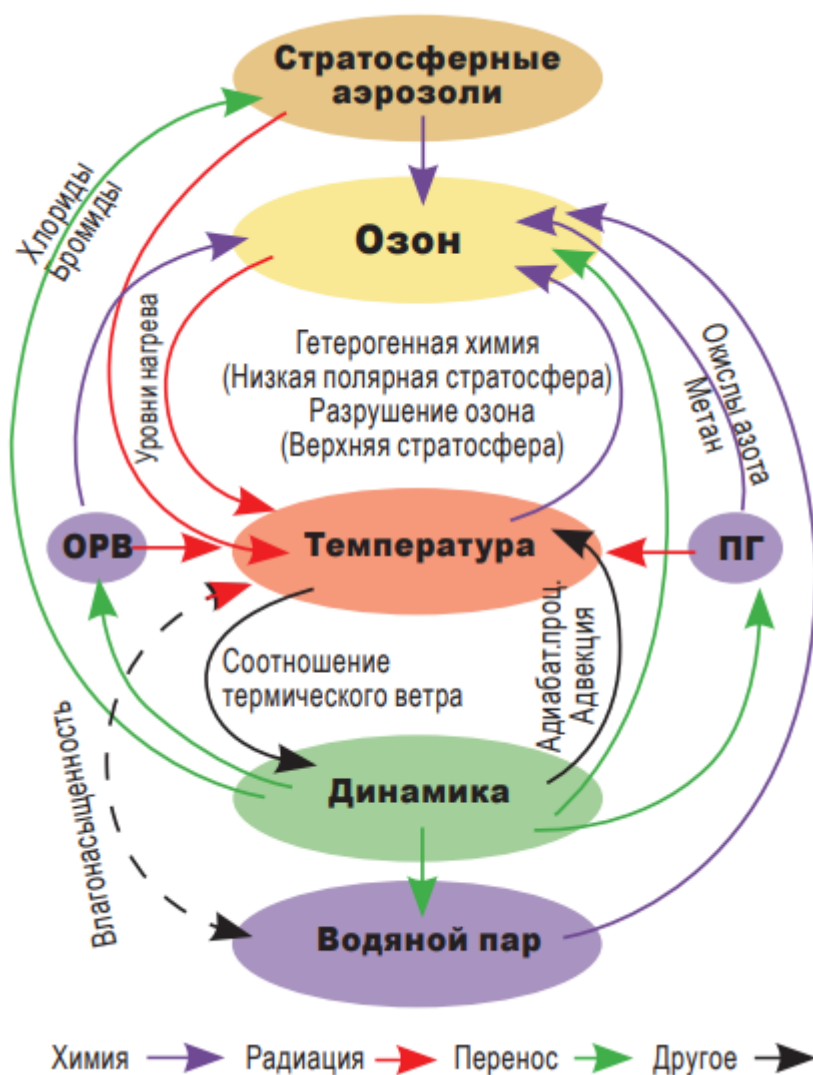


Рис4.2 Химико-климатические воздействия, обусловленные состоянием озонового слоя [Красовский, А. Н. Взаимодействие системы "атмосферный озон - климат" / А. Н. Красовский, Л. Турышев // Наука и инновации. – 2011. – № 4(98). – С. 14-16]

5. Корреляционный анализ температуры и ОСО

Найдены несколько периодов, когда корреляция между температурой и ОСО на станции Скрингбок была довольно высокой. Так, в период с 1 по 28 января 2020 г коэффициент корреляции составил $r=-0,64$ – рис.4.7. В период с 30 марта по 13 апреля 2021 г коэффициент корреляции составил $r=-0,83$ – рис.4.8.

В этот период максимальная температура была 34°C днём и минимальная температура ночью 24°C , направление ветра юго- западное, без осадков, скорость ветра $0,5\text{ м/с} - 6\text{ м/с}$. Коэффициент корреляции $-0,83$ указывает на сильную отрицательную связь между озоном и температурой в этот период времени.

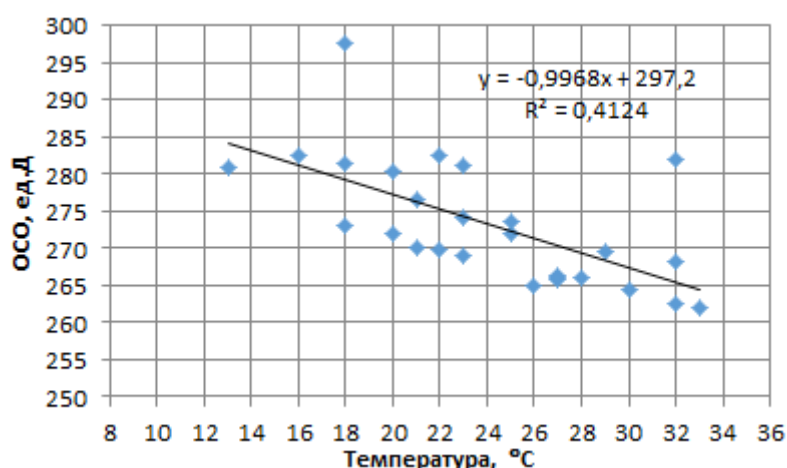


Рис 5,1: Пример периода 1.01.2020-28.01.2020 с высокой отрицательной корреляцией ($r = -0,83$)

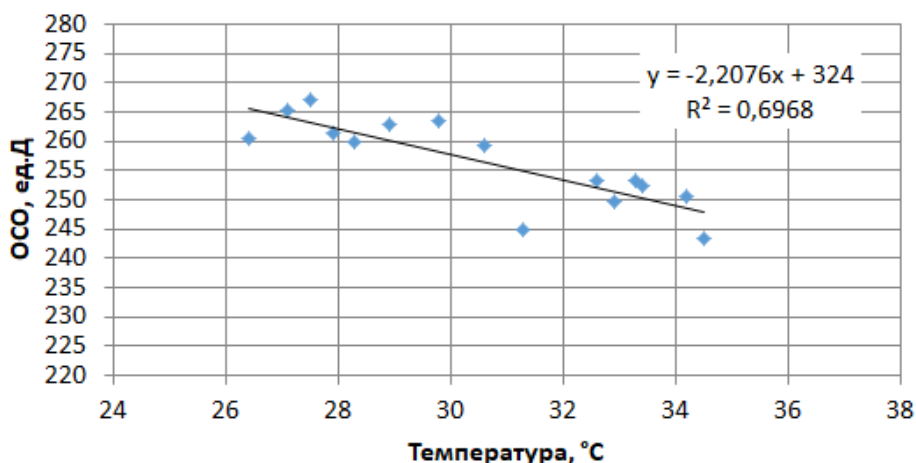


Рис 5.2: Пример периода 30.03.2021- 13.04. 2021 с высокой отрицательной корреляцией ($r = -0,83$)

Для анализа корреляции между температурой и концентрацией озона за 5 лет использовались коэффициенты корреляции, представленные в таблице. Значения коэффициентов корреляции варьируются от -1 до 1, где 1 означает положительную корреляцию, -1 - отрицательную, а 0 - отсутствие корреляции.

- В январе, феврале, апреле, августе, сентябре и ноябре отмечается слабая положительная корреляция между температурой и озоном.

- В марте, мае, июне и июле отмечается слабая отрицательная корреляция между температурой и озоном.

- В некоторых месяцах (например, февраль 2019 года) отсутствуют данные о корреляции.

Таблица 2 : корреляции между озоном и температурой за 5 лет

Год/месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2018	0,05	0,33	-0,11	0,37	-0,29	-0,19	-0,39	0,38	0,07	0,05	0,47	-0,02
2019	0,43	0	-0,23	0	-0,2	-0,27	0,63	-0,43	-0,46	-	-0,38	-0,17
2020	-0,6	-0,07	-0,02	-0,14	-0,48	-0,19	0,4	0	-0,34	-0,34	0,51	-0,07
2021	-0,44	-0,13	0,36	-0,73	0,06	0	-0,4	-0,45	-0,1	-0,07	0,03	0,04
2022	0,15	0,19	-0,11	-0,47	-0,12	-0,44	-0,42	-0,46	-0,24	0,05	0,08	-0,17

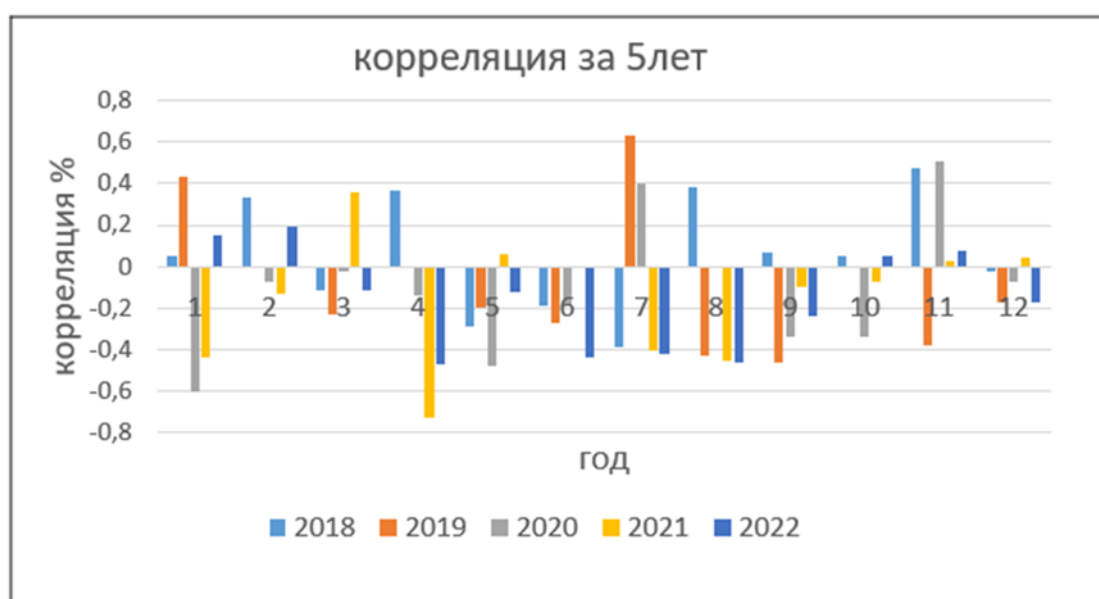


Рис 5,3 Корреляция за 5 лет между ОСО и температурой

Проверка коэффициентов корреляции на значимость

				озон, DU						
Температура, t °C	1									
	-0,33817	1								
	0,284992	-0,18738	1							
	-0,11343	0,288911	-0,0476	1						
	0,445588	-0,41619	0,288089	-0,24833	1					
	0,00789	0,578772	0,017683	0,428907	-0,18391	1				
	0,511873	-0,36992	0,310968	-0,2336	0,397393	-0,14093	1			
	-0,14359	0,506634	-0,11782	0,392155	-0,3025	0,531696	-0,38559	1		
	0,52783	-0,22515	0,352385	-0,1005	0,408593	0,013403	0,577931	-0,13801	1	
	-0,00016	0,290709	-0,01722	0,243089	0,000212	0,4702	-0,07168	0,362799	-0,08794	1

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{N-1}} \quad |t^*| > t_{кр} \quad \text{значимый}$$

$$t^* = \frac{r}{\sigma_r}, \quad |t^*| < t_{кр} \quad \text{незначимый}$$

r	σ	t*	t _{кр}		
-0,33	0,144556	2,28286	1,99	незначимый	
0,28	0,149503	1,872869	1,99	незначимый	
-0,11	0,160259	0,68639	1,99	незначимый	
0,44	0,130815	3,36352	1,99	значимый	
0	0,162221	0	1,99	незначимый	
0,51	0,120028	4,249022	1,99	значимый	
-0,14	0,159042	0,88027	1,99	незначимый	
0,52	0,118357	4,393497	1,99	значимый	
0	0,162221	0	1,99	незначимый	
-0,18	0,156965	1,14675	1,99	незначимый	
0,28	0,149503	1,872869	1,99	незначимый	
-0,41	0,134952	3,03812	1,99	незначимый	
0,57	0,109516	5,204734	1,99	значимый	
-0,36	0,141198	2,54962	1,99	незначимый	

0,5	0,121666	4,109609	1,99	значимый	
-0,22	0,15437	1,42515	1,99	незначимый	
0,29	0,148579	1,951829	1,99	незначимый	
-0,05	0,161854	0,29411	1,99	незначимый	
0,29	0,148758	1,936635	1,99	незначимый	
0,02	0,162171	0,109041	1,99	незначимый	
0,31	0,146534	2,122146	1,99	значимый	
-0,12	0,159969	0,73654	1,99	незначимый	
0,35	0,142078	2,480226	1,99	значимый	
-0,01	0,162205	0,06165	1,99	незначимый	
-0,18	0,156734	1,17341	1,99	незначимый	
0,40	0,136603	2,909107	1,99	значимый	
-0,30	0,147377	2,05257	1,99	незначимый	
0,41	0,135139	3,023501	1,99	значимый	
0	0,162221	0	1,99	незначимый	
-0,14	0,158999	0,88638	1,99	незначимый	
0,53	0,116361	4,569351	1,99	значимый	
0,01	0,162192	0,082638	1,99	незначимый	
0,47	0,126387	3,718745	1,99	значимый	
-0,39	0,138103	2,79203	1,99	незначимый	
0,58	0,108039	5,349287	1,99	значимый	
-0,07	0,161427	0,43363	1,99	незначимый	
-0,13	0,15948	0,81515	1,99	незначимый	
0,36	0,141198	2,54962	1,99	значимый	
-0,08	0,161183	0,49633	1,99	незначимый	

Закключение

На основе совместного анализа значений температуры и ОСО, измеренных на станции Спрингбок за период 2018-2022 гг., в работе были получены следующие выводы.

1. Средняя годовая температура наблюдалась в интервале 19.3 – 22 °С, среднегодовое значение ОСО – 265 – 275 ед. Д.
2. В летнее время (с мая по сентябрь) все годы наблюдался отрицательный тренд температуры и положительный ОСО. Скорость падения значений температуры различалась в разные годы: за летний сезон 2019 г. среднесезонная температура уменьшилась на 1,3°С, а в следующем

2020-м году – на 5 °С. Средние значения ОСО за летний период возрастали на величину 40 ед.Д (в 2019 г) и 48 ед.Д. (в 2021 г).

3. Рассмотрены два механизма, с помощью которых может осуществляться взаимовлияние температуры и ОСО. Предложен метод корреляционного анализа для обнаружения периодов действия этих механизмов. Рассчитаны коэффициенты корреляции за каждый месяц пятилетнего периода. Отрицательных коэффициентов оказалось несколько больше, чем положительных (21 против 19) и противоположная взаимосвязь более сильная, чем прямая (12 коэффициентов со значением менее -0,4 против 9 коэффициентов со значением более 0,4). Таким образом, можно говорить о более частом действии первого механизма в районе станции Спрингбок.
4. Наиболее «активный» месяц, когда каждый год коэффициент корреляции более 0,4 по модулю, т.е. наблюдается то один процесс, то другой – июль. Первый механизм наиболее часто действует в июле и ноябре, второй – в январе, апреле и с июля по сентябрь. Действие первого механизма не встречалось ни разу за весь пятилетний период в феврале, марте и декабре. Действие второго механизма не встречалось ни разу за весь пятилетний период в мае, июне, сентябре, октябре и декабре. В декабре все пять коэффициентов демонстрируют отсутствие связи Т-ОСО (коэффициенты менее 0,17 по модулю).
5. Для более полного понимания взаимосвязи между озоновым слоем и климатическими изменениями необходимо учитывать разнообразные факторы, такие как воздействие солнечной радиации, влажности воздуха, географические особенности региона и многие другие.

Список литературы

1. Grewe V. The origin of ozone //Atmospheric Chemistry and Physics. – 2006. – Т. 6. – №. 6. – С. 1495-1511.
- 1.1. Александров ЭЛ С. Ю. С. Человек и стратосферный озон. – 1979.
- 1.2. Hoag H. Ozone loss warmed southern Africa. – 2013.
- 1.3.Бабаев К. В. Что такое Африка. – Рипол Классик, 2017
- 1.4. Нерушев А. Ф. Воздействие интенсивных атмосферных вихрей на озоновый слой Земли. – 2003.

2.1.Ducrocq V. et al. Two approaches to account for genotype-by-environment interactions for production traits and age at first calving in South African Holstein cattle //Genetics Selection Evolution. – 2022. – T. 54. – №. 1. – C. 43.

