



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

Кафедра метеорологии климатологии и охраны атмосферы

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

На тему: «Роль солнечной радиации в формировании биометеорологического режима атмосферы Кольского полуострова»

Исполнитель Фатов Дмитрий Алексеевич  
(фамилия, имя, отчество)

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

Головина Елена Георгиевна  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
заведующий кафедрой

подпись

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

Сероухова Ольга Станиславовна  
(фамилия, имя, отчество)

«28» мая 2022 г.

Санкт-Петербург  
2022

## Содержание

### Введение

1. Физико-географические особенности и метеорологического режима атмосферы в районе Кольского полуострова

1.1 Факторы, влияющие на циклоническую активность Кольского полуострова

1.1.1 Физико-географическая характеристика Кольского полуострова

1.2 Метеорологический режим атмосферы юга Кольского полуострова с учётом продолжительности солнечного сияния

1.2.1 Повторяемость барических образований

2. Биометеорологические параметры

2.1 Влияние метеорологического режима атмосферы на организм человека

2.2 Формирование погоды при различных барических образованиях на юге Кольского полуострова

2.3 Методы оценки влияния земной погоды на организм человека

3. Роль солнечной радиации в формировании биометеорологического режима атмосферы Кольского полуострова

3.1 Изменчивость тепловой нагрузки на организм человека

3.1.1 Оценка изменчивости эффективной температуры воздуха

3.1.2 Влияние солнечной радиации на тепловую нагрузку атмосферы

3.2 Роль атмосферы Кольского полуострова в возможности метеопатических реакций организма человека

Заключение

Список использованной литературы

## ВВЕДЕНИЕ

Человек и погодные условия тесно связаны, так как климат может сильно влиять на его организм. Это воздействие может быть различным – как благоприятным, так и негативным. Исходя из этого можно сделать вывод, что важно исследовать метеорологические условия для оптимальной жизни человека.

Для того, чтобы оценить комфортность и доступность проживания человека в различных районах, рассматривают биометеорологический режим атмосферы. С помощью определённых параметров можно сделать расчёты и на их основе дать оценку уровня комфортности атмосферы и возможную степень воздействия земной погоды на жизнедеятельность человека.

В данной работе рассматривается район Кольского полуострова, где существуют полярный день и полярная ночь, оказывающие влияние на тепловую нагрузку на организм человека.

*Цели работы:* исследовать влияние солнечной радиации в формировании биометеорологического режима атмосферы г. Апатиты, используя временные и пространственные анализы параметров

*Задачи исследования:*

- создать базу метеорологической и синоптической информации для станции г. Апатиты за 2016-2020гг.
- рассчитать и проанализировать биометеорологические показатели для атмосферы в районе метеостанции Апатитовая

- рассмотреть сезонную изменчивость биометеорологического режима атмосферы исследуемого района
- оценить роль солнечной радиации в формировании биометеорологического режима атмосферы г. Апатиты по метеорологической информации за 2020г.
- выполнить оценку барического образования, формирующего неблагоприятную погоду в исследуемом районе

## 1. Физико-географические особенности и метеорологического режима атмосферы в районе Кольского полуострова

### 1.1 Физико-географическая характеристика Кольского полуострова

Кольский полуостров занимает около 100 тыс.км<sup>2</sup> и располагается на северо-западе Российской Федерации в составе Мурманской области. Практически вся территория находится за Северным полярным кругом.

На севере полуостров омывается Баренцевым морем, на юге и востоке Белым морем. На западе полуострова расположены горные массивы с плоскими вершинами: хибины и Ловозёрские тундры, их высота составляет приблизительно до 1120м (самая высокая г. Часначорр, 1191м.), а в центральной части водораздельная гряда Кейвы, образованная из отдельных цепей, её высота значительно меньше и составляет 397м. Для востока характерен волнистый рельеф, где высоты достигают 150-250м.

Баренцево море, омывающее северный берег Кольского полуострова имеет резкое отличие от моря, омывающего восточный и южный берега. Это связано с тем, что та часть Северного Ледовитого океана, что омывает берег, находится под влиянием восточной ветви течения Гольфстрим. Именно поэтому температура моря остаётся относительно высокой, и оно не может замёрзнуть. На остальной части территории полуострова влияния Гольфстрима сказывается меньше. Белое море, как было уже описано ранее, омывает восточные и южные берега, температура ниже, поэтому вдоль берегов образуются приличные массы льда, а открытое море покрывается множеством льдин. Летом прогреваются только верхние слои воды, а на глубине температура остается низкой.

Внутренняя часть полуострова представляет собой волнистую возвышенную равнину. Её самые высокие части находятся на западе. Затем подъём на восток уменьшается и обычно не поднимается выше 50-100 метров над окружающей равниной. В большинстве случаев эти нагорья имеют куполообразную или платообразную форму и в значительной степени покрыты болотами. Равнина между этими холмами довольно однообразная по высоте.

## 1.2 Факторы, влияющие на циркуляцию атмосферы в районе Кольского полуострова

Очень важным климатообразующим фактором для Кольского полуострова считается разность температуры поверхности воды Баренцева моря ( $T_1$ ) и надводного слоя воздуха ( $T_0$ ). В период с сентября по май  $T - T_0 > 0$  и достигает наибольших значений зимой с ноября по март включительно. В данном периоде воздушные массы над акваторией моря активно прогреваются и увлажняются снизу, и поэтому приобретают наибольшую влажностную неустойчивость. Это создает подходящие условия для усиления циклонической деятельности над Баренцевым морем зимой и в переходных сезонах. Усиление циклонических процессов над Баренцевым морем приводит к увеличению средней скорости ветра и повторяемости штормов на Мурманском побережье. Кроме того, с усилением циклонической активности над акваторией Норвежского и Баренцева морей увеличивается повторяемость вторжений теплого воздуха с Атлантического океана, что является одной из причин того, что на Кольском полуострове тёплая зима. Летом, с июня по август включительно, среднее значение  $T - T_0 < 0$ . Поэтому воздушные массы континентального или атлантического происхождения, с одной стороны, охлаждаются над поверхностью Баренцева моря, а, с другой стороны, нагреваются сверху за счёт ежедневного поступления солнечной радиации и, в результате получают более устойчивую вертикальную

структуру. Это создает более подходящие условия для развития антициклонов над Баренцевым морем и крайними северными районами. С развитием антициклонов связано ослабление ветра на мурманском побережье в летние месяцы и переходом его на северные направления. Увеличение повторяемости северных ветров на Мурманском побережье и в северных районах Кольского полуострова обуславливает прохладное лето по сравнению с более южными районами.

Весомое значение для климата Мурманской области имеет также наличие горных хребтов на западном побережье Скандинавии. На западные склоны этих гор выпадают обильные осадки из-за адвекции влажного воздуха из северных районов Атлантического океана. Поэтому воздушные массы атлантического происхождения теряют значительную долю своей исходной влажности, проходя через Скандинавские горы. Это одна из причин значительного уменьшения количества зимних осадков в Мурманской области, несмотря на их высокую повторяемость в этом сезоне. Кроме того, наличие Скандинавских гор значительно понижает тепловой эффект адвекции тёплого атлантического воздуха, поэтому среднее количество дней с оттепелью зимой в Мурманской области меньше числа дней с адвекцией теплых воздушных масс из северных районов Атлантического океана.

### 1.3 Метеорологический режим атмосферы юга Кольского полуострова с учётом продолжительности солнечного сияния

Так как Кольский полуостров находится на крайнем северо-западе России, то это оказывает прямое воздействие на его климат. Вдоль близ Мурманского побережья проходит тёплое поверхностное Нордкапское течение, оно играет очень важную роль в обеспечении незамерзающего режима Мурманску, а также всем портам северного побережья Кольского полуострова, в соответствии с этим климат здесь менее суровый. Но

расположение на севере определяет значительное влияние холодных арктических воздушных масс и маленькую величину солнечной радиации, которая в свою очередь принимает участие в климатообразующих процессах.

Суммарная радиация колеблется от 15 ккал/см<sup>2</sup> на северо-восточном берегу Кольского полуострова до 30 ккал/см<sup>2</sup> в южной части Карелии. Над акваторией Баренцева моря зимой и летом проходят циклоны арктического фронта, существенно влияющие на климат региона.

Зимой на Кольском полуострове устанавливается полярная ночь, так как территория почти полностью лежит за полярным кругом. Её продолжительность составляет два месяца (п-ов Рыбачий), 36 дней в Мурманске и 8 дней в Кандалякше. В это время солнце полностью отсутствует. Происходит развитие циклонической деятельности на Баренцевоморской ветви арктического фронта, что определяет господство над территорией Карелии и Кольского полуострова устойчивого юго-западного потока более тёплого морского воздуха умеренных широт со значениями температуры, близкими к 0°С, либо континентального, его температура ниже от -10°С до -15°С. Устанавливается относительно тёплая, но снежная и ветреная погода. Оттепели бывают из-за вторжения тёплого воздуха, тогда температура может подниматься до 5°С. Похолодания связаны с вторжением в антициклоны воздуха из центральных районов Арктики, температура может понижаться до значений от -35°С до -40°С, абсолютный минимум колеблется от -38°С до -54°С.

Циклоническая деятельность погоды зимой сопровождается высокой относительной влажностью (около 80%), пасмурностью и частыми снегопадами.

Снежный покров наблюдается почти пять месяцев в году. Его мощность составляет 50-70 см, а в горных районах значения достигают 1 метра. Вследствие неравномерного распределения снежного покрова на склонах гор образуются лавины. Летом на Кольском полуострове устанавливается

полярный день, его продолжительность составляет два месяца (г. Мурманск), один месяц (г. Кандалакша).

Лето на Кольском полуострове прохладное и дождливое, усиливается циклоническая деятельность на арктическом фронте, в тыл циклонов затекает холодный арктический воздух. Так как на побережье полуострова преобладают северные ветры, поэтому при значительном поступлении солнечной радиации арктический воздух достаточно быстро прогревается. Средние температуры составляют от 8°C до 12°C. Относительная влажность воздуха меньше, чем зимой, но всё равно высока и составляет 65-70%. Осадков выпадает больше, чем в другие сезоны. Редко возможны вторжения тропического воздуха, при котором температуры могут достигать 25-33°C. Годовая сумма осадков 500-700 мм, в горах достигает отметки до 1000 мм. Увлажнение повсюду избыточное, так как испарение гораздо ниже количества выпадающих осадков.

Рассмотрим подробнее климатические особенности южных территорий полуострова.

Кандалакша находится южнее всех городов региона. Расположена на побережье Кандалакшского залива Белого моря, в устье реки Нива. Климат здесь более континентальный, потому что город расположен вдали от Баренцева моря, является переходным от умеренного к субарктическому. Лето короткое и прохладное, а зима более холодная, чем в Мурманске, но осадков в виде снега выпадает меньше. Начало весны примерно только с конца апреля, начало зимы с конца октября.

Среднегодовая температура воздуха – 0,4 °С, относительная влажность воздуха – 80%, средняя скорость ветра – 2,5 м/с. Термический режим южного побережья полуострова суровее, потому как Белое море даже покрывается льдом.

Апатиты расположен в северной атлантико-арктической климатической области умеренного климата. Климат формируется под влиянием Хибин, они расположены севернее города, и озером Имандра,

которое наоборот расположено южнее. Это является важнейшим микроклиматическим фактором.

Отличительными чертами климата являются достаточно длительная, не суровая зима (с ноября по март) и прохладное лето. Средние значения температуры составляют от  $-13^{\circ}\text{C}$  до  $-15^{\circ}\text{C}$ . Сильные морозы возникают нечасто, также бывают оттепели. Ветер здесь имеет сезонный характер. Так, зимой преобладают ветра с гор, а летом – с озера Имандра. Смена ветров происходит в мае и сентябре. Средние значения температуры в июле составляют от  $+13^{\circ}\text{C}$  до  $+14^{\circ}\text{C}$ . Снежный покров лежит в среднем 250 дней и полностью сходит только к концу мая.

Количество часов солнечного сияния обратно пропорционально количеству облачности и прямо пропорционально продолжительности дня. Среднегодовое количество солнечных часов на Кольском полуострове небольшое, от 1300 до 1400 в центральных районах и от 1000 до 1100 на Мурманском и на востоке Терского побережий, что является 25-30% от возможного. Средняя абсолютная продолжительность солнечного сияния достигает минимума в период полярной ночи в декабре, и двух максимумов: первого, слабо выраженного в апреле, от 160 до 220 часов, и второго, основного, в июне и июле от 220 до 280 часов. Незначительное уменьшение продолжительности солнечного сияния, по сравнению с апрелем, происходит в мае. Это связано с увеличением облачности в этом месяце.

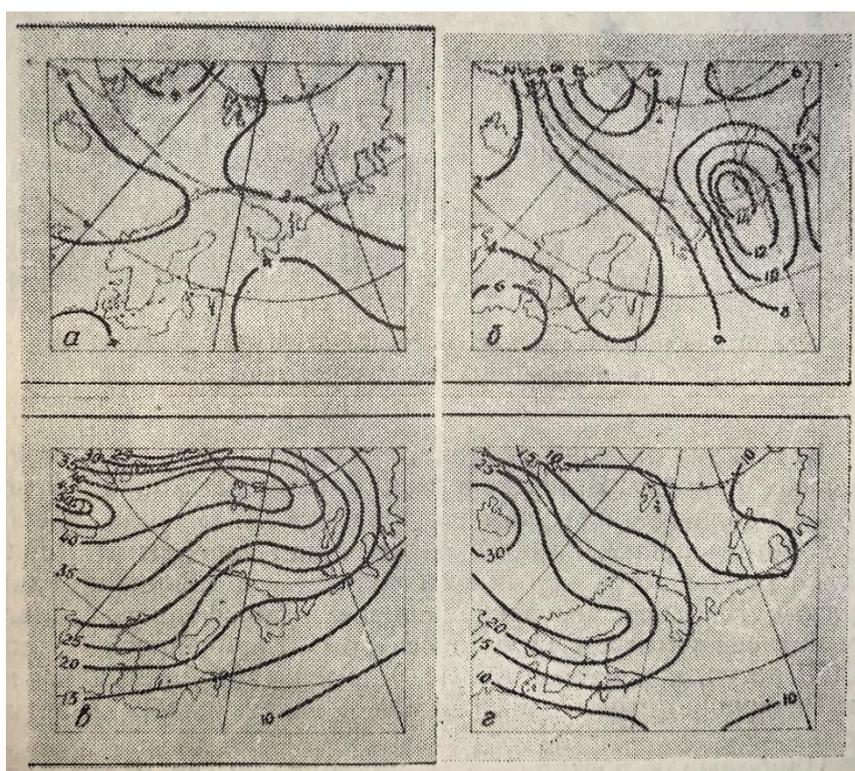
Относительное количество часов солнечного сияния имеет максимум в те же месяцы, что и абсолютное, выражено в % к возможному. Апрельский максимум является главным, а июньский менее выражен. В апреле относительная продолжительность солнечного сияния достигает 38-46% от возможной, а в июне 31-39% от того же значения. В мае средняя относительная продолжительность солнечного сияния из-за роста облачности понижается до 30-24% от возможной. Поэтому, частично март, апрель, июнь и июль по продолжительности солнечного сияния наиболее благоприятны.

Преобладание антициклонической погоды влияет на увеличение, а преобладание циклонической погоды - на уменьшение продолжительности солнечного сияния. Абсолютное и относительное количество часов солнечного сияния возможно в июне и июле в максимальных количествах. В эти месяцы значения достигают 320-430 часов, это 50-60% от возможного. Ни в одном другом месяце нет такой продолжительности солнечного сияния.

Наименьшее относительное количество солнечных часов даже в менее пасмурные месяцы имеет не более 24% от возможного, но может быть и уменьшено до 15-10%.

### 1.3.1 Повторяемость барических образований

По классификации климатов Б.А. Алисова Мурманская область относится к атлантико-арктической зоне умеренного пояса. Характерной особенностью атмосферной циркуляции этой зоны является высокая повторяемость дней с адвекцией тёплых масс воздуха из северных и центральных районов Атлантического океана и более холодных из



атлантического сектора Арктики, также зимой и в переходные сезоны более интенсивная циклоническая деятельность, а более слабая – в летнее время.

Рисунок 1.1 – Повторяемость антициклонов: в январе (а) и в июле (б) и циклонов: в январе (в) и в июле (г) по Х.П. Погосяну.

Из рисунка 1.1 видно, что повторяемость антициклонов в январе над Северной Европой и в районе северных морей относительно небольшая, но заметно увеличивается в июле. При этом зона наибольшей повторяемости антициклонов в июле занимает северные районы Гренландского и юго-восточные районы Баренцева морей. Над Мурманской областью от января к июлю повторяемость циклонов намного уменьшается, а повторяемость антициклонов увеличивается более чем в два раза. Данное сезонное перераспределение зон активного циклогенеза и антициклогенеза оказывает влияние и на среднее барическое поле над районами северных морей, северной Европы и Европейской части России.

Зимой в северных районах Норвежского и Баренцева морей атмосферное давление ниже, чем над материком. В июле, и в целом в летнее время, барическое поле над северными морями сильно размывается при общем повышении давления. Таким образом, сезонное перераспределение атмосферного давления над северными морями и севером Европейской части России носит муссонный характер, хорошо выраженный зимой и более слабо в летнее время.

В соответствии с сезонным перераспределением зон интенсивного циклогенеза, испытывает изменение и направленность основных переносов воздушных масс. В холодную часть года, в этап интенсивной циклонической деятельности над Норвежским и Баренцевым морями, Кольский полуостров располагается под доминирующим воздействием тёплых масс атлантического воздуха в тёплых секторах циклонов и сравнительно тёплых масс морского арктического воздуха в их тылу. Преобладание воздушных масс морского происхождения делает возможным на Кольском полуострове зиму и осень

аномально тёплыми. Но, зимой и весной и реже – летом и осенью, на территорию Кольского полуострова возможны вторжения и более холодных масс воздуха с Карского моря или полуострова Таймыр, с которым, при последующих прояснениях, связаны наиболее интенсивные похолодания.

В тёплую часть года, особенно в период с июля по август включительно, значительное ослабление циклонической деятельности исключает высокую повторяемость воздушных масс атлантического происхождения. С другой стороны, резкое увеличение повторяемости антициклональных ситуаций над Печорским морем и циклонов над южной Скандинавией приводят к росту числа дней с адвекцией тёплого континентального воздуха. Заток теплого континентального воздуха вызывает на Кольском полуострове кратковременные вспышки жаркой погоды с грозовой и ливневой деятельностью. Однако, в большей части лета на Кольском полуострове у земли преобладает слабая адвекция холодного воздуха с Баренцева моря, которая обуславливает прохладную погоду. Более сильное похолодание – до заморозков в ночные часы, в центральных районах Кольского полуострова – летом реально только при вторжении холодного арктического воздуха с последующим прояснением.

Подводя итог, можно сказать, что в районе полуострова зимой преобладает западно-восточный перенос относительно тёплых морских воздушных масс, а летом меридиональная циркуляция. В переходных сезонах, осенью и весной, атмосферная циркуляция менее устойчива. Однако, осенью преобладают массы воздуха атлантического происхождения, а весной увеличивается повторяемость затоков холодного арктического воздуха. Таким образом, теплая осень и холодная весна отчасти связаны и с циркуляционными условиями.

## 2 Биометеорологические параметры

### 2.2 Влияние метеорологического режима атмосферы на организм человека

У всех метеоэлементов имеется своё биологическое значение. Такого рода факторы внешней среды довольно часто могут вызывать патологические реакции, которые образуются в организме человека, называемые метеопатическими.

Возникновение негативной метеопатической реакции - следствие недостаточной работы адаптационных механизмов, которая, в свою очередь, может привести к развитию дезадаптации. Климат и погода воздействуют на человека как прямым, так и сигнальным образом. Прямое воздействие - это воздействие метеорологических факторов на тепловое состояние его организма, а сигнальное воздействие вызывает патологические (метеопатические) реакции у людей, которые к этому предрасположены и ухудшение самочувствия у здоровых людей. Возникновение экстремальных погодных условий может вызывать нарушение физиологического состояния организма и искажение нормального течения адаптации. Но здесь следует отметить, что подобные условия могут быть восприняты людьми абсолютно по-разному: что для одних является опасным, для других - нет. Из этого можно сделать вывод, что метеопатическая реакция – это результат взаимодействия конкретных погодных условий и соответственно индивидуального человеческого организма. К этому всему важно добавить, что на самочувствие человека влияют не только сами метеорологические условия, но и изменчивость отдельных метеорологических элементов в пространстве и

времени. Рассмотрим влияние метеопараметров более подробно по отдельности.

**Атмосферное давление.** Изменения давления имеет влияние на организм человека. Происходит это таким образом, что, например, при понижении атмосферного давления газы в желудочно-кишечном тракте расширяются, это приводит к тому, что органы могут растягиваться. Частым явлением бывает ухудшение аппетита и расстройство пищеварения. Могут возникать затруднения дыхания, а также нарушение функций сердечно-сосудистой системы. С резкими перепадами атмосферного давления связана даже глухота, так как давление в барабанной полости соответствует нормальному атмосферному давлению и, если происходит понижение атмосферного давления, это приводит к тому, что барабанная перепонка выпирает, а при повышении втягивается, что может ощущаться, как глухота.

**Ветер.** Значение ветра на самочувствие человека играет большую роль, так как он перераспределяет влагу на Земле, выравнивает температуру, очищает воздух. Существует индекс ветрового холода, который характеризует скорость охлаждения под действием ветра. Это означает, что, допустим, при более высокой температуре, но с более сильными скоростями ветра, температура будет ощущаться, как если бы температура была более низкая, но с менее сильными скоростями ветра. При сильном ветре, оказывающем давление на поверхностные ткани тела, вызывает утомление, препятствует правильному дыханию, вызывает одышку, головные боли, бессонницу и даже негативно действует на психику человека. Ещё ветры с сильными скоростями могут поднимать в воздух капли воды с поверхности какой-либо акватории, которые могут быть заражены, и таким образом переносить инфекционные заболевания.

**Температура воздуха.** Температура является одним из важных факторов влияния на человека. Чувствительность человека к изменчивости температуры значительна, особенно к низким её значениям, потому что

способность к потоотделению у человека более развита, что даёт ему возможность поддерживать постоянную температуру тела при высоких температурах. В различных частях тела терморегуляция происходит по-разному. В холодных условиях только мозг, грудная клетка и органы брюшной полости поддерживают постоянную температуру 37°C, а остальное тело охлаждается. При нахождении человека в тёплой среде, температура распределяется более равномерно. Кожа сильнее всего реагирует на повышение температуры: изменение внутренней температуры обычно не превышает 0,5 °C, теплопроводность кожи при температуре от 12°C до 28°C увеличивается медленно, а выше 29°C быстро растёт.

К высоким температурам человек лучше приспособлен, так как у него имеется выделение пота, которое позволяет отводить тепло. Адаптация организма человека к повышенной температуре как правило происходит несколько дней и заключается в снижении температуры тела, замедлении ритма сердечной деятельности и усилении потоотделения. Но, конечно же, не все люди имеют возможность адаптироваться к длительному воздействию температур. Особенно это касается людей, приехавших в новую для себя местность. У иммигрантов и эмигрантов есть названия таких болезней: тропические и холодовые. Первые выражаются в солевом и тепловом истощении организма, экспоненциальном росте смертности, вторые — в увеличении числа сердечно-сосудистых и других функциональных нарушений.

Солнечная радиация. Влияние солнечной радиации на самочувствие и здоровье человека чаще всего выражается тепловым и световым воздействием. Также солнечное излучение обладает рядом других свойств, оно может оказывать химическое, противорахитическое, бактерицидное, мутагенное и другие действия. Комфорт и дискомфорт людей во многих случаях определяет термическое воздействие, особенно на открытом воздухе. Действие загара заключается в коротковолновом ультрафиолетовом излучении, поэтому сразу после длительного пребывания на солнце появляется покраснение кожи. При

высокой интенсивности это может произойти через 1 час, при умеренном воздействии 4-7 часов. Кожа приобретает коричневый оттенок. Солнечный ожог вызывается повышенным содержанием меланина в эпидермисе кожи и может сохраняться от несколько месяцев до года и более. Они появляются при очень интенсивном облучении. При отсутствии заражения следы ожогов пройдут бесследно, но если большая поверхность кожи подверглась интенсивному облучению, последствия могут быть опасными для жизни. У таких переоблученных людей тело горит, а ночью повышается температура, возникают головные боли, бессонница, озноб, тошнота, раздражительность, болят мышцы и даже кости, пропадает аппетит. Причём ожоги можно получить не только в солнечную погоду, но и в пасмурную, так как рассеянное солнечное излучение содержит много ультрафиолетовых лучей. Чувствительность отдельных частей тела человека снижается в данной последовательности: грудь, живот, спина, шея, лицо, верхние и нижние конечности. Есть также сезонные колебания чувствительности к солнцу, максимум её приходится на весну и осень, а минимум на лето и зиму, зимой особенно в феврале. Конечно же, важно учитывать и пол с возрастом человека. Мужчины менее чувствительны, чем женщины, дети более взрослых, влиять может даже цвет волос, например, люди с рыжим цветом волос более чувствительны к ультрафиолетовому излучению, затем следует блондины, шатенки, брюнетки. Бактерицидное действие также обусловлено ультрафиолетовыми лучами. Практически все бактерии могут быть уничтожены или их деятельность ослаблена ультрафиолетовым излучением.

Ультрафиолетовое излучение оказывает негативное воздействие на глаза. Воздействие света также приводит к быстрой утомляемости, снижению сопротивляемости различным заболеваниям. Ультрафиолетовые лучи позволяют лечить и предотвращать рахит, образуя в организме человека витамин D. Рак кожи распространен у всех народов, но частота заболеваний в разных странах очень отличается. Сильнее подвержены этому заболеванию люди со светлым типом кожи, получающих высокие дозы ультрафиолетового

излучения. При перемещении в низкие широты кожа людей сравнительно медленно приобретает защитные свойства, что увеличивает риск заболевания. К примеру, на Гавайских островах рак кожи среди европейцев возможен в 42 раза чаще, чем среди коренного населения.

Влажность воздуха. Данный метеорологический параметр тоже имеет определённое влияние на здоровье человека. Гигиенической нормой считается относительная влажность от 30 до 60%. Действие холода усиливается, а жара переносится труднее, если влажность повышается. Такое негативное влияние сказывается на людях, имеющих проблемы с почками, также оно повышает артериальное давление и даже вызывает небольшие кровотечения.

Исходя из перечисленного выше, можно сказать, что климатические условия имеют огромное значение во влиянии на организм человека. Определённый ряд метеофакторов и их сочетаний могут приводить к ухудшению состояния, заболеваний и даже смерти людей.

## 2.2 Формирование погоды при различных барических образованиях на юге Кольского полуострова

Распределение среднего сезонного атмосферного давления в Мурманской области носит муссонный характер. Зимой высокое давление на крайнем юге Мурманской области постепенно понижается к северу и северо-западу. Зимой и осенью распределение давления аналогично. Но средняя величина барического градиента, направленного на север или северо-запад, меньше осенью, чем зимой. Летом среднее барическое поле над Кольским полуостровом сильно размыто. Наиболее высокое давление в этом сезоне приходится на Мурманское побережье. Здесь оно несильно увеличивается с востока на запад, но не больше, чем на 1 мб. Южнее побережья давление немного понижается. Средний барический градиент, направленный летом к

югу, очень невелик и значительно меньше, чем весной и осенью, а зимой тем более.

Годовой ход атмосферного давления для станций Мурманской области одинаковый и идентичен для других районов, располагающихся около Баренцева моря. Имеет ярко выраженный максимум в мае и минимумы в ноябре и январе. Сильное повышение давления в мае связано с заметным ростом повторяемости антициклонов в этом месяце при сохранении их интенсивности, характерной для холодного полугодия. В летний период, несмотря на рост повторяемости антициклонов, средняя величина давления понижается, так как их интенсивность летом над землей сильно меньше, чем зимой и весной. Антициклоны летом быстро разрушаются, если выйдут на сушу. Более сильное понижение атмосферного давления возникает осенью и не заканчивается до января. Оно связано с ростом повторяемости и интенсивности циклонических процессов над северной частью Атлантического океана, Баренцевым морем и северными районами Европейского материка. Из-за большой интенсивности барических образований зимой, абсолютная изменчивость атмосферного давления значительно растёт.

Температурный режим зимой на Кольском полуострове образуется под влиянием циклонической погоды со значительной облачностью и более высокой повторяемостью тёплых масс воздуха атлантического происхождения, в других сезонах это менее выражено. В летнее время, когда повторяемость антициклонов увеличивается, растёт и роль радиационного прогрева.

С высокой повторяемостью циклонов связано частое прохождение фронтов в Мурманской области, с которыми связана значительная и сплошная низкая и общая облачность. Увеличению нижней облачности способствует благоприятно высокая повторяемость воздушных масс морского происхождения. Большая влажность также содействует интенсивному

образованию облачности тем, что создаёт благоприятные условия для развития конвективных кучевых форм – в период радиационного прогрева, и слоистых форм – в период радиационного выхолаживания нижних слоёв воздуха.

Зимой, когда преимущественно радиационное выхолаживание приземного слоя воздуха, над рядом находящимися предгорьями образуются инверсии. Из-за высокой повторяемости зимних приземных радиационных инверсий средняя температура зимних месяцев в высокогорных районах почти не отличается от такой же температуры в долинах и низменностях. В одни из самых холодных месяцев зимы: январе и феврале, средняя температура в высокогорье даже выше, чем в окружающих низменностях. При этом температурную инверсию можно заметить здесь даже при средних температурах наиболее холодных месяцев.

Летом, весной и осенью в период прогрева воздушных масс в слое до 1000 м, возникают значительные вертикальные градиенты температуры, это значит, что температура быстро понижается с высотой. Поэтому в эти сезоны в предгорных районах и котловинах значительно теплее.

В период наиболее интенсивного похолодания, опять же в январе и феврале, в высокогорном районе теплее, чем в низинах, а в период наиболее интенсивного потепления, с мая по июль, на высотах значительно холоднее, чем внизу.

Высокие, по абсолютной величине, отрицательные аномалии температуры образуются зимой в предгорьях и котловинах, так как происходит радиационное выхолаживание приземного слоя воздуха в периоды устойчивой антициклональной погоды. Однако, высокие положительные аномалии температуры формируются там зимой за счёт адвекции тёплых масс морского воздуха в периоды интенсивной циклонической деятельности. В антициклональных ситуациях падение

температуры с высотой замедляется и чаще прослеживаются инверсии температуры.

В циклонических ситуациях большее значение имеет сильное падение температуры с высотой. Поэтому, при значительных отрицательных аномалиях температуры в предгорьях холоднее, чем в высокогорных районах, а при положительных аномалиях возникает обратное явление.

Летом соотношение температурных аномалий в горах и низинах становится обратным. Отрицательные аномалии температуры в летний сезон образуются в результате адвекции холодных масс воздуха на фоне циклонической погоды. Положительные же аномалии температуры в том же сезоне вызываются адвекцией тёплых масс воздуха из-за циклонической погоды. В первом случае среднее понижение температуры растёт с высотой из-за преобладания циклонических процессов, а во втором — падает из-за преобладания антициклональных ситуаций. Поэтому, в летнее время, аномалия температуры в обоих случаях растёт с высотой.

Изменение среднемесячной температуры в горных районах значительно меньше зимой, а летом, и особенно весной и осенью, больше, чем в соседних долинах. Тогда же в долинах абсолютная величина изменчивости среднемесячной температуры испытывает большие колебания в течение года, чем в высокогорных районах.

Зимой абсолютные минимумы температуры в горах гораздо ниже, чем в долинах. В горах абсолютные минимумы в этот сезон связаны исключительно с адвекцией холодных арктических воздушных масс, а в окружающих долинах - еще и с дополнительным радиационным выхолаживанием, при котором образуются температурные инверсии. Весной и осенью значения абсолютных минимумов внизу и вверху выравниваются. В период наиболее интенсивного прогревания воздуха, то есть в июне и июле, когда адвекция холода внизу немного смягчается радиационным прогревом и притоком тепла от почвы, абсолютные минимумы в долинах становятся ниже,

чем в горных районах. Абсолютные максимумы температуры с апреля по август в низинах заметно выше, чем в горных районах, так как в низинах на повышение температуры воздуха оказывает влияние дополнительный радиационный прогрев.

При антициклональной погоде высокогорные районы оказываются выше слоя инверсии, под которым в низинах и долинах прослеживается высокая относительная влажность. Летом и весной значительное понижение относительной влажности оказывает влияние радиационный прогрев, более значительный в низинах, чем в горных районах.

Из-за вынужденного подъёма влажного воздуха на наветренных склонах гор, в горных и предгорных районах выпадает больше осадков, чем на равнинах и в низинах.

### 2.3 Методы оценки влияния земной погоды на организм человека

Для оценки влияния погодных условий на организм человека с медико-метеорологической точки зрения используют биометеорологические индексы (параметры), которые были получены учёными из разных стран.

Все эти параметры подразделяют на несколько подгрупп, рассмотрим каждый по отдельности.

Температурно-влажностные показатели:

1. Эффективная температура (Тэф) – это температура неподвижного воздуха, насыщенного водяным паром. Разработана для оценки теплового состояния человека и степени дискомфорта.

Рассчитывается по формуле А. Миссенарда:

$$\text{ЭТ} = t - 0,4 \times (t - 10) \times \left(1 - \frac{f}{100}\right),$$

где ЭТ – эффективная температура,  $t$  – температура сухого воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $f$  – относительная влажность воздуха (%). Из формулы видно - то, как будет

влиять воздух на тепловое состояние человека зависит от температуры этого воздуха.

2. Также, для оценки тепловой чувствительности человека используют различные индексы дискомфорта, один из них представлен ниже:

$$DI = 0,4 \times (T + T_{см}) + 4,8$$

где  $T_{см}$  – температура смоченного термометра ( $^{\circ}C$ ),  $T_c$  – температура сухого термометра ( $^{\circ}C$ ).

Комфортные теплоощущения будут при  $DI < 70$ .

3.  $T_{эф}$  - параметр, позволяющий учесть физиологические факторы тела, кожного покрова, физические особенности одежды, а также метеофакторы окружающей среды. Рассчитывается по формуле, разработанной по модели Стивмана. Данный метод является наиболее точным в расчётах, так как группой учёных был проведён анализ алгоритмов, на основе которых чаще всего производится расчёт эффективной температуры воздуха.

$$T_{эф} = - 2,7 + 1,04 \times t + 2,0 \times e - 0,65 \times V,$$

где  $t$  – температура воздуха ( $^{\circ}C$ ),  $e$  – парциальное давление водяного пара,  $V$  - скорость ветра (м/с).

Парциальное давление водяного пара рассчитывается по формуле, указанной ниже:

$$e = 0,01 \times f \times 6,11 * e^{(17,62 * t / 243,12 + t)},$$

где  $f$  – относительная влажность воздуха (%),  $e$  – экспонента.

В эффективной температуре используются 2 индекса: температура воздуха с учётом влияния ветра и температура воздуха с учётом влажности.

Отрицательные значения эффективной температуры означают возможность обморожения, положительные – теплового удара.

Таблица 2.1 – Шкала эффективной температуры

< ..-50°C	- опасно - обморожение открытых участков кожи возможно менее чем через 5 минут
-38..-50°C	- предельно осторожно - обморожение открытых участков кожи возможно через 10 -15 минут
-28..-38°C	- осторожно - обморожение открытых участков кожи возможно через 20-30 минут
-28..27°C	- опасности для одетого по погоде человека нет
27..32°C	- осторожно - возможно утомление при длительных активных нагрузках на открытом воздухе
32..40°C	- предельно осторожно - возможен солнечный удар при длительных активных нагрузках на открытом воздухе
40..55°C	- опасно - почти наверняка можно получить солнечный удар и перегрев, возможен тепловой удар
> 55°C	- предельно опасно - быстрый тепловой или солнечный удар

#### Температурно – ветровые индексы

Ветер играет важную роль при оценке теплоощущений, поэтому разработаны индексы, учитывающие влияние ветра.

1.  $W$  – оценка влияния охлаждения организма человека под влиянием определённой скорости ветра, представлен ниже:

$$W = (10,45 + 10 \times V^{0.5} - V) \times (33 - T_{\text{н}}^{\circ}),$$

где  $W$  – индекс,  $V$  – скорость ветра(м/с),  $T$  – температура воздуха(°C).

2.  $S$  – индекс Бодмана, позволяющий определить суровость зимней погоды в баллах, для их расчёта существует данная формула:

$$S = (1 - 0,04 \times t) \times (1 + 0,272 \times V),$$

где  $t$  – температура воздуха(°C),  $V$  – скорость ветра (м/с).

Температурно – влажностно – ветровые индексы (для теневых пространств)

1.  $N_w$  – индекс ветрового охлаждения по Хиллу с учётом поправки за счёт парциального давления, рассчитывается по формуле:

$$N_w = N + (0,085 + 0,102 \times V^{0,3}) \times (61,1 - e)^{0,75},$$

где  $N$  – индекс ветрового охлаждения,  $V$  – скорость ветра(м/с),  $e$  – парциальное давление(гПа).

4.  $ET$  – эффективная температура, разработанная А. Миссенардом, позволяет учесть влияние температуры, влажности воздуха и скорости ветра. Особенность данного параметра заключается в том, что полученные значения можно использовать для оценки как холодного, так и тёплого периодов года и он более хорошо отражает влияние климатических условий на самочувствие человека.

Данный параметр рассчитывается по формуле, представленной ниже:

$$ET = 37 - \frac{37 - t}{0,68 - 0,0014 \times f + \frac{1}{1,76 + 1,4 \times V^{0,75}}} - 0,29 \times t \times \left(1 - \frac{f}{100}\right),$$

где  $t$  – температура воздуха,  $f$  – относительная влажность воздуха,  $V$  – скорость ветра.

Уровень комфорта климатических условий значениям  $ET$  присваивается по классификации тепловой чувствительности.

Таблица 2.2 – Классификация тепловой чувствительности по значениям  $ET$

Интервал $ET$ , °С	Уровень комфорта
более +30	тепловая нагрузка сильная
+24 - 30	тепловая нагрузка умеренная

+18 - 24	комфортно – тепло
+12 - 18	комфортно (умеренно тепло)
+6 - 12	прохладно
0...6	умеренно прохладно
0 – (-6)	очень прохладно
-6 – (-12)	умеренно холодно
-12 – (-18)	холодно
-18 – (-24)	очень холодно
ниже -24	угроза обморожения

Температурно – влажно – ветровые индексы с учетом солнечной радиации

1. Радиационная эквивалентно – эффективная температура (по Г.В. Шелейховскому и В.И. Русанову).

Этот показатель позволяет учесть влияние температуры, влажности, скорости ветра, а также количества солнечной радиации, а также узнать теплоощущения одетого человека с учётом воздействия в комплексе метеопараметров и интенсивности солнечной радиации.

$$PЭЭТ = 125 \times \lg[1 + 0,02 \times T + 0,0001 \times (T - 8) \times (f - 60) - 0,0045 \times (33 - T) \times \sqrt{V} + 0.185 \times \beta] ,$$

где  $T$  – температура воздуха(°C),  $f$  – относительная влажность воздуха(%),  $V$  – скорость ветра(м/с),  $\beta$  – солнечная радиация(кВт/м<sup>2</sup>), поглощённая поверхностью тела.

$$\beta = Q \times (1 - \alpha),$$

где  $Q$  – суммарная солнечная радиация(кВт/м<sup>2</sup>),  $\alpha$  – альbedo (с учётом пигментации кожи человека).

Значение РЭЭТ может быть определено по другим формулам:

$$PЭЭТ = HЭЭТ + 6,2$$

где НЭЭТ – нормальная эквивалентно-эффективная температура(°C).

$$РЭЭТ = 0,83 \times ЭЭТ + 12$$

где ЭЭТ – эквивалентно-эффективная температура(°C).

Значения РЭЭТ применяются для характеристики климатолечебных свойств региона, отображённых в таблице 2.3, применяя расчетные значения в практике гелиотерапии, при этом учитывается, пигментирована или не пигментирована кожа пациента.

Таблица 2.3 – Зоны комфорта по значениям РЭЭТ

Интервал РЭЭТ	Уровень комфорта
Более +37	Тепловая нагрузка сильная
32...37	Тепловая нагрузка умеренная
27...32	Комфортно – тепло
21...27	Комфорт (умеренно тепло)
17...21	Прохладно
12...17	Умеренно прохладно
7...12	Очень прохладно
2...7	Умеренно холодно
-3...2	Холодно
-8...-3	Очень холодно

Индексы патогенности изменчивости климата

1. Индекс патогенности (I) по В.Г. Бокша предназначен для определения степени раздражающего действия погодных факторов. Оптимальные значения метеорологических величин, при которых возникает минимум метеопатических реакций:  $t = 18^{\circ}\text{C}$ ,  $f = 50\%$ ,  $V = 0$ ,  $n = 0$  и межсуточная изменчивость температуры и давления так же равна 0.

$$I = 10^{(f-70)/20} + 0,2 \times v^2 + 0,06 \times n^2 + 0,06 \times (\Delta p)^2 + 0,3 \times (\Delta t)^2 + i \times (t),$$

где  $i(t) = 0,02 \times (18-t)^2$  при  $t < 18^{\circ}\text{C}$ ;

$i(t) = 0,2 \times (t-18)^2$  при  $t > 18^{\circ}\text{C}$ ;

$n = 10 - \frac{10-S\phi}{S_m}$ , облачность по гелиографу;

$S\phi$  – фактическая продолжительность солнечного сияния;

$S_m$  – максимально возможная продолжительность солнечного сияния;

$v$  – скорость ветра (среднесуточные значения), м/с;

$t$  – температура воздуха (среднесуточные значения),  $^{\circ}\text{C}$ ;

$f$  – относительная влажность воздуха (среднесуточные значения), %;

$\Delta t$ ,  $\Delta p$  – межсуточная изменчивость температуры воздуха и атмосферного давления,  $^{\circ}\text{C}$  и гПа соответственно.

Индекс патогенности метеорологической ситуации I используется для определения степени раздражающего действия погодных факторов.

Таблица 2.4 – Классификация степени воздействия погоды на организм человека

I	Степень воздействия на человека
0 - 9	оптимальные (комфортные)
10 - 24	раздражающие
>24	острые

С.С. Андреев предложил уточнить данную классификацию, добавив дополнительные градации для раздражающих условий.

Таблица 2.5 – Классификация погодных условий по С.С. Андрееву

I	Погодные условия
0 - 9,9	оптимальные (комфортные)
10 - 16	слабо раздражающие
I	Погодные условия
16,1 - 18	умеренно раздражающие
18,1 - 24	сильно раздражающие
более 24	острые

Суммарное значение данного индекса характеризует исключительно степень раздражающего воздействия погодных факторов на организм человека, но не на характер их изменений.

### 3 Роль солнечной радиации в формировании биометеорологического режима атмосферы Кольского полуострова

#### 3.1 Изменчивость тепловой нагрузки на организм человека

##### 3.1.1 Оценка изменчивости эффективной температуры воздуха

Для того, чтобы оценить изменчивость тепловой нагрузки на организм человека используется расчёт эффективной температуры по методу Стидмана и методу ЕТ А. Миссенарда, рассчитывающиеся по формулам:

$T_{эф} = - 2,7 + 1,04 \times t + 2,0 \times e - 0,65 \times V$ , где  $T_{эф}$  – эффективная температура по Стидману,  $t$  – температура воздуха,  $e$  – парциальное давление водяного пара,  $V$  - скорость ветра

$$ET = 37 - \frac{37 - t}{0,68 - 0,0014 \times f + \frac{1}{1,76 + 1,4 \times V^{0,75}}} - 0,29 \times t \times \left(1 - \frac{f}{100}\right),$$

где ET – эффективная температура по Миссенарду,  $t$  – температура воздуха,  $f$  – относительная влажность воздуха,  $V$  – скорость ветра.

Рассмотрим ход эффективной температуры Тэф и ET, а также их связь в г. Апатиты за 2019-2020гг. по сезонам (рисунок 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8).

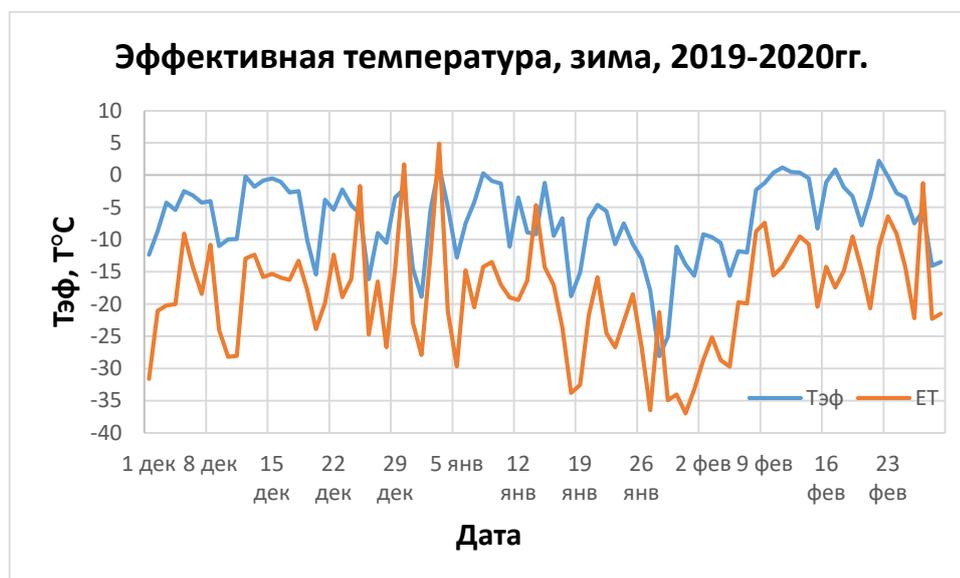


Рисунок 3.1 – Временная изменчивость эффективной температуры в зимнем сезоне за период 2019-2020гг, Апатиты

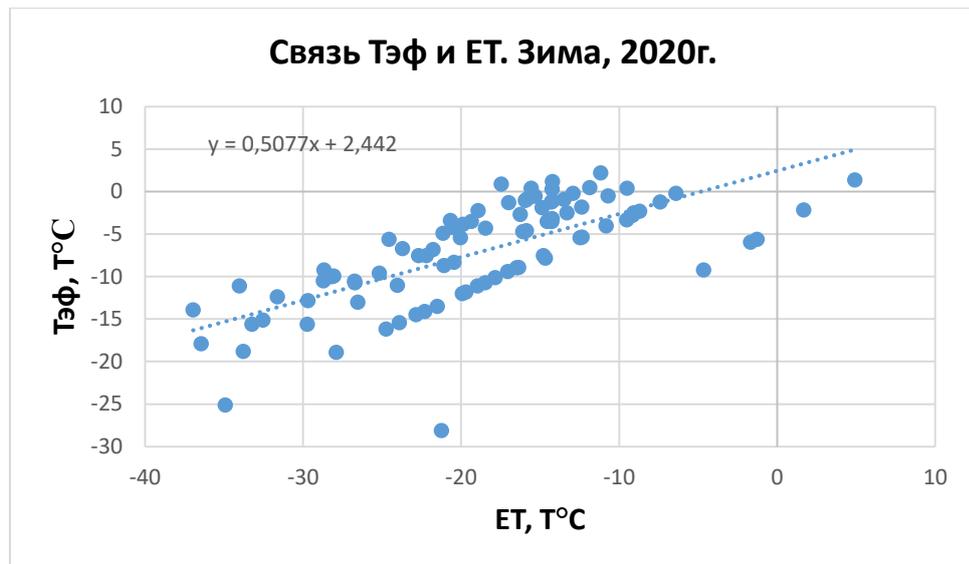


Рисунок 3.2 – Связь Тэф и ЕТ. Апатиты, зима, 2019-2020гг.

Интервал ЕТ, °С	Интервал Тэф, °С	Уровень комфорта
0...-6	+3...0	опасности для одетого по погоде человека нет
-6...-12	0...-4	опасности для одетого по погоде человека нет
Интервал ЕТ, °С	Интервал Тэф, °С	Уровень комфорта
-12...-18	-4...-8	опасности для одетого по погоде человека нет
-18...-24	-8...-10	опасности для одетого по погоде человека нет
-24...-30	-10...-13	опасности для одетого по погоде человека нет

-30...-36	-13...-17	опасности для одетого по погоде человека нет
-----------	-----------	--

Таблица 3.1 – Классификация Тэф и по шкале ЕТ

Рассматривая ход эффективной температуры в г. Апатиты за зимний период 2019-2020гг., можно сделать вывод на основании шкалы Тэф, что погодные условия не представляют опасности для человека одетого по погоде, за исключением нескольких дней в конце января, где значения достигают -28,1°C, по шкале эффективной температуры это означает, что обморожение открытых участков кожи возможно уже через 20-30 минут присутствия на улице.

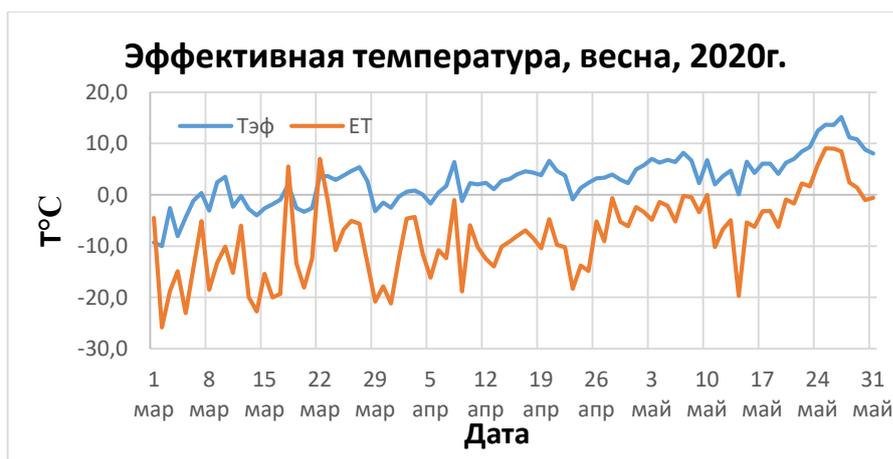


Рисунок 3.3 – Изменчивость эффективной температуры в весенний период 2020г ,Апатиты.

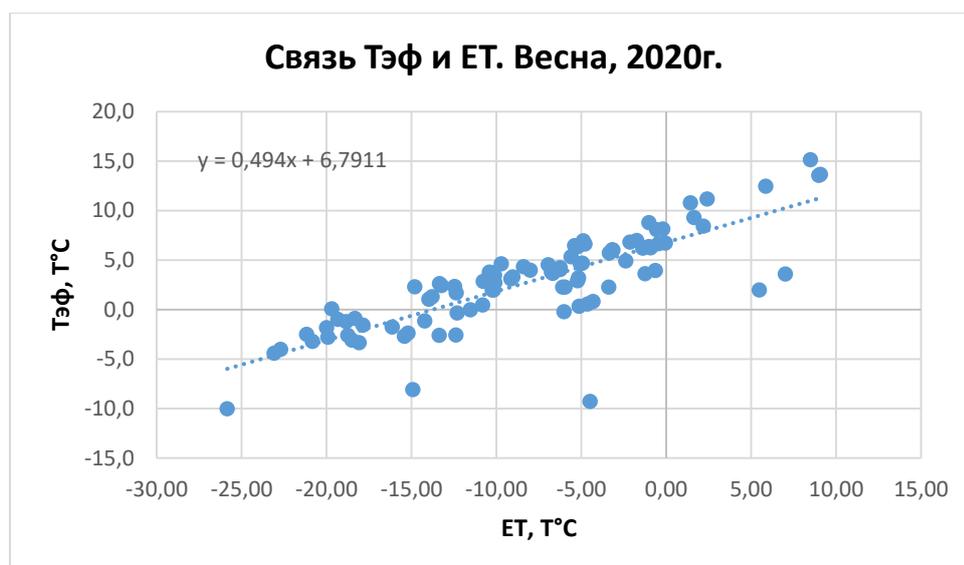


Рисунок 3.4 – Связь Тэф и ЕТ. Апатиты, весна, 2020г.

Интервал ЕТ	Интервал Тэф	Уровень комфорта
...> +6	...> +10	опасности для одетого по погоде человека нет
0...+6	+6...+10	опасности для одетого по погоде человека нет
0...-6	+6...+4	опасности для одетого по погоде человека нет
-6...-12	+4...+1	опасности для одетого по погоде человека нет
-12...-18	+1...-4	опасности для одетого по погоде человека нет
-18...-24	-4...-6	опасности для одетого по погоде человека нет

Таблица 3.2 – Шкала Тэф и ЕТ

В весеннем периоде 2020г. наблюдается аналогичная ситуация с зимним периодом - погодные условия, следуя шкале эффективной температуры (Тэф) не представляют опасности для человека одетого по погоде, минимум составляет  $-10^{\circ}\text{C}$  в начале марта, а максимум  $15,1^{\circ}\text{C}$  в конце мая.

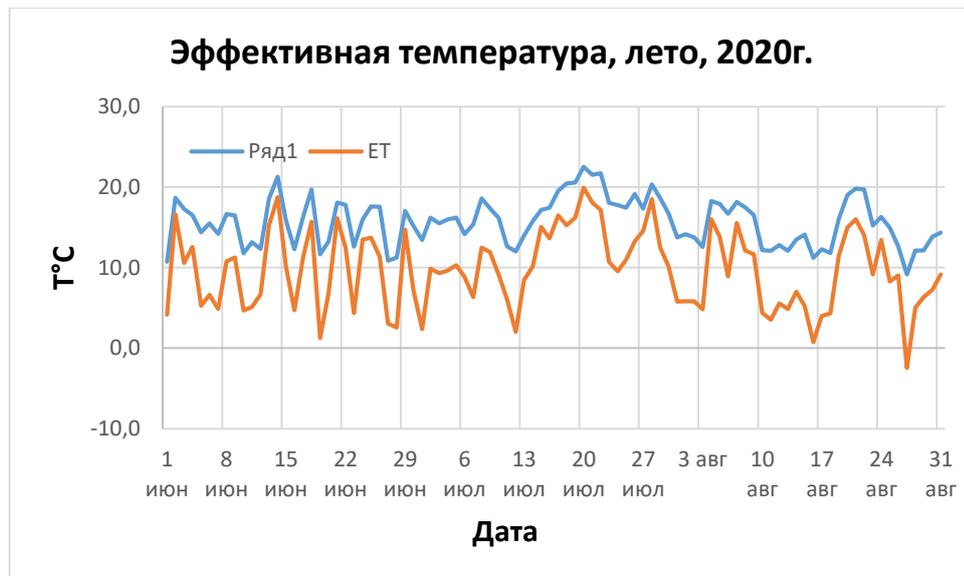


Рисунок 3.5 – Ход эффективной температуры. Апатиты, лето, 2020г.

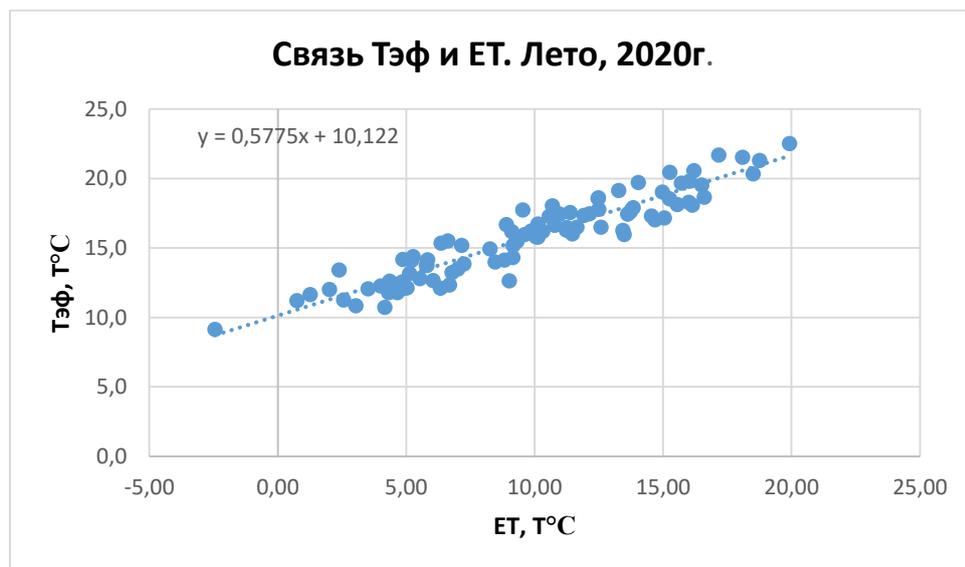


Рисунок 3.6 – Связь Тэф и ЕТ. Апатиты, лето, 2020г.

Интервал ЕТ	Интервал Тэф	Уровень комфорта
+12...+18	+17...+22	опасности для одетого по погоде человека нет
+6...+12	+13...+17	опасности для одетого по погоде человека нет
0...+6	+10...+13	опасности для одетого по погоде человека нет

Таблица 3.3 – Шкала Тэф и ЕТ

В летнем периоде 2020г. наблюдаются значения в среднем  $+15,7^{\circ}\text{C}$ , что по шкале эффективной температуры (**Тэф**) так же не представляет опасности для одетого по погоде человека, максимум значений приходится на июль и составляет  $+22,5^{\circ}\text{C}$ .



Рисунок 3.7 – Ход эффективной температуры. Апатиты, осень, 2020г.

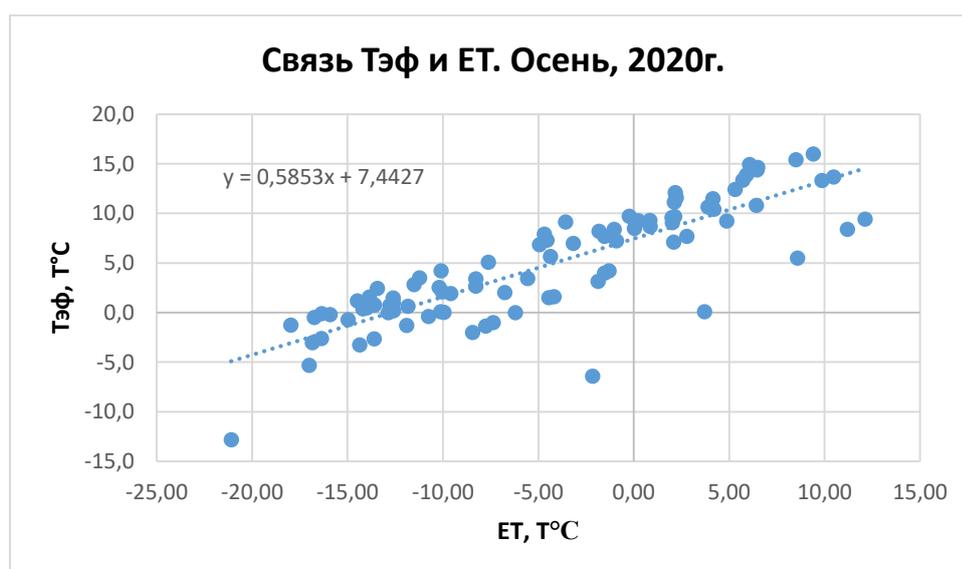


Рисунок 3.8 – Связь Тэф и ЕТ. Апатиты, осень, 2020г.

Интервал ET	Интервал Тэф	Уровень комфорта
6...12	+11...+14	опасности для одетого по погоде человека нет
0...6	+7...+11	опасности для одетого по погоде человека нет
0...-6	+7...+4	опасности для одетого по погоде человека нет
-6...-12	+4...0	опасности для одетого по погоде человека нет
-12...-18	0...-4	опасности для одетого по погоде человека нет

Таблица 3.4 – Шкала Тэф и ET

В осенний период 2020г., так как значения в среднем составляют  $+4,7^{\circ}\text{C}$ , следуя шкале Тэф опасности для одетого по погоде человека нет. В начале сентября значения составляют максимум  $+16,0^{\circ}\text{C}$ , к концу ноября значения опускаются до  $-12,8^{\circ}\text{C}$ .

Подводя итог, можно сказать, что в течение всего года опасность для человека присутствует только зимой, в остальное время значения эффективной температуры входят в норму. Также, исходя из сравнительного анализа эффективной температуры по Сидману (Тэф) и А. Миссенарду (ET), можно сделать вывод, что параметр Тэф наиболее приближен к реальным значениям температуры, а значит при составлении прогноза погоды стоит ориентироваться на него, так как в формуле ET используется 2 раза значение температуры, из-за этого значения ET получаются ниже.

Рассмотрим многолетний ход эффективной температуры (Тэф) в зимний и летний периоды с 2016 по 2020 годы (рисунок 3.9, 3.10).

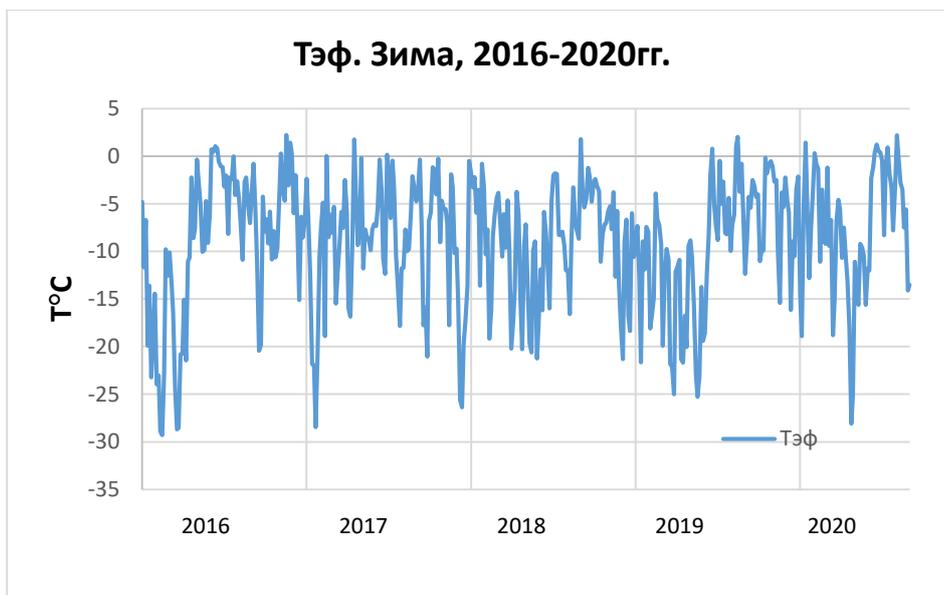


Рисунок 3.9 – Ход эффективной температуры. Апатиты, зима, 2016-2020гг.

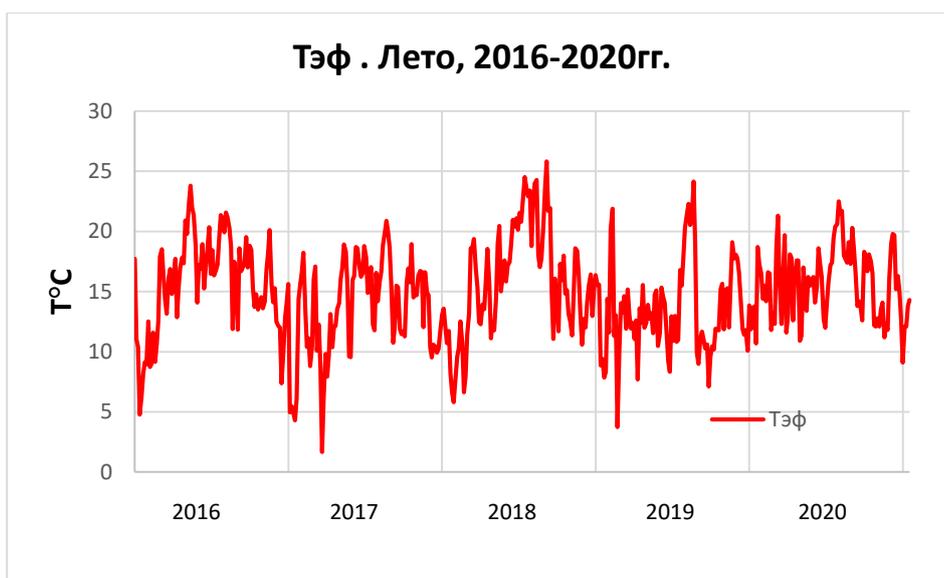


Рисунок 3.10 – Ход эффективной температуры. Апатиты, лето, 2016-2020гг.

Анализируя многолетний ход Тэф в зимний период на рисунке 3.9, можно сказать, что наиболее низкие значения (мин.  $-29,3^{\circ}\text{C}$ ) на протяжении всего времени приходятся на декабрь и январь, в этот период людям нужно быть осторожными при нахождении на улице, так как возможно обморожение открытых участков кожи на основании шкалы эффективной температуры. В феврале опасности для одетого по погоде человека нет.

В летний период из рисунка 3.10 следует, что с 2016 по 2019 годы ситуация аналогичная, значения Тэф начинают расти с июня, достигают своего пика в июле, а в августе начинают снижаться. Для человека, одетого по погоде весь период не представляется никакой опасности. В 2020 году ход Тэф менее выражен, значения за весь летний период примерно (среднее значение 15,7°C, минимум составляет 9,1° в августе). Максимумы приходятся на июнь и июль.

Проанализируем ход среднемесячного и среднесуточного значения Тэф и его стандартного отклонения.

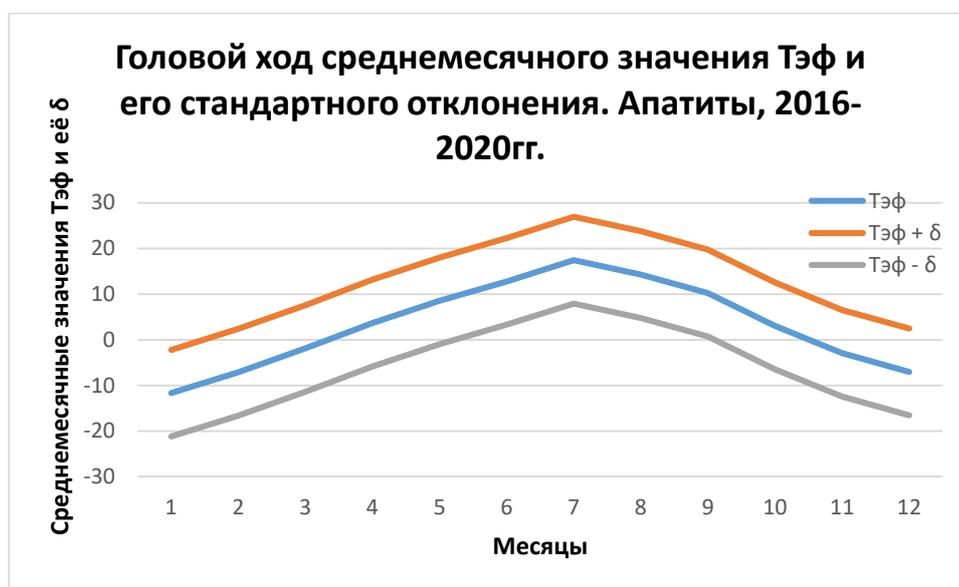


Рисунок 3.11 – Годовой ход среднемесячного значения Тэф и его стандартного отклонения. Апатиты, 2016-2020гг.

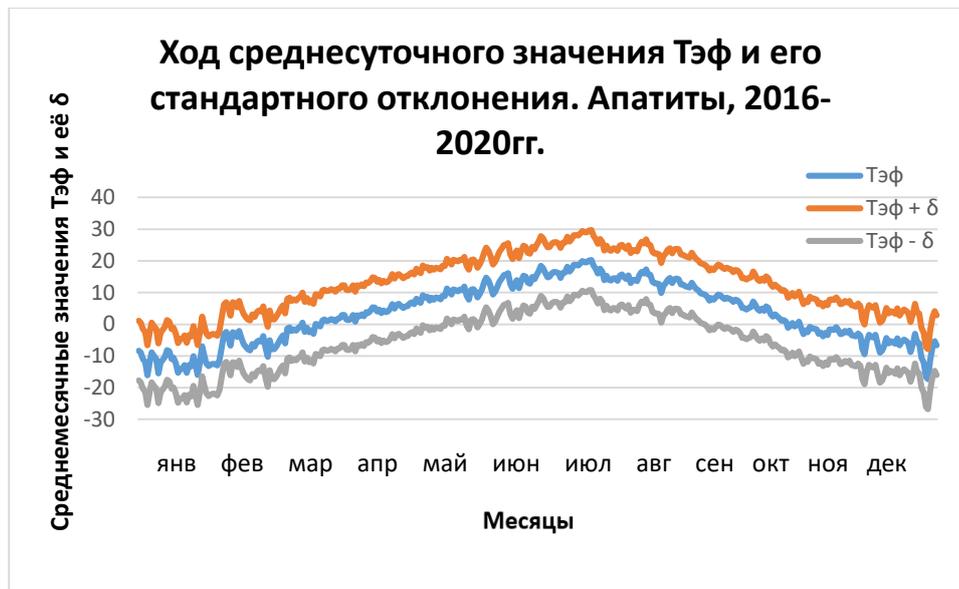


Рисунок 3.12 – Ход среднесуточного значения Тэф и его стандартного отклонения. Апатиты, 2016-2020гг.

Из рисунков 3.11 и 3.12 можно сделать вывод, что значения стандартного отклонения сильно отличаются от среднемесячных и среднесуточных значений на протяжении всего периода с 2016 по 2020 годы и составляют  $9,5^{\circ}\text{C}$ .

### 3.1.2 Влияние солнечной радиации на тепловую нагрузку атмосферы

Для оценки влияния солнечной радиации на тепловую нагрузку атмосферы используется параметр ЕЕТ, рассчитывающийся по формуле:

$$P_{ЭЭТ} = 125 \times \lg[1 + 0,02 \times T + 0,0001 \times (T - 8) \times (f - 60) - 0,0045 \times (33 - T) \times \sqrt{V} + 0.185 \times \beta],$$

где  $T$  – температура воздуха,  $f$  – относительная влажность воздуха,  $V$  – скорость ветра,  $\beta$  – солнечная радиация, поглощённая поверхностью тела.

$\beta = Q \times (1 - \alpha)$ , где  $Q$  – суммарная солнечная радиация,  $\alpha$  – альбедо (с учётом пигментации кожи человека).

Перед этим выполняется расчёт, поступающей суммарной солнечной радиации, выполняющийся по формуле:

$Q = S' + D$ , где  $S'$  – прямая солнечная радиация,  $D$  – рассеянная солнечная радиация

$S' = S_0 \times P^m \times \sin h$ ,  $P$  – коэффициент прозрачности,  $h$  – высота солнца в истинный солнечный полдень

$h = 90^\circ - \varphi + \delta$ , где  $h$  – высота солнца в истинный солнечный полдень,  $\varphi$  – широта,  $\delta$  – склонение солнца

$D = 0,4 \times (S_0 - S) \times \sin h$ , где  $S_0$  – солнечная постоянная, равная  $1,38 \text{ кВт/м}^2$ ,  $h$  – высота солнца в истинный солнечный полдень

Годовой ход прямой, рассеянной и суммарной солнечной радиации для идеальной атмосферы г. Апатиты представлен ниже (рисунок 3.13).

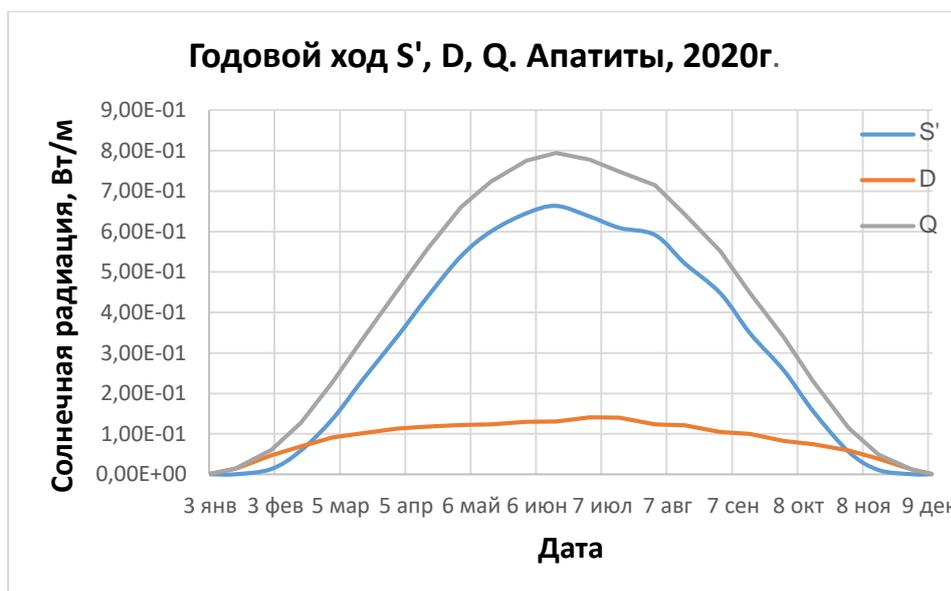


Рисунок 3.13 – Годовой ход прямой, рассеянной и суммарной солнечной радиации. Апатиты, 2020г.

Из рисунка 3.13 следует, что солнце в Апатитах есть в период с 3 января по 10 декабря, максимум приходится на летний период, достигая 0,66

кВт/м<sup>2</sup> 20 июня, а это означает, что именно в летний период солнечная радиация больше всего играет роль в тепловой нагрузке на человека.

Рассмотрим, как влияет солнечная радиация на параметр эквивалентно-эффективную температуру (ЕЕТ) в течение всего года и по сезонам (рисунки 3.12, 3.13, 3.14, 3.15).



Рисунок 3.14 – Временной ход ЕЕТ с учётом и без учёта влияния солнечной радиации. Апатиты, 2020г.



Рисунок 3.15 – Временной ход ЕЕТ с учётом и без учёта влияния солнечной радиации. Апатиты, зима, 2019 – 2020гг.

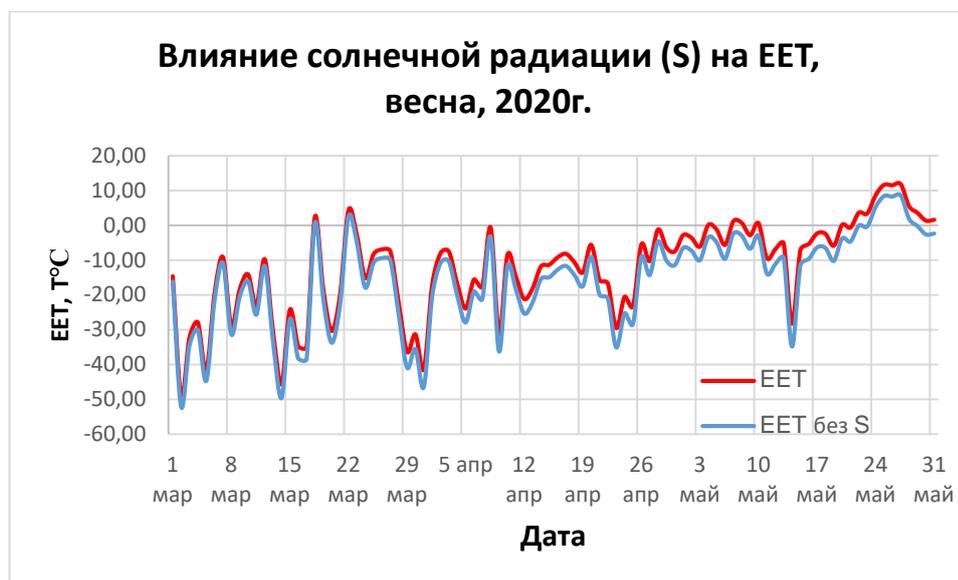


Рисунок 3.16 – Временной ход ЕЕТ с учётом и без учёта влияния солнечной радиации. Апатиты, весна, 2020г.

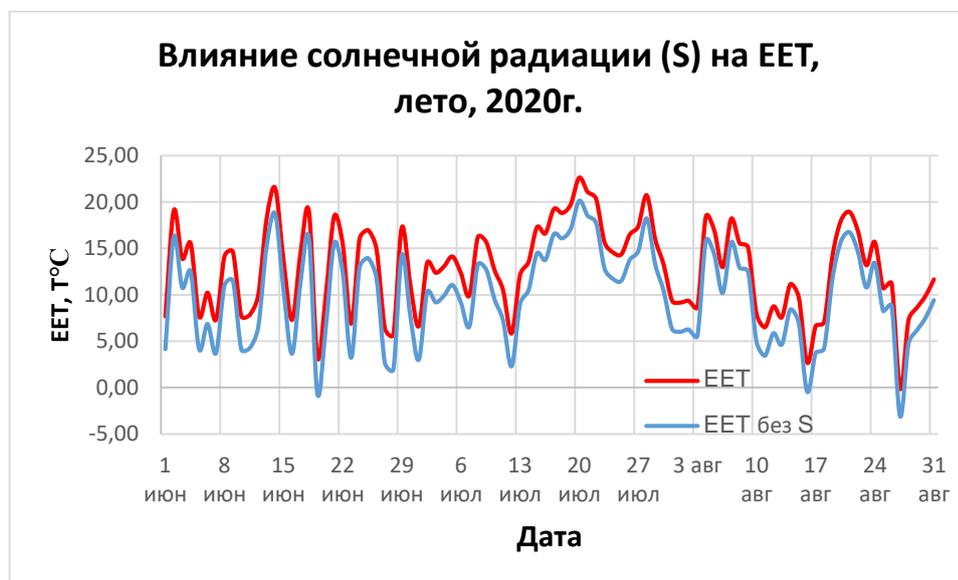


Рисунок 3.17 – Временной ход ЕЕТ с учётом и без учёта влияния солнечной радиации. Апатиты, лето, 2020г.

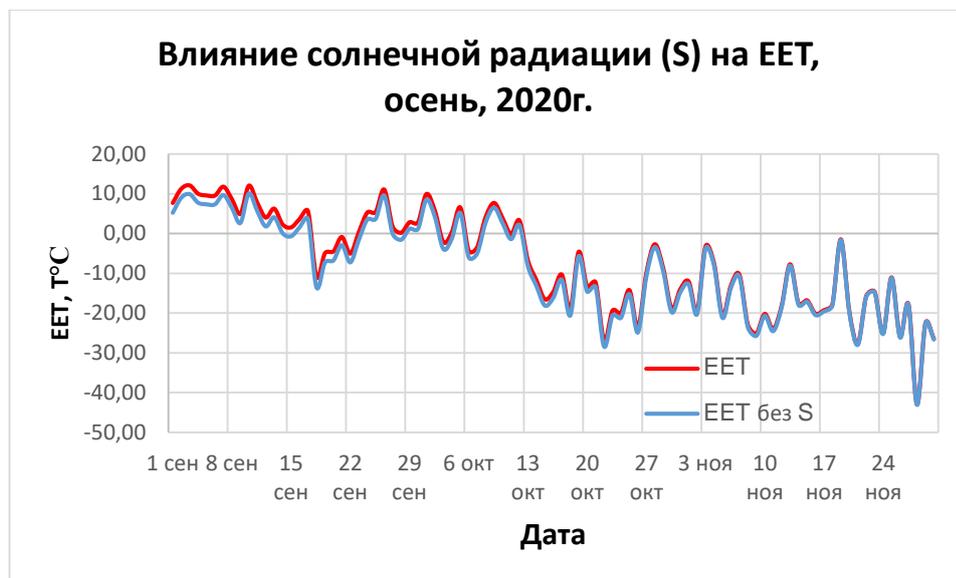


Рисунок 3.18 – Временной ход ЕЕТ с учётом и без учёта влияния солнечной радиации. Апатиты, осень, 2020г.

Анализируя рисунок временного хода ЕЕТ в зимний период можно сделать вывод, что солнце в декабре не имеет никакого влияния, так как полностью отсутствует с 11 декабря по 2 января, с 3 января солнце появляется, но его влияния практически нет.

В весенний период влияние солнечной радиации на ЕЕТ становится значительнее с середины апреля по конец мая.

На летний период приходится максимум влияния солнечной радиации, так как начинается полярный день, когда солнце не заходит за горизонт, он длится с 29 мая по 14 июля, заметнее всего влияние солнца в июне и июле, где ЕЕТ без учёта солнечной радиации составляет  $10,9^{\circ}\text{C}$ , а с учётом влияния  $14,1^{\circ}\text{C}$ .

Осенью влияние уменьшается, но по-прежнему остаётся значимым для этого периода. Средние значения ЕЕТ с учётом солнечной радиации составляют  $-7,1^{\circ}\text{C}$ , а без учёта  $-8,4^{\circ}\text{C}$ .

Из вышесказанного можно подвести итог, что наиболее важную роль в формировании радиационной эквивалентно-эффективной температуры солнечная радиация вносит в летний период, учитывая продолжительность солнечного сияния летом (с 24 мая по 14 июля солнце не заходит за горизонт), следовательно, в ночное время воздух так не охлаждается, поэтому нет значительного понижения температуры. Однако, важно учесть, что влияние полярного дня может быть и отрицательным, так как он нарушает суточный ритм организма человека. Рассчитывать радиационную эквивалентно-эффективную температуру важно для каждого дня.

### 3.2 Роль атмосферы Кольского полуострова в возможности метеопатических реакций организма человека.

Индекс патогенности (I) применяется для определения степени раздражающего воздействия погодных факторов. Оптимальные значения, при которых будет минимум метеопатических реакций:  $t=18^{\circ}\text{C}$ ,  $f=50\%$ ,  $\Delta p$  и  $\Delta t=0$ .

$$I = 10^{(f-70)/20} + 0.2v^2 + 0.06n^2 + 0.06(\Delta p)^2 + 0.3(\Delta t)^2 + i(t) \quad , \quad \text{где } f \text{ – относительная влажность воздуха, } V \text{ – скорость ветра, } n \text{ – облачность в баллах, } \Delta p \text{ – межсуточная изменчивость атмосферного давления, } \Delta t \text{ – межсуточная изменчивость температуры воздуха, } i(t) = 0.02 (18-t)^2 \text{ при } t < 18^{\circ}\text{C}, i(t) = 0,2(t-18)^2 \text{ при } t > 18^{\circ}\text{C}.$$

Таблица 3.1 – Классификация погодных условий по С.С. Андрееву

I	Погодные условия
0 - 9,9	оптимальные (комфортные)
10 - 16	слабо раздражающие
I	Погодные условия
16,1 - 18	умеренно раздражающие

18,1 - 24	сильно раздражающие
более 24	острые

Для того, чтобы оценить роль атмосферы полуострова в возможности метеопатических реакций организма человека, рассчитывается индекс патогенности (I) по В.Г. Бокша для г. Апатиты за период с 2016 по 2020 годы, более подробно рассматривается ход изменений индекса за 2020 год в целом и по сезонам (рисунок 3.19, 3.21, 3.22, 3.23, 3.24).



Рисунок 3.19 – Изменение индекса патогенности, г. Апатиты, 2020г.

Исходя из рисунка годового хода, можно сделать вывод о том, что в зимний и осенний периоды особенно стоит обратить внимание на значения индекса, так как большую часть времени они являются раздражающими для человека. Так, в декабре максимум достигает индекса 248, такой резкий перепад связан с влиянием циклонической деятельности (рисунок 3.20). В летний и весенний периоды наблюдается ситуация, когда дней с оптимальным значением индекса становится больше, но присутствуют дни, когда индекс превышает норму и это тоже следует учитывать.

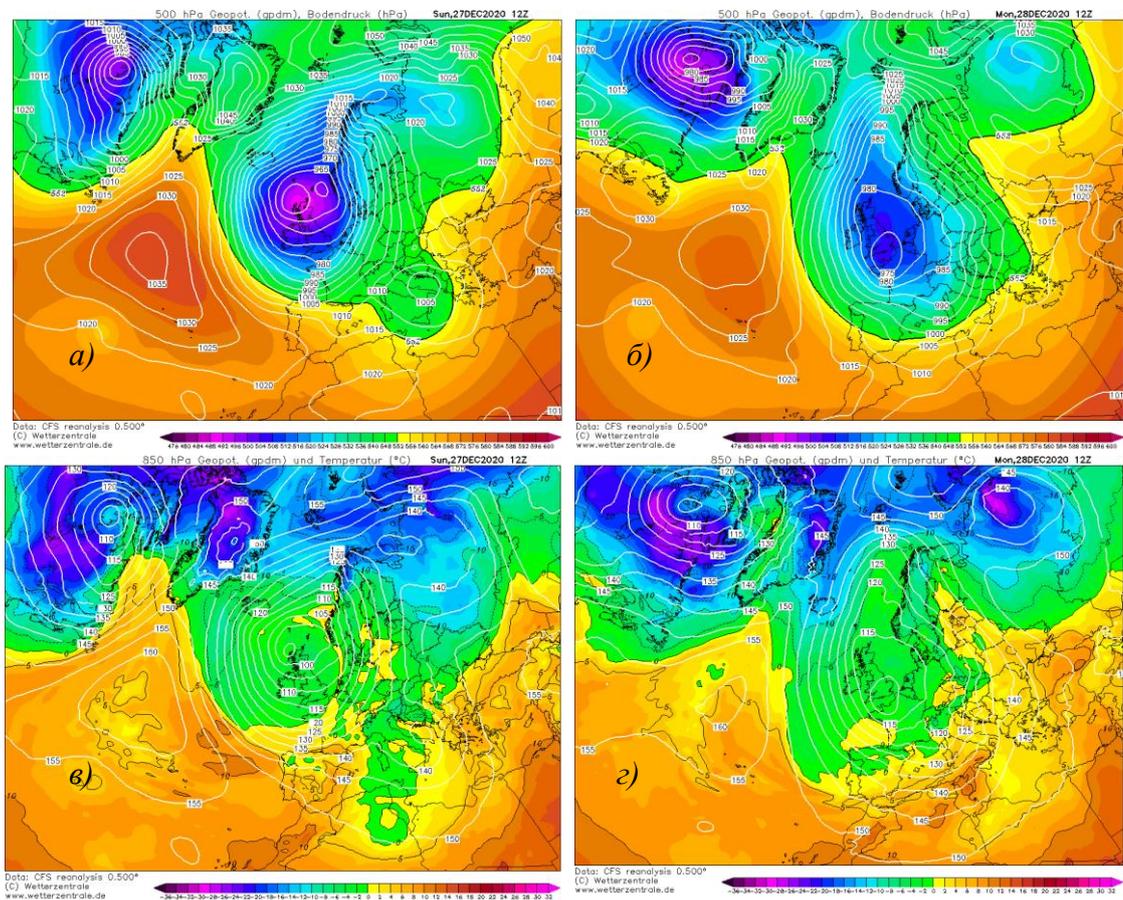


Рисунок 3.20 – синоптические карты АТ-500 (а, б) и АТ-850 (в, г) за 12 часов 27.12.2020 – 28.12.2020гг.

Из рисунка 3.20 видно, что 27 декабря над Кольским полуостровом наблюдалось влияние циклона, а 28 декабря циклон сдвинулся на юго-запад, поэтому произошёл резкий рост температуры.

Рассмотрим изменение индекса патогенности подробнее по сезонам.



Рисунок 3.21 – Изменение индекса патогенности.  
Апатиты, зима, 2019-2020гг.



Рисунок 3.22 – Изменение индекса патогенности.  
Апатиты, весна, 2020г.



Рисунок 3.23 – Изменение индекса патогенности.  
Апатиты, лето, 2020г.



Рисунок 3.24 – Изменение индекса патогенности.  
Апатиты, осень, 2020г.

На всём протяжении зимы значения индекса патогенности превышают 24, а это означает по классификации степени воздействия погоды на организм человека, что у данных погодных условий острое влияние. Весной появляется всё больше значений, описывающих погодные условия, как умеренно и слабо раздражающие (от 16,1 до 24). Летом большую часть времени значения от 1,57

минимально до 15,1 в среднем, они характеризуются оптимальными (комфортными) и слабо раздражающими, которые не несут опасности организму человека.

Анализ изменения составляющих индекса патогенности в районе г. Апатиты по сезонам за 2019-2020гг. для того, чтобы понять какие параметры сильнее всего влияют на его формирование (рисунок 3.25, 3.26, 3.27, 3.28).

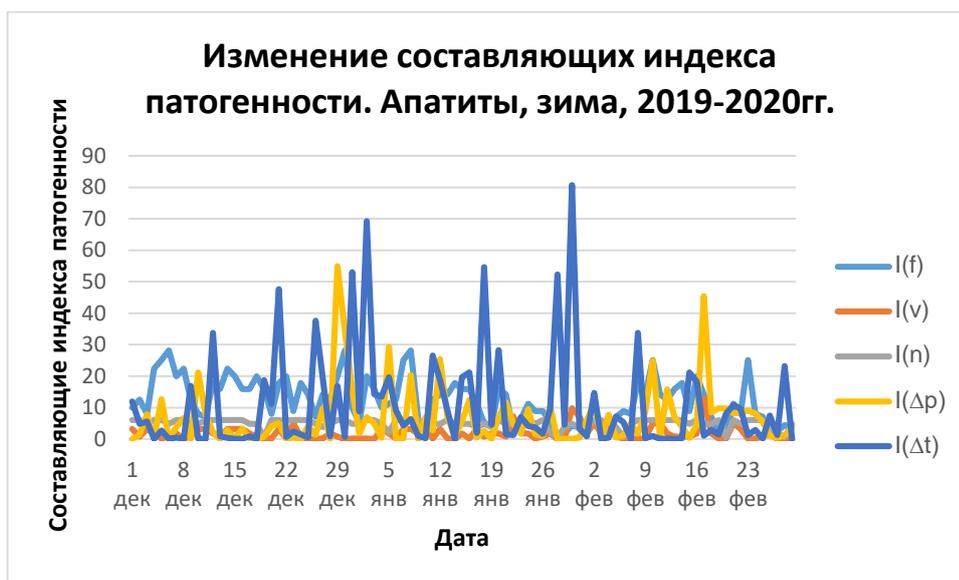


Рисунок 3.25 – Изменение составляющих индекса патогенности. Апатиты, зима, 2019-2020гг.

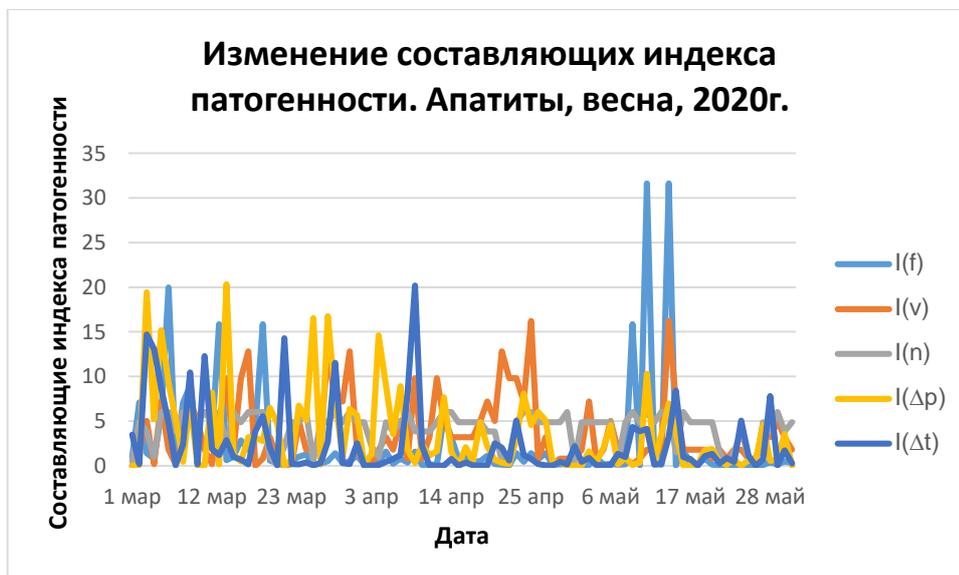


Рисунок 3.26 – Изменение составляющих индекса патогенности. Апатиты, весна, 2020г.



Рисунок 3.27 – Изменение составляющих индекса патогенности. Апатиты, лето, 2020г.



Рисунок 3.28 – Изменение составляющих индекса патогенности. Апатиты, осень, 2020г.

Зимний временной ход за 2019-2020гг. позволяет увидеть, что наибольший вклад в индекс патогенности вносит межсуточная изменчивость температуры и атмосферного давления, это объясняется изменением синоптической ситуации в данном районе (рисунок 3.25).

Выполним синоптический анализ за 28 - 29 декабря 2019г. и 29 - 30 января 2020г. Исходя из рисунка 3.15 самая высокая межсуточная изменчивость температуры ( $\Delta t$ ) была 30 января, а давления ( $\Delta p$ ) 29 декабря 2019г. В первом случае, это связано с тем, что резкое понижение температуры произошло под влиянием на Кольский полуостров арктического антициклона, во втором – резкий перепад атмосферного давления связан с влиянием циклона (рисунок 3.29, 3.30, 3.31).

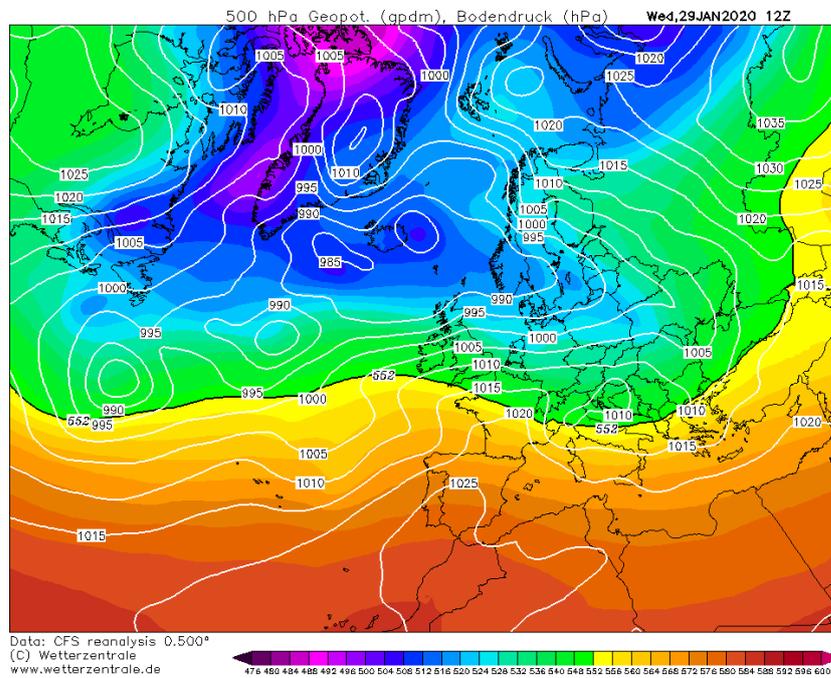
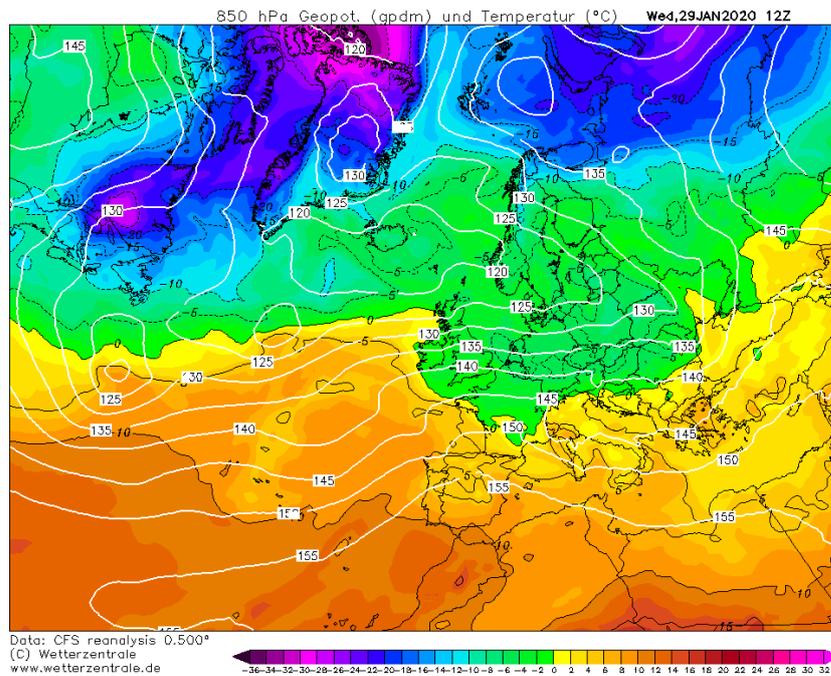


Рисунок 3.29 – синоптические карты АТ-850 и АТ-500 за 12 часов 29.01.2020г.

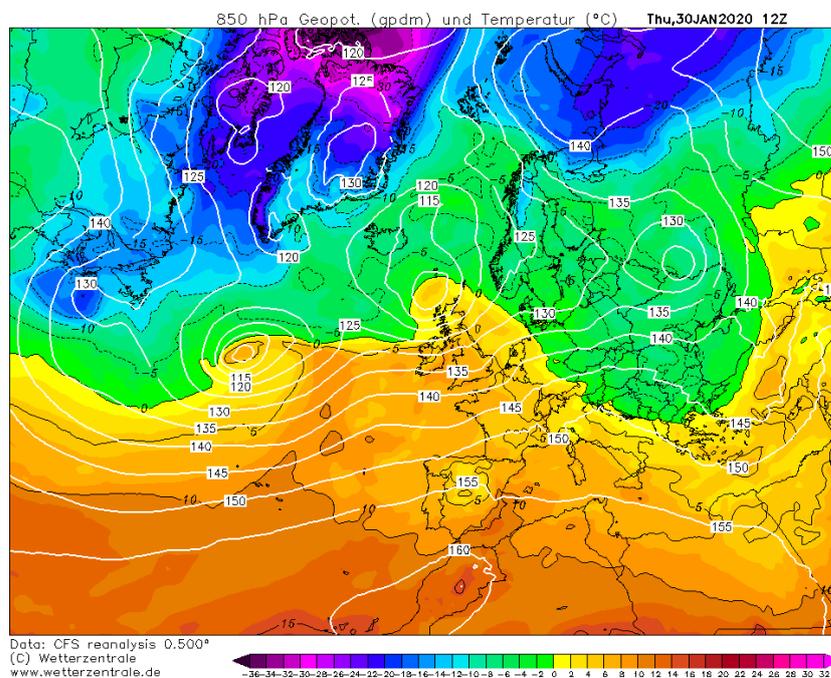
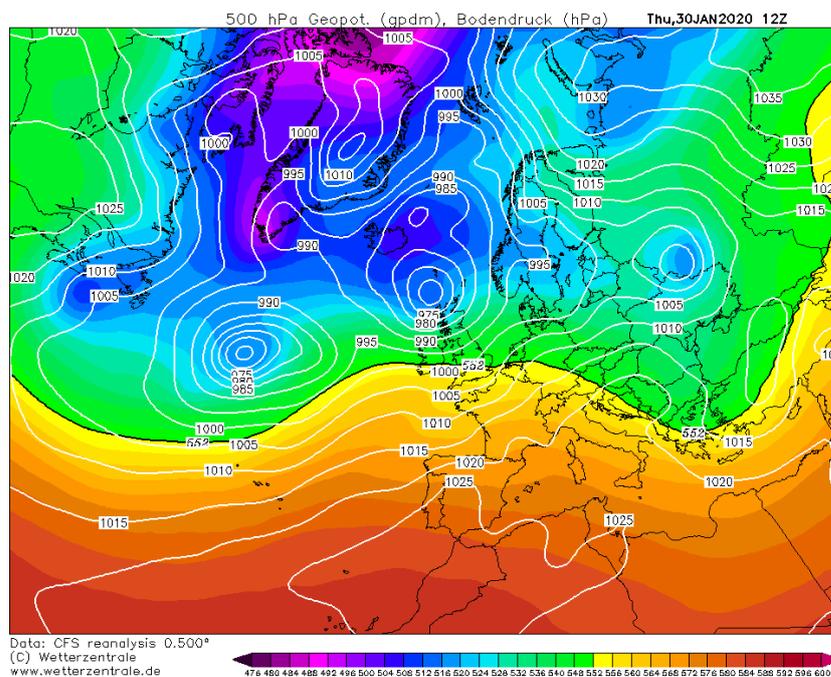


Рисунок 3.30 – синоптические карты АТ-850 и АТ-500 за 12 часов 30.01.2020г.

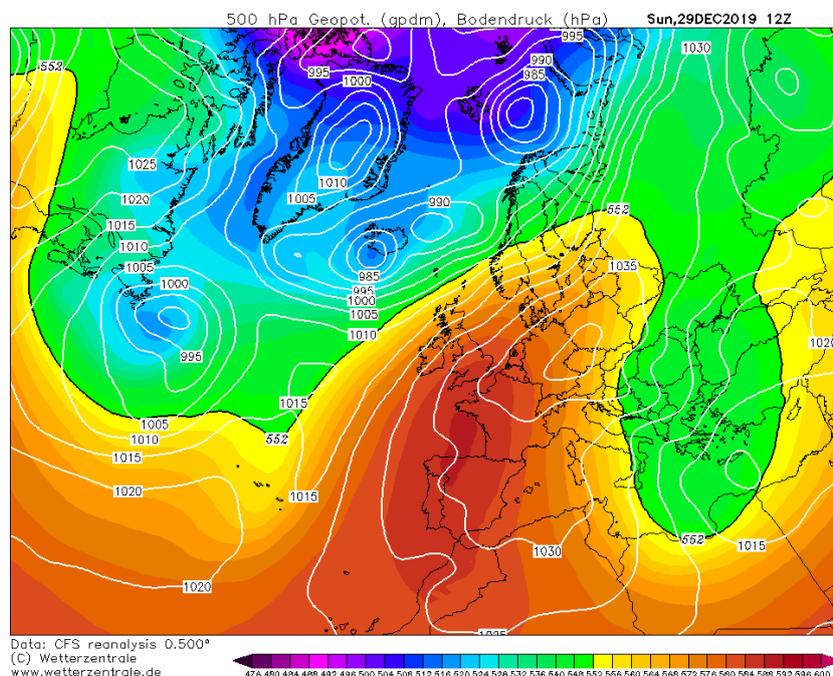
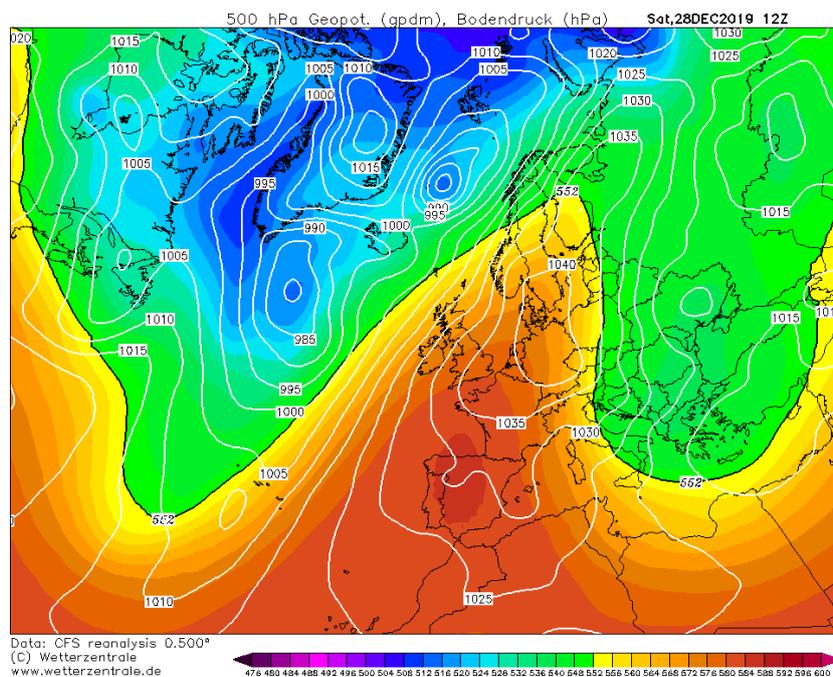


Рисунок 3.31 – синоптические карты АТ-500 за 12 часов  
 28.12.2019 – 29.12.2019гг.

В весенний, летний и осенний периоды наблюдается иная ситуация, здесь наибольший вклад в индекс патогенности вносят относительная влажность воздуха и межсуточная изменчивость температуры воздуха. Высокая относительная влажность связана с тем, что г. Апатиты находится на

побережье озера Имандра, а межсуточная изменчивость температуры с изменением синоптической ситуации (рисунок 3.26, 3.27, 3.28).

Анализ синоптической ситуации за 18-19 июня 2020г. показал, что резкий перепад температуры произошёл вследствие разрушающегося антициклона, так как его влияние ослабло (рисунок 3.32, 3.33).

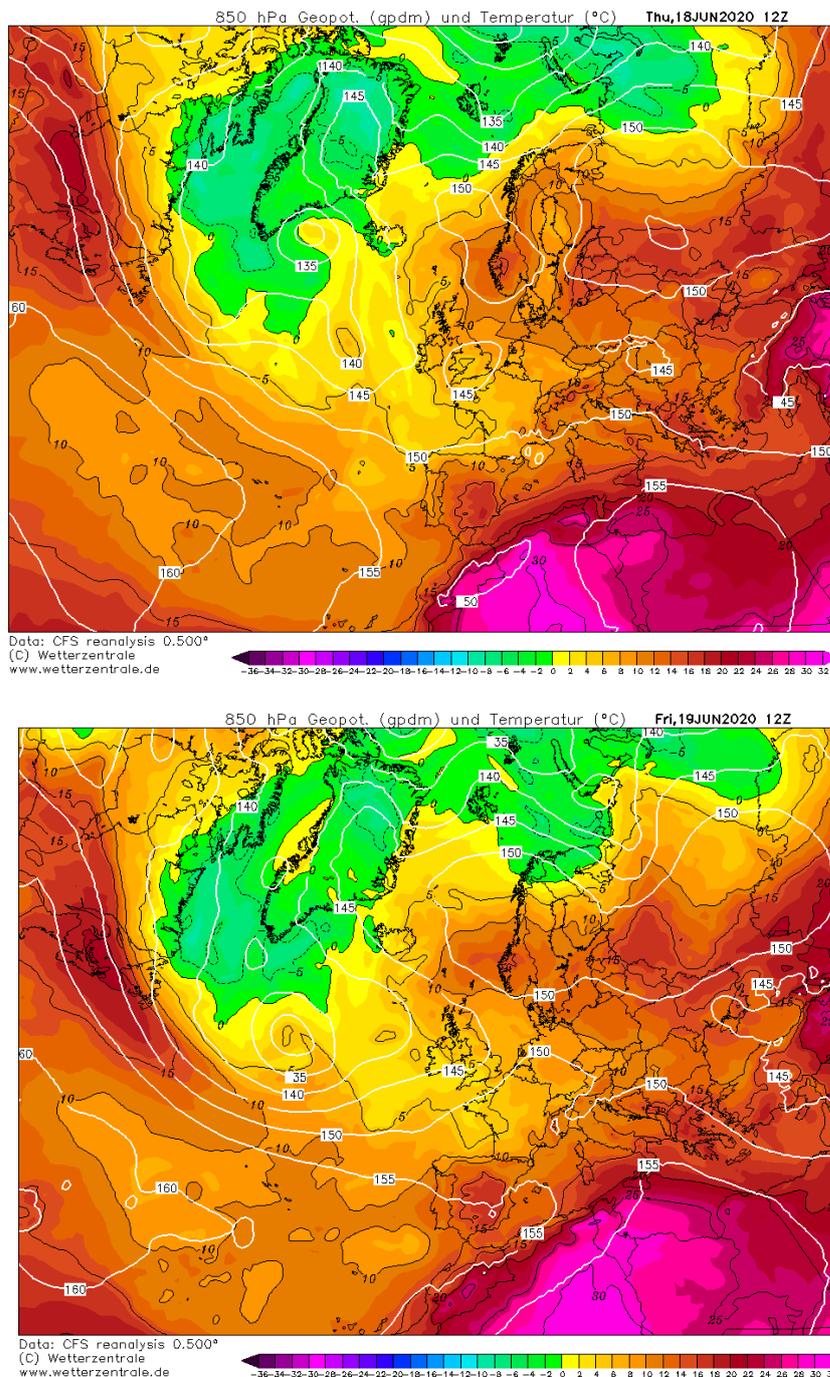


Рисунок 3.32 – синоптические карты АТ-850 за 12 часов  
18.06.2020 – 19.06.2020гг.

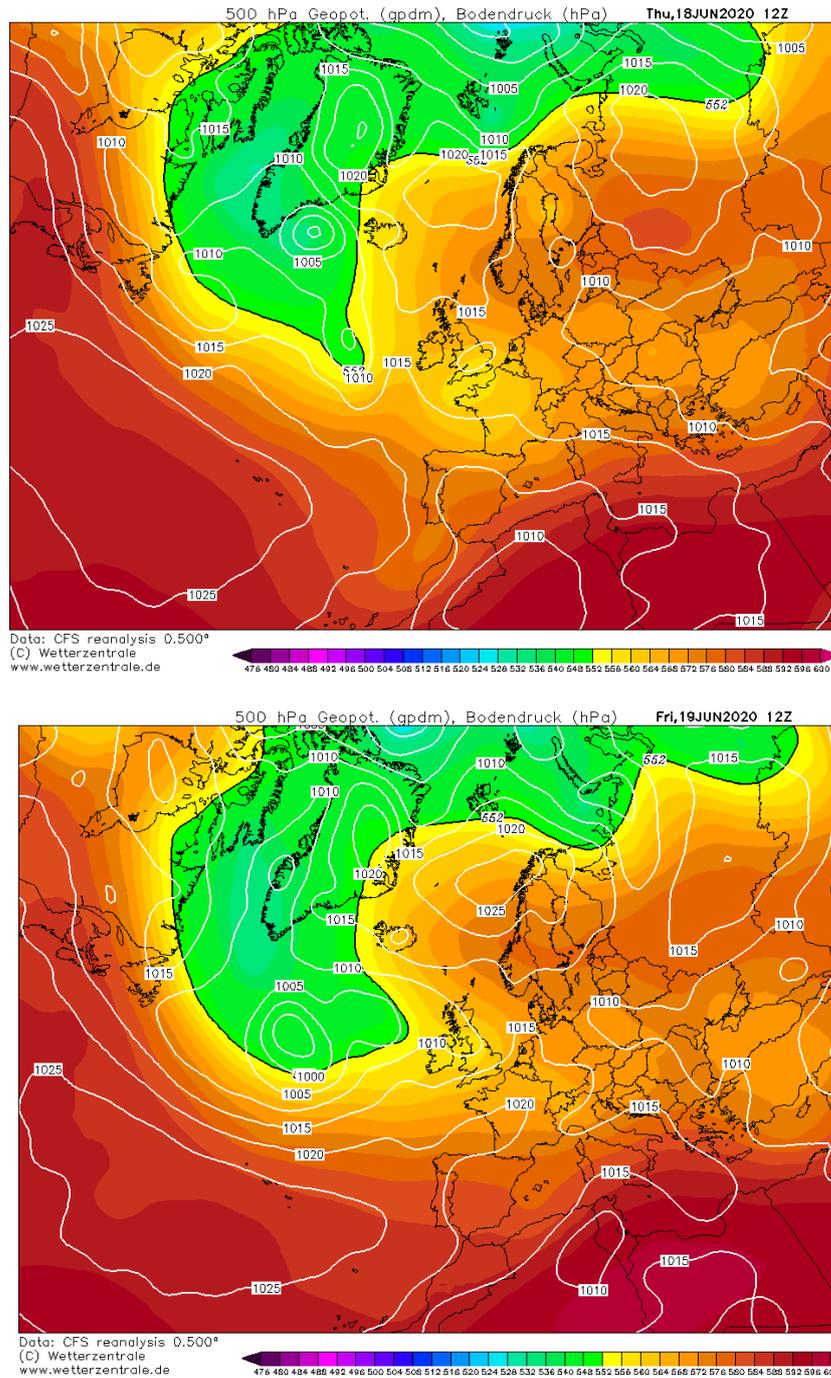


Рисунок 3.33 – синоптические карты АТ-500 за 12 часов  
18.06.2020 – 19.06.2020гг.

Анализ многолетнего изменения индекса патогенности за 2016-2019гг. и по сезонам (зимний и летний периоды).

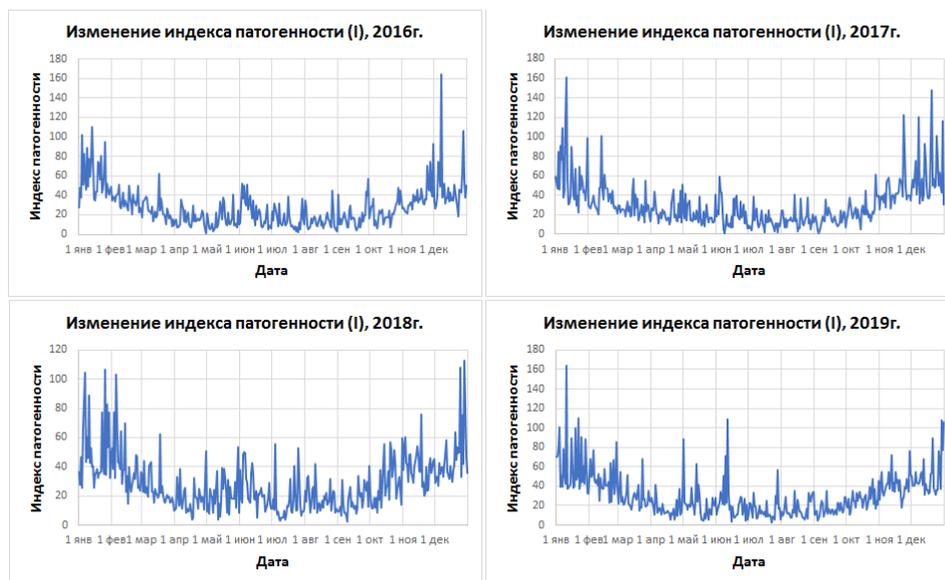


Рисунок 3.34– Изменение индекса патогенности. Апатиты, 2016-2019гг.

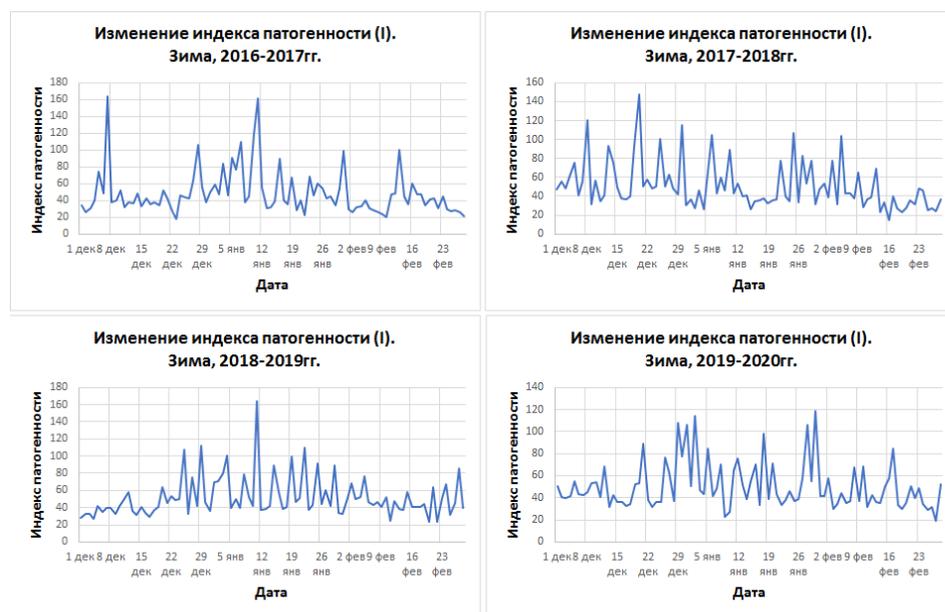


Рисунок 3.35 – Изменение составляющих индекса патогенности. Апатиты, зима, 2016-2019гг.

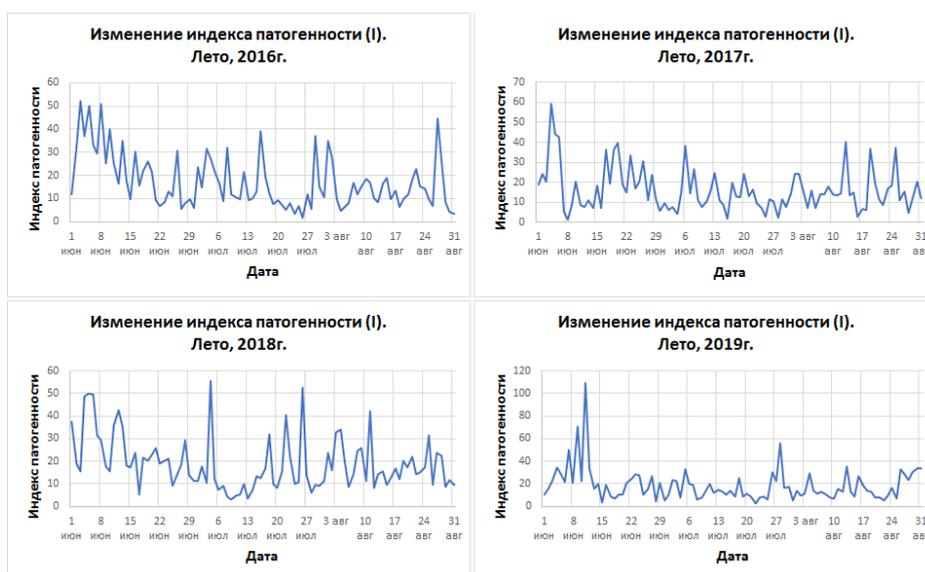


Рисунок 3.36– Изменение индекса патогенности. Апатиты, лето, 2016-2019гг.

Анализируя рисунки 3.34, 3.35, 3.36 можно сказать, что на протяжении периода с 2016 по 2019 годы значения индекса сильно превышали норму и имели острое влияние на человека в зимний и осенний периоды, достигая 160 в 2016, 2017 и 2019 годах, в 2018 году максимум составил 112. В летний и весенний периоды 2016 и 2017 годов значения большую часть времени характеризуются, как комфортные. В 2018 и 2019 годах в некоторые дни значения превышают норму, так в один из дней июня 2019 года максимум индекса составляет 115.

Таким образом, исследование биометеорологических параметров позволило выделить наиболее значимые патогенные метеорологические параметры в разные сезоны года, это следует учитывать при формировании прогноза погоды для медицинских целей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование особенностей биометеорологического режима юга Кольского полуострова позволило сделать следующие выводы:

- Анализ рассчитанных значений эффективной температуры показал, что параметр (Тэф) Стивенса наиболее приближен к реальным значениям температуры, а значит при составлении прогноза погоды стоит ориентироваться на его классификацию, так как при расчётах параметра (ЕТ) А. Миссенарда используется 2 раза значение температуры, из-за этого значения (ЕТ) получаются ниже. Из этого следует, что неблагоприятная Тэф для человека, проживающего в исследуемом районе присутствует только в зимний период, в остальное время её значения входят в норму.

- Оценивать роль солнечной радиации в формировании биометеорологического режима атмосферы следует с учетом роли солнечной радиации в формировании тепловой нагрузки атмосферы юга Кольского полуострова, максимальное влияние которой в период полярного дня. Также важно отметить, что радиационную эквивалентно – эффективную температуру нельзя рассчитывать одной формулой, как предлагают другие авторы, нужно делать расчёт для каждого дня, учитывая различные добавки.

- Индекс патогенности на протяжении всего 2020г. изменяется от 1,57 в июне до 248 в декабре, по классификации погодных условий С.С. Андреева значения больше 24 оказывают острое влияние на человека, наиболее ярко это выражено в зимний и осенний периоды. Весной увеличивается количество дней со слабо раздражающим влиянием, летом ситуация чаще оценивается, как комфортная. С 2016 по 2019гг. ситуация аналогичная.

- Значительную роль в формировании индекса патогенности в зимний период составляет межсуточная изменчивость температуры и давления, которая связана с изменением синоптической ситуации в исследуемом районе.

В летний период и переходные сезоны – влажность, связанная с расположением г. Апатиты у озера Имандра и межсуточная изменчивость температуры.

- Анализ синоптических карт АТ-850 и АТ-500 показал, что резкие изменения температуры и давления связаны с влиянием циклонической и антициклонической деятельности.

Результаты работы могут быть использованы при составлении погоды для медицинских целей в данном регионе.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория общей циркуляции атмосферы и климата земли / Л.Т. Матвеев //Лениздат, 1991.- 295 с.
2. Практическая авиационная метеорология / В.А. Позднякова // Екатеринбург, 2010, - 113 с.
3. Угрюмов, А.И. Долгосрочные метеорологические прогнозы [Текст]: Учебное пособие / А.И.Угрюмов. – СПб.: РГГМУ, 2006. – 84 с.
4. Головина Е.Г., Русанов В.И. Некоторые вопросы биометеорологии. Учебное пособие С-Пб., издат. РГГМИ, 1993.
5. Ассман Д. Чувствительность человека к погоде. – Ленинград, 1966
6. Дзендритский Г. Значение метеорологического прогнозирования для медицины // Труды международного симпозиума ВМО/ВОЗ/ЮНЕП 1986.- Л.: Гидрометиздат, 1988.
7. Кандрор И. С. Демина Д.М. Ратнер Е.М. Физиологические принципы санитарно-климатического районирования территории СССР. – М.; Медицина, 1974, 172 с.
8. Мизун Ю. Космос и здоровье: как уберечь себя и избежать болезней. – М.: Вече, АСТ, 1998. – 368 с.
9. Арнольди И. А. Гигиенические вопросы планировки и застройки жилых кварталов Норильска. //В сб.: Гигиенические вопросы акклиматизации населения на Крайнем Севере. – М., 1961, 43 с.
10. Лобанов В.А. Лекции по климатологии. Часть 1. Общая климатология: Книга 1.: учебник. – СПб, РГГМУ, 2019. – 378 с.
11. Лобанов, В.А. Лекции по климатологии. Ч. 2. Динамика климата. Кн. 2. В 2 кн.: учебник. – СПб.: РГГМУ, 2018. – 377 с.