



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

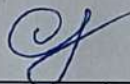
Кафедра метеорологии, климатологии и охраны атмосферы
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Исследование возможной связи космической погоды
с земной »

Исполнитель Гончик Ксения Романовна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Головина Елена Георгиевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
И.о. заведующего кафедрой


(подпись)

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

Сероухова Ольга Станиславовна
(фамилия, имя, отчество)

« 08 » июня 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ.....	5
1.1. Главные факторы, определяющие циркуляцию атмосферы	5
1.2. Классификация атмосферных форм атмосферной циркуляции по Вангенгейму-Гирсу.	10
1.3. Центры действия атмосферы	11
1.4. Особенности циркуляции атмосферы района г. Архангельск.	14
ГЛАВА 2. КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА. ТЕОРИЯ ВЛИЯНИЯ НА ЗЕМНУЮ. .	18
2.1. Основные термины	18
2.2. Основные факторы космической погоды	21
2.3. Механизм воздействия космической погоды на климат планеты Земля ..	23
ГЛАВА 3. АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ БАРИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ И ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ЗЕМНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДОЙ.....	28
3.1 Методика исследования.	28
3.2. Анализ барических образований над г. Архангельском.	31
3.3. Влияние космической погоды на барические образования в атмосфере над г. Архангельском.	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	66
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	68

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большое внимание исследователей в различных областях знаний уделяется изучению особенностей и факторов, определяющих изменение климата в различных регионах земного шара. Разделяется мнение об антропогенном факторе, влияющем на состав воздуха и соответственно на термический и динамический режим атмосферы.

Уже в двадцатом веке появились результаты исследований влияния характеристик космической погоды на земную. Однако в этих работах чаще использовалась характеристика солнечной активности – число пятен на солнце – число Вольфа. Есть теоретические исследования возможности влияния характеристик солнечной активности и околоземного космического пространства на земную погоду. В нашей работе мы решили изучить связь формирования барических образований длительностью больше средней естественной синоптической. Для исследования выбрали район высоких широт, район города Архангельск.

Актуальность работы заключается в том, что, во-первых, регионы Арктической зоны России являются важной ресурсной базой и актуальным направлением развития. Также более подробное изучение синоптического режима поможет уменьшить возможные риски, связанные с погодной ситуацией и создать более благоприятные условия для жизни человека. Во-вторых, точное понимание процессов взаимосвязи закономерностей между космической и земной погоды поможет в будущем сформировать базу, которая сможет стать вспомогательным инструментом в составлении среднесрочных прогнозах.

Основными задачами исследования являлись:

- формирование базы данных основных барических образований,
- подробный анализ повторяемости барических образований,
- выявление 3 периодов устойчивости и один период неустойчивости барических ситуаций, и подробный анализ каждого периода,
- выявление вида макроциркуляций по классификации Вангенгейма-Гирса,

- выявление факторов космической погоды, отклонения которых наблюдались при всех видах макроциркуляций,
- подробное описание хода изменчивости значений характеристик в зависимости от периода устойчивости барического образования и макроциркуляции.

Объектом исследования является атмосфера в районе г. Архангельска.

Предмет исследования: оценка закономерностей барических образований и взаимосвязь между космической и земной погодой.

Необходимо добавить, что ранее производились исследования влияния космической погоды на формирование барических образований атмосферы в районе г. Санкт-Петербург, Тамбов и Омск. В перспективе, будет интересно сравнение характеристик космической погоды, связанных с формированием устойчивых барических образований в атмосфере различных географических областях.

ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ

1.1. Главные факторы, определяющие циркуляцию атмосферы

Совокупность основных воздушных течений в атмосфере в тропосфере, стратосфере и нижней мезосфере составляет общую циркуляцию атмосферы. Процессы в перечисленных слоях взаимосвязаны и в определенной степени могут быть описаны уравнениями гидродинамики. За счет особенностей строения термосфера и экзосфера являются более разреженными слоями атмосферы, что является причиной отличия химических и физических процессов, в сравнении с нижними слоями атмосферы. Изучается связь между процессами, происходящими в верхней атмосфере. Общая циркуляция в трех нижних слоях приводит к обмену большими массами воздуха как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях.

Основными крупномасштабными атмосферными движениями считаются: струйные течения, пассаты, муссоны, циркуляция воздуха в циклонах и антициклонах. Все раннее перечисленные виды воздушных течений являются важными факторами формирования погоды и климата планеты.

Мелкомасштабные движения, характерные для определенных географических районов, такие как шквалы, бризы, торнадо, горно-долинные ветры и некоторые другие, имеют местное значение и не оказывают существенного влияния на общий режим циркуляции атмосферы. Достаточно часто данные мезомасштабные движения нарушаются или зарождаются под влиянием крупномасштабных циркуляций.

На циркуляцию атмосферы влияет большое количество факторов, в особенности лучистая энергия Солнца, вращение Земли вокруг своей оси, неоднородность земной поверхности и трения на границе подстилающая поверхность-атмосфера.

Неравномерное распределение *лучистой энергии Солнца* является основной причиной глобальной циркуляции в атмосфере.

Следующий фактор, преимущественно влияющий на движения в атмосфере в высоких и умеренных широтах, это *вращение Земли*. Стоит

отметить, что на экваторе это воздействие приблизительно равно нулю. Поэтому, при исследовании крупномасштабных движений не стоит забывать, что вращение Земли оказывает различное влияние на широты. Но для упрощения решения в теоретических задачах общей циркуляции атмосферы, угловая скорость вращения Земли в большинстве случаев считается постоянной.

Подстилающая поверхность оказывает воздействие не только на температуру воздуха и циркуляцию атмосферы в приземном слое, но на всю атмосферу за счет турбулентного перемешивания.

Еще одним важным фактором, уменьшающим скорость воздушных течений и изменяющим их направление, является *трение воздуха*. Это явление происходит в пограничном слое атмосферы, который ограничен высотой 1,0-1,5 км.

Изменение температуры, обусловленное вертикальными движениями воздуха, и выделяемое тепло при конденсации водяного пара оказывают воздействие на атмосферную циркуляцию. Такие изменения важны, так как за сутки доходят до нескольких градусов. Поэтому роль адиабатических изменений температуры, образующихся в тропосфере, стратосфере и нижней мезосфере, за период 1-2 дня значительна.

Соотношение размеров атмосферы по вертикали и горизонтали влияют на образование общей циркуляции атмосферы. Воображаемая верхняя граница атмосферы лежит на высоте примерно равной 2000м, при этом почти вся масса атмосферы находится в тропосфере и стратосфере. На верхней границе стратосферы, которая составляет 50-55 км, давление воздуха равняется примерно 0,1 мбар. Другими словами, давление около значения 55 км составляет 0,0001 от давления всей атмосферы. Поскольку основную роль в погодообразовании играют процессы, прогрессирующие в тропосфере, то именно это дает нам возможность, в теоретических исследованиях, считать, что атмосфера — это тонкая пленка воздуха около поверхности земли, вблизи которой вертикальная скорость меньше горизонтальной в 2-3 раза.

Наиболее важными закономерностями общей циркуляции атмосферы являются:

1. Горизонтальная скорость выше вертикальной скорости в крупномасштабных процессах ($u \approx 10$ м/с, $v \approx 10$ см/с, $w \approx 1$ см/с);
2. Воздушные течения зонального характера господствуют над меридиональными;
3. Преобладают вихревые атмосферные движения;
4. Нестационарность и изменчивость атмосферных движений. А также постоянные изменения атмосферной циркуляции и ее структурных элементов, причиной возникновения которых является нестационарность. Наряду с этим, фиксированные частицы воздуха не подвижны в замкнутых траекториях.;
5. Изменяется скорость и направление потоков воздуха при перемещении от слоя к слою и неоднородное распространение кинетической энергии и в горизонтальном, и в вертикальном направлениях;
6. Сезонная изменчивость направления и скорости воздушных течений.

В список вышеперечисленных закономерностей можно добавить другие факторы, при более подробном рассмотрении.

Преобладание западных ветров в тропосфере и нижней стратосфере определяется горизонтальной составляющей силы барического градиента, которая ориентирована с тропиков к полюсам, то есть из области тепла в области холода, под влиянием отклоняющего действия вращения Земли. Поэтому, стоит отметить, что в умеренных и высоких широтах наиболее распространен перенос масс атмосферы с запада. Тем не менее, в определенные периоды в некоторых районах Земли можно зафиксировать преобладание меридиональной циркуляции над зональной.

Стоит отметить, что зоны западных ветров располагаются ближе к оси вращения земли, чем зоны восточных ветров. Именно поэтому, когда скорость ветра в зонах одинакова, то момент сил трения восточных ветров больше, чем момент сил трения западных ветров. То есть, момент импульса от Земли притекает больше, чем стекает. Поэтому скорость западных ветров растет. Рост будет происходить до тех пор, пока не выровняется абсолютная величина стока и притока момента импульса. По итогу, значения скорости западных ветров значительно превышают восточные.

Не считая вихревых движений, для атмосферы также характерны волновые движения. К волновым движениям относятся: приливные движения атмосферы, аналогом которых являются морские приливы, колебание высоты тропопаузы, волновые движения на границах слоев атмосферы имеющие разную плотность и при этом около поверхности земли. К тому же можно считать, что барические гребни и ложбины — это проявление волновых процессов. Стоит отметить, что ранее в системе планетарной высотной фронтальной зоне рассматривали два вида волн: длинные и короткие ($\lambda > 5000$ км и $\lambda < 5000$ км, соответственно). Первому виду волн сопоставляют семейства циклонов, второму виду волн соответствуют обособленные антициклоны и циклоны. Именно данному роду волн присущи волнообразные сдвиги воздушных потоков в горизонтальной плоскости, в противовес можно привести гравитационные волны, в которых частицы колеблются в вертикальной плоскости. Вышеуказанные сдвиги относятся к основным характеристикам барического поля, то есть к гребням и ложбинам. А так как, факторы и причины преобразования поля давления имеют достаточно сложную природу, то физического обоснования данные волновые процессы, то есть волны давления, не имеют.

Также можно условно говорить о том, что волновые процессы- это любые более или менее периодические изменения давления (к примеру, последовательное прохождение циклона и антициклона, отрицательного и изаллобарического очага и т.д.). Как говорилось ранее, именно волновая теория

связывает между собой зарождение внетропических циклонов с волновыми колебаниями фронтальных поверхностей.

Именно нестационарность движений является важной причиной изменения значений поля атмосферного давления и циркуляций, то есть также имея ввиду наиболее крупные преобразования при развитии антициклонов и циклонов. Особенно благодаря такому явлению, как нестационарность атмосферных движений, глобальная картина циркуляции изменчива и никогда не повторяется в полном объеме. Хотя, если не учитывать некоторые детали, то можно определить некоторые характеристики относительной устойчивости процессов в атмосфере.

Отличительной чертой газовой оболочки Земли является, то, что основная масса сконцентрирована в достаточно тонком слое (если сравнивать с радиусом Земли). Получается, что примерно 50% атмосферы сконцентрировано в слое толщиной 5 км, около 90% в слое 16км, а 99% в слое толщиной 32 км, что равняется всего лишь 0,005 радиуса Земли (радиус примерно равен 6370км). Поэтому не стоит забывать, что при оценке кинетической энергии в различных слоях требуется учитывать и скорость ветра, и плотность воздуха. Именно данное обстоятельство определяет важность энергетического вклада нижней половины тропосферы, но стоит отметить, что скорость ветра в слое невелика.

Сезонная изменчивость атмосферной циркуляции связана с непостоянством притока тепла. Достаточно резко изменчивость этого процесса можно заметить в северном полушарии, так как большая часть пространства занята материками. Достаточно значительно охлаждение материков в зимний период и их нагревание в летний период является причиной смены знака контрастов температур между материковой и океанической частью планеты. Наиболее ярко выражена сезонная изменчивость атмосферной циркуляции в районах с муссонным климатом, то есть смена сезона характеризует изменение господствующих направлений ветра на абсолютно противоположные. Не стоит забывать, что сезонная изменчивость атмосферной циркуляции также происходит и в других районах. Обычно это проявляется в повторяемости и

интенсивности антициклонов и циклонов, смещении траекторий, а также изменении географического положения и интенсивности высотных фронтальных зон и т.д.

Далее будут рассмотрены методы изучения общей циркуляции атмосферы.

1. Синоптический метод. Изучение крупномасштабных процессов происходит при помощи погодных карт различных уровней.
2. Гидродинамический метод. Изучение, точнее физическое объяснение, закономерностей изменения атмосферной циркуляции.
3. Статистический (или климатологический) метод. Изучение воздушных течений или барического поля (и других характеристик) при анализе статистических данных.

Совокупность всех вышеперечисленных методов, их итогов и результатов, позволяет более детально и тщательно изучить сущность атмосферных процессов большого масштаба. [4,10]

1.2. Классификация атмосферных форм атмосферной циркуляции по Вангенгейму-Гирсу.

Основу для данной классификации формирует понятие элементарного синоптического процесса (ЭСП), введенное в 1933 г. При наблюдении одного ЭСП, в регионе атлантико-европейского сектора, сохраняется локальный характер основных барических областей, что и аналогично основным тропосферным выносам холода и тепла и у поверхности, и на высотах. Период продолжительности ЭСП насчитывает от 2 до 4 дней. Выделено 26 типов ЭСП. Проанализировав каждый тип, были построены сборно-кинетические карты и графики хода метеорологических элементов. А по характеру основных переносов в тропосфере выделены 3 формы атмосферной циркуляции:

западная – W

восточная - E

меридиональная- С

А позже в 1948 г. Гирс изучил вертикальную структуру форм макропроцессов W, E, C. Он определил, что для каждой формы атмосферной циркуляции имеются свои собственные макродеформационные поля. При западной форме W процессам свойственна зональность состояния атмосферы, при этом в атмосфере фиксируются волны малой амплитуды. Данные волны достаточно быстро перемещаются с запада на восток. А для процессов восточных E и меридиональных C форм характерно меридиональное состояние атмосферы. В данной ситуации фиксируются стационарные волны имеющие большую амплитуду. Стоит отметить, что географическое положение высотных гребней и ложбин является противоположным при формах E и C. Вангенгейм установил данные формы циркуляций только для приземных карт атлантико-евразийского сектора. В то же время, процессы, происходящие в тихоокеано-американском секторе, то есть противоположном, не учитывались. Именно поэтому Гирс взяв за основу принципы и критерии Вангенгейма создал классификацию процессов для второго сектора полушария. Результатом работы является сведение форм циркуляции в три типа: зональный- 3 и два меридиональных – M1 и M2. Это помогло установить девять разновидностей основных форм АЦ: W3, WM1, WM2, E3, EM1, EM2, C3, CM1, CM2. Данные разновидности отражают и характер, и специфику развития длинных волн в Северном полушарии. Вышеуказанные разновидности определяют крупномасштабные стадии развития циркуляций в полушарии. Используя характеристики длинных волн, в целях прогноза, свойственные каждой из вышеперечисленных форм АЦ, найдены связанные с ними характерные состояния полей метеоэлементов у поверхности, их аномалий и различные особенности состояния гидросферы. [3]

1.3. Центры действия атмосферы

Известно, что воздух в атмосфере совершает движения достаточно разных масштабов, от небольших звуковых волн и микротурбулентности до течений

общей циркуляции атмосферы (ОЦА). Именно ОЦА является одним из механизмов действия климатической системы, который стремится сгладить контрасты температуры между тропиками и полюсами, создаваемые контрастами и их инсоляциями. В основу ОЦА входит три линии. Прежде всего это ось междутропической конвергенции (МТК), на которой происходит столкновение северо-восточных и юго-восточных пассатов, подтекающие под легкий нагретый воздух и создающие под действием силы Кориолиса течение на запад (субротацию- более медленное, чем твердая планета, вращение вокруг земной оси). Также это оси северного и южного субтропических струйных течений (ССТ). Данные оси образуются поворотом на восток оттекающих к полюсам антипассатов при действии сил Кориолиса и переносом в зоны ССТ момента импульса зональных течений под воздействием «отрицательной вязкости» статистического ансамбля вертикально-неоднородных вихрей и волн Россби. За счет того, что оси гребней наклонены в сторону ССТ. Поэтому ССТ образует суперротацию – вращение планетарной атмосферы в направлении собственного вращения планеты, но угловая скорость при это больше.

Стоит отметить, что зона МТК располагается немного севернее экватора. Можно заметить годовую миграцию линии от экватора до 12° (с марта до августа). А зона ССТ располагается на широтах $\pm 35^\circ$ и на высоте примерно равной 12 км.

Среднегодовые максимумы, по долготе, скорости ветра равны 23м/с и 29м/с в северном и южном полушариях соответственно. Мгновенные ССТ достаточно сильнее: их ширина составляет 300-400 км, толщина 1-2км, скорость 60-80 м/с.

Наличие антициклонических сдвигов зональной скорости между субротацией на МТК и суперротацией на ССТ, а также циклонических сдвигов полярных ССТ может привести к образованию субтропических антициклонов и субполярных циклонических вихрей. Такие вихри являются квазистационарными по своему месторасположению и называются центрами действия атмосферы (ЦДА). Факт существования ЦДА это нарушение

зональности. Причиной этого нарушения является незональный фактор нагрева и охлаждения атмосферы. В данном случае, это разница температур между океанами и материками.

Необходимо добавить, что у планет с быстрым вращением преобладают зональные факторы и существование квазистационарных ЦДА исключено. А на медленно вращающихся планетах преобладают незональные факторы (разный нагрев атмосферы в областях под солнечным светом и в тени)

Поэтому на Земле роли зональных и незональных факторов сопоставимы, в связи с этим возникают зональные циркуляции и квазистационарные ЦДА (вместе с тем испытывающие достаточно значительные сезонные и междугодовые колебания). Термическая разница сред создает более сильное зимнее охлаждение и летний нагрев материков, если сравнивать с океанами, и таким образом оттекание воздуха, в нижних слоях атмосферы, с континентов на океаническую поверхность зимой и обратное подтекание в летний период.

ЦДА, образующиеся в результате наложения зональных и муссонных эффектов, можно разделить на 4 вида:

1. Пять перманентных океанских антициклонов – Азорский, Гавайский, о. Св. Елены, о. Св. Маврикия и о. Пасхи.

2. Два перманентных океанских циклона – Исландский и Алеутский (второй из них не вполне перманентен – в июле он обычно исчезает). В ЮП им соответствует пояс пониженного давления циркумполярного Антарктического течения.

3. Четыре сезонных (зимних) континентальных антициклона – Сибирский, Канадский, Южноафриканский и Австралийский.

4. Пять сезонных (летних) континентальных циклонов – Южноазиатский, Калифорнийский, Южноафриканский, Австралийский и Южноамериканский.

[7,10]

1.4. Особенности циркуляции атмосферы района г. Архангельск.

Географическое положение Архангельской области на северо-восточной окраине Европейского континента, в относительно высоких широтах от 60° до 70° с.ш., определяет ее синоптико-климатические условия. Эта территория находится под влиянием двух климатических зон - арктической и полярной, что приводит к активной циркуляции атмосферы в течение всего года. Это оказывает существенное влияние на климат северных регионов.

Климат характеризуется частой сменой воздушных масс, вызванной перемещением циклонов, в основном с Атлантического океана, и антициклонов, в основном из Полярного бассейна. Циклоны чаще всего возникают в осенне-зимний период, а летом их количество уменьшается.

Тем не менее, воздушные массы из Арктики, в основном с Карского моря, могут поступать в любое время года, сопровождаясь холодными и сухими северо-восточными ветрами.

В Архангельской области циклоны обычно перемещаются со скоростью 30 км/ч, а антициклоны - 20-25 км/ч. В некоторые месяцы (март, июнь, ноябрь) скорость антициклонов может достигать 40-50 км/час.

Весной (апрель-май, июнь для более северных районов) происходит перестройка барического поля, приобретающего к концу мая летний характер.

Развитие атмосферных процессов на земле весной определяется циклонической деятельностью над севером Европейского континента, термической адвекцией со Средиземного и Черного морей и тыловыми вхождением антициклонов на север Европейской части России.

В северных морях часто устанавливается фон повышенного давления. Зимой преобладает юго-западная тяга, которая к маю сменяется северной тягой арктических воздушных масс, вызывая значительные похолодания и штормовые ветры.

Зимой важную роль играют процессы адвекции, а весной преобладают процессы трансформации, и арктические воздушные массы на Европейском Севере распространяются на запад морским путем, а на восток - континентальным. Весной погода неустойчива, и синоптические процессы достаточно быстро меняются.

К лету происходит полная перестройка распределения давления в умеренных широтах. Летом давление повышается над океанами, а над континентом понижается.

В июле-августе высотное барическое поле характеризуется уменьшением градиентов и снижением частоты и интенсивности циклонов и антициклонов.

Азорский антициклон усиливается и расширяется по площади, поэтому его северная половина располагается в умеренном поясе.

Атлантические циклоны проходят более широтно, чем зимой, и направлены не на Баренцево море, а на Скандинавию и далее на восток.

Летом атлантическая ветвь арктического фронта перемещается на север. Но на районы севера ЕТР циклоны, сформированные на ветви арктического фронта, оказывают мало влияния. Сам фронт находится под влиянием тех циклонов, которые образовались в атлантической и восточно-европейской ветвях полярного фронта.

Летом из-за размытого циклонического поля на континент оказывает сильное влияние муссонный фактор, что приводит к поступлению дополнительных масс арктического воздуха. Летом преобладают ветры северных направлений.

Несмотря на усиление конвекции на фоне размытого барического поля, характер погоды в основном определяется циклонической деятельностью. Летом преобладает воздух умеренных широт морского и континентального происхождения, а континентальный тропический воздух, распространяющийся с юга и юго-востока на севере ЕТР, наблюдается редко.

В период перестройки барического поля с летнего на зимний, который происходит к концу октября, активизируется Исландская депрессия к югу от траектории выхода циклонических систем на континент.

В первой половине осени практически ежегодно наблюдаются осенние возвраты тепла, связанные с выносом прогретого воздуха с юга по западной периферии антициклонов, расположенных над Западной Сибирью и юго-востоком ЕТР.

Осень характеризуется наибольшей повторяемостью штормовых ветров, вызванных усилением циклонической деятельности на арктическом фронте. Чаще всего наблюдаются северо-западные штормовые ветры, достигающие 8-10 и даже 12 баллов.

Типичные синоптические ситуации: во-первых, перемещение "ныряющих" циклонов с Баренцева моря на Урал. Для такого перемещения необходима обширная циклоническая область над Карским морем и низовьями Оби и Енисея, которая прослеживается на больших высотах, а также наличие области высокого давления над Скандинавией и Финляндией.

Во-вторых, осенью циклоны перемещаются вдоль интенсивной высотной фронтальной зоны зонально от Северного моря через Балтику к северу от Урала. Карское и Баренцево моря заняты обширным высоким циклоном, а над Норвежским морем расположена циклоническая область. Между этими циклонами часто возникают гребни высокого давления. Поэтому в тыл циклонов, перемещающихся из скандинавских районов на Уральский Север, вторгается холодный воздух, что вызывает усиление северных ветров на севере ЕТР. Преобладающими воздушными массами в этот период являются морской воздух умеренных широт и морской воздух Арктики.

Влияние Белого и Баренцева морей сильно сказывается на распределении температуры воздуха как зимой, так и летом. Моря оказывают согревающий эффект зимой и охлаждающий эффект летом. Влияние морей и активная циклоническая деятельность приводят к тому, что климат на севере ЕТР в целом значительно теплее, чем на тех же широтах в Азии.

В зимний период высотное барическое поле характеризуется низким давлением над океаном и высоким давлением над континентом. Преобладает зональное направление воздушных течений: в тропосфере преобладают западные ветры, а у поверхности Земли - юго-западные.

Достаточно сильная циклоническая и антициклоническая активность обычно сопровождается меридиональной трансформацией термобарического поля тропосферы. Зимой синоптические процессы характеризуются усилением циклонической деятельности над Норвежским и Баренцевым морями и частыми тыловыми вхождениями антициклонов.

Преобладающими направлениями движения циклонов являются:

1. Из районов Исландии на север Скандинавии и далеко на восток вдоль побережья;
2. Из районов Британских островов через север Скандинавии в Карское море.

Стоит отметить, что тыловые вхождения антициклонов наблюдаются во все зимние месяцы, но именно более устойчивые антициклоны бывают в январе и феврале, так как в этот период большая повторяемость мощных малоподвижных антициклонических ситуаций. Основными местами формирования антициклонов, сформированных из арктического воздуха и возникающих в северной части ЕТР, являются либо район Шпицберген-Гренландия, либо Земля Франца-Иосифа, Карское море, Таймырский полуостров.

Причина такой синоптической ситуации обусловлена неустойчивостью погоды в зимний период: часто наблюдаются сильные ветра, резкие смены теплых юго-западных ветров на холодные северные, резкое колебание температур. [9]

ГЛАВА 2. КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА. ТЕОРИЯ ВЛИЯНИЯ НА ЗЕМНУЮ.

2.1. Основные термины

Для более точного понимания термина космическая погода, стоит рассмотреть основные понятия.

Одним из наиболее важных понятий является солнечная активность (СА). Это комплексный термин, включающий активные образования (к примеру, солнечные пятна, протуберанцы и т.д.) и нестационарные динамические явления (вспышки, всплывающие магнитные потоки), которые наблюдаются в атмосфере Солнца. Также СА характеризуется числом Вольфа (число солнечных пятен и групп пятен на видимой полусфере Солнца). А вот солнечные пятна- наиболее четкие темные области, наблюдаемые в фотосфере Солнца. То есть это области пониженной светимости с достаточно сильным магнитным полем. Температура фотосферы равна примерно 5700К, но температура солнечных пятен около 3700К. В основном солнечные пятна живут несколько дней, хотя есть зарегистрированные случаи существования в течение нескольких недель. Так исторически сложилось, что именно по числу солнечных пятен определяют СА. Одним из главных индексов СА является число Вольфа R или относительно цюрихское число солнечных пятен.

$$R = k(10g + s) - \text{суточное число Вольфа}$$

s-число отдельных пятен, g- число групп пятен, k-фактор обсерватории (чаще всего < 1)

Значение k предусматривает условия наблюдений, тип телескопа и т.п.

Корональные дыры — это пространство короны Солнца с достаточно низкой, относительно остальной области, температурой, всего $0,8 \cdot 10^6$ К. Также зафиксированы пониженная плотность и магнитное поле, направленное радиально от Солнца. КД, на фотографиях в рентгеновских лучах, имеют вид темных областей. Судя по всему, КД всегда существуют в полярных областях и, достаточно редко, продолжают в областях низких широт (там образуются изолированные КД).

Одновременно с вышеперечисленным, важной характеристикой является солнечный ветер- это поток ионизированных частиц плазмы, который истекает из Солнца (источником является солнечная кора), в диапазоне скоростей 300-1200 км/ч, в окружающее космическое пространство. Изучено достаточно много факторов возникновения и формирования солнечного ветра, но часть моментов до сих пор изучается. Один из вопросов, который не до конца исследован, это где именно корональный газ ускоряется до данных значений скоростей. Возможно, это связано с проблемами нагрева солнечной короны. Также солнечный ветер имеет бимодальный характер, иными словами, в нем присутствуют два потока: медленный и быстрый.

Также мощным проявлением СА является солнечная вспышка, вызванная возникновением неустойчивой конфигурации магнитного поля в активной области на Солнце. Возникают в виде внезапного увеличения яркости солнечной хромосферы, иногда при мощных ситуациях – и фотосферы. Длительность вспышек всего от нескольких минут до десятков минут. И, стоит добавить, что вспышка сопровождается выделением энергии не более 10^{25} - 10^{26} Дж в формате коронального выброса массы, потока космических лучей и электромагнитного излучения всего диапазона. Но не каждая вспышка оказывает влияние на околоземное космическое пространство (ОКП). ОКП является областью вокруг планеты Земля, которая отличается физическими характеристиками от межпланетного пространства в результате влияния Земли. Физические характеристики ОКП: концентрация заряженных и нейтральных частиц, их энергия и также химический состав, плотность твердого вещества, электрическое и магнитное поле. В дополнение, размеры ОКП различны, с освещенной стороны Земли в направлении на Солнце всего 10-12 земных радиусов, а с ночной стороны (то есть хвост магнитосферы) ОКП проходят до орбиты Луны. Возвращаясь к солнечным вспышкам, стоит упомянуть термин геоэффективность. Это событие, влияющее на геомагнитную, электромагнитную и радиационную ситуацию в ОКП. Геоэффективность вспышек, чаще всего, зависит от мощности (то есть интенсивности) и локализации на диске Солнца.

Последние исследования доказали, что максимальная геоэффективность зафиксирована у вспышек рентгеновского класса выше M5, которые происходят на западной половине солнечного диска.

Магнитосфера Земли – это область околоземного пространства, занятая геомагнитным полем, то есть полость в потоке солнечного ветра.

Вместе со всем вышеперечисленным стоит добавить понятие корональные выбросы массы (КВМ). КВМ это гигантские объёмы солнечного вещества, которые выбрасываются из атмосферы Солнца в межпланетное пространство (по причине активных процессов). Если рассматривать КВМ схематично, то он имеет вид оторвавшейся замкнутая петля магнитного поля, которая состоит из сгустка коронального вещества. Именно КВМ являются важной причиной геоэффективных возмущений. Установлено, что КВМ достаточно часто связаны со вспышками на Солнце, но на данный момент не выяснен механизм связи данных явлений между собой (то есть не определено какой процесс является первичным: либо корональный выброс предшествует вспышке, либо корональный выброс является ее следствием).

Также одним из важных источников геоэффективных событий в околоземном космическом пространстве являются эруптивные протуберанцы. Это достаточно крупные образования в атмосфере Солнца, обладающие повышенной плотностью и пониженной температурой, по сравнению с окружающей средой. Именно эруптивные протуберанцы являются наиболее визуально заметными явлениями активности в солнечной короне. Данное явление представляет собой облака хромосферного вещества, концы которых уходят в хромосферу, и поддерживаются магнитным полем.

Интересным примером является событие 14-17 апреля 1994г, когда распад волокна (волоком является протуберанец, наблюдаемый в проекции на солнечный диск) стал причиной возрастания потоков солнечных космических лучей (СКЛ) в околоземном космическом пространстве.

Помимо всего перечисленного, необходимо добавить определение коротирующих областей взаимодействия. Область, где быстрый поток

солнечного ветра (из корональных дыр) настигает предшествующий поток более низкой скорости, что ведет к сжатию плазмы вдоль линии взаимодействия потоков. Данное явление провоцирует возрастание плотности и температуры плазмы более медленного потока, так как передается кинетическая энергия быстрого потока. Если наблюдается достаточно значительная разница скоростей двух потоков, то на переднем и заднем фронтах КОВ образуются ударные волны, которые в свою очередь, увеличивают геомагнитную эффективность и, именно они, являются причиной внезапного начала бурь. [11]

2.2. Основные факторы космической погоды

Во-первых, стоит дать определение уже вышеупомянутому фактору. Солнечные космические лучи- это энергичные электроны, протоны и ядра, образующиеся во вспышках и достигающие орбиты Земли, перед взаимодействием с межпланетной средой. Наиболее весомый вклад в суммарную радиацию приносят протоны с энергией 20-500 МэВ. Основным источником СКЛ являются вспышки, иногда распад протуберанца, то есть волокна.

Другим важным фактором, влияющим на состояние околоземного космического пространства, является магнитная буря. Это значительные возмущения магнитного поля Земли, продолжительностью от нескольких часов до нескольких суток. Магнитные бури наблюдаются одновременно по всей Земле, а амплитуда возрастает с увеличением широт. А магнитосферная буря- это комплекс процессов, происходящих в магнитосфере Земли во время магнитной бури. При этом, происходит сильное поджатие границ магнитосферы с её дневной стороны и формируется кольцевой ток энергичных частиц во внутренней части магнитосферы и т.д. Магнитосферная суббуря- объединение процессов в магнитосфере и ионосфере, характеризующиеся как последовательность процессов накопления энергии в магнитосфере и далее ее взрывное освобождение. Источником магнитных бурь являются высокоскоростные потоки солнечного ветра.

Еще один важный фактор — это ионизирующее электромагнитное излучение (ИЭИ) солнечных вспышек. ИЭИ вызывает разогрев и дополнительную ионизацию верхних слоев атмосферы. ИЭИ имеет спектральный диапазон, то есть от радиоволн и до рентгеновских лучей, максимум которого выпадает на видимую часть спектра (желто-зеленую часть).

Одним из завещающих определений будет возрастание потоков релятивистских электронов во внешнем радиационном поясе Земли. После магнитных бурь в около половине случаев возрастают потоки электронов, включая релятивистские, энергия которых выше 1 МэВ.

И радиационный пояс Земли (РПЗ) — это внутренняя область магнитосферы Земли, в котором электромагнитное поле удерживает все заряженные частицы (то есть и электроны, и протоны, и альфа-частицы. При более подробном рассмотрении можно отметить, что РПЗ представляет собой тороид. В данном тороиде есть возможность выделить две области: внутренний и внешний радиационные пояса.

Вышеперечисленные пояса отличаются составом, пространственной и временной динамикой. Внутренний пояс состоит из протонов и электронов, локализация и потоки частиц достаточно стабильны, а временные масштабы менее нескольких месяцев. Внешний пояс состоит преимущественно из электронов, является нестабильным, так как всего в течение часа величина потока электронов может измениться на несколько порядков, а максимум и границы значительно сдвигаются. Поэтому именно внешняя часть РПЗ является достаточно сложной динамической системой, параметры которой меняются достаточно существенно (это зависит от состояния межпланетной среды). [11,12]

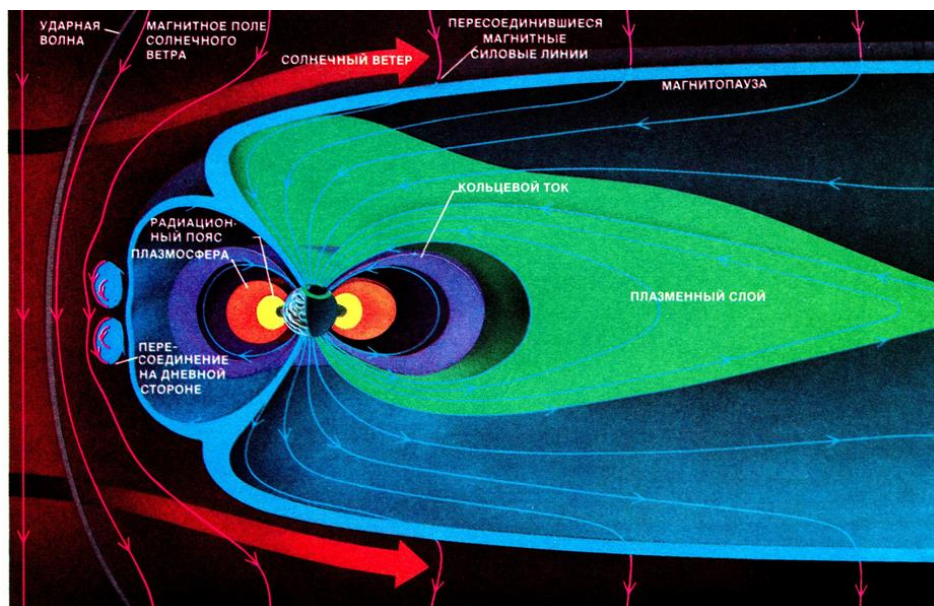


Рисунок 2.2.1 - Плазменный механизм солнечно-земных связей: в центре Земля, радиационный пояс планеты, кольцевой ток, магнитосфера – передняя замкнутая часть и задняя разомкнутая в виде сдвоенного хвоста

2.3. Механизм воздействия космической погоды на климат планеты Земля

Космическая погода — это изменения различных факторов на Солнце, в солнечном ветре, магнитосфере и ионосфере, которые влияют не только на работу и исправность различных приборов, но и могут нести угрозу здоровью и жизни человека. Иными словами, это совокупность явлений, которые происходят в верхних слоях атмосферы Земли, ионосфере и околоземном космическом пространстве и так же данные о состоянии Солнца и о потоках частиц, и данные о межпланетном магнитном поле.

Необходимо сначала кратко рассмотреть механизм воздействия космической погоды на планету. Стоит отметить, что Земля имеет чувствительную, к электромагнитным вариациям, плазменную оболочку. А тело планеты представляет собой резонансную дипольную систему, которая настроена в резонанс с Солнцем. Поэтому все процессы на Земле, под влиянием Солнца, идут по закону электромагнитного взаимодействия.

Вспышечная активность, происходящая на Солнце, уже через 8 минут достигает ионосферы. В наиболее низком слое, высотой 50-90 км, достаточно резко возрастает уровень ионизации из-за воздействия первых пришедших лучей (рентгеновского излучения). Также, следует отметить, что атомы и атомарные вещества, при электромагнитном взаимодействии, с излучениями первыми вступают в связь высокочастотные гармоники внешнего излучения. В самой атмосфере увеличивается уровень концентрации электрически заряженных частиц. Данные частицы значительно влияют на коротковолновый диапазон радиосвязи, но только на освещенной части планеты.

А вот уже через несколько часов Землю достигнет солнечный ветер (то есть его самые первые потоки), ускоренный до гиперзвука. За счет особенностей строения магнитосферы, прибывшие протоны не смогут попасть в среднеширотную атмосферу, а будут отправлены к полюсам. Данное явление приведет к сильной ионизации нижней ионосферы. Следствием будет практически полное поглощение КВ-радиоволн от технических устройств на всевозможных полярных трассах и сама Земля сможет поглотить плазму солнечного ветра.

Далее будет постепенно усиливаться поток солнечного ветра, оказывая давление на магнитосферу, а точнее на ее замкнутую часть, всегда обращенную к Солнцу. Именно по этой причине магнитосфера, с дневной стороны, будет сжиматься, а магнитные силовые линии начнут изгибаться и сближаться.

Затем будет наблюдаться возбуждение магнитного поля, а потоки электронов перейдут из радиационных поясов в верхнюю атмосферу полярных широт. Данное явление будет являться причиной полярного сияния. За счет этого уменьшится общее количество заряженных частиц в основной части ионосферы на высотах 200-400 км, поэтому ухудшаются характеристики ионосферного «зеркала», то есть начнутся проблемы с радиосвязью (трудности для прохождения радиоволн навигации и средств связи). Впоследствии, на верхней части атмосферы Земли будет повышаться температура и плотность слоя, эта область имеет название термосфера, за счет усиления влияния

ультрафиолетового излучения. Термосфера располагается на высотах 150-200 км, где и находится большинство искусственных спутников Земли. По причине изменений характеристик среды, изменится и подъёмная сила каждого спутника, что приведет к изменению высоты орбит (произойдет более быстрый износ оборудования).

Также солнечные космические лучи заполняют Солнечную систему только на короткий промежуток времени после солнечной вспышки, но именно их интенсивность делает все частицы главным источником радиационной опасности во внешней части магнитосферы, так как магнитное поле слишком слабое. Конечно, необходимо добавить, что за кратковременное ухудшение радиационной обстановки во внутренней магнитосфере тоже ответственны солнечные частицы. По вышеуказанной причине полеты на самолетах в высоких широтах наиболее опасны по причине мощного радиационного поражения людей и приборов.

За основу берется представление о том, что все формы веществ и излучений обладают единым электромагнитным происхождением, из этого можно сделать вывод, что все они имеют универсальный план строения, то есть дипольный. Стоит напомнить, что все диполи образуют собственное поле направленных излучений.

А вот на наиболее низком уровне электрической солнечно-земной цепи находится ионосферы. Ионосфера непосредственно обладает самой плотной плазменной оболочкой Земли. Данная оболочка активно поглощает солнечное излучение, высыпание энергетических частиц из магнитосферы и даже излучение с земной коры. То есть ионосфера представляет собой достаточно тонкую, упругую и несжимаемую мембрану, которая выполняет функцию передачи волн для возбуждения резонатора (то есть радиационного поля), а еще для извлечения, из пояса радиации, возбуждения при приеме информации из космоса и передачи в структуру ядра планеты. Поэтому, стоит отметить, что данная оболочка четко выраженными резонансными свойствами (и это характерно для всех резонансных мембран).

Ионосфера поглощает солнечное рентгеновское излучения, образованное в результате вспышек на Солнце. Это поглощение приводит к тому, что ионосфера нагревается и раздувается, а плотность плазмы и нейтрального газа на высоте около нескольких сотен километров возрастает, образуя достаточно значительно дополнительное аэродинамическое сопротивление для спутников и т.д. Недооценка данного явления может привести к серьезным ошибкам в эксплуатации спутников. Хотя, скорее всего, наиболее важным фактором является влияние ионосферы на радиосвязь. Именно плазма ионосферы достаточно эффективно поглощает радиоволны некоторой резонансной частоты, которая зависит от плотности

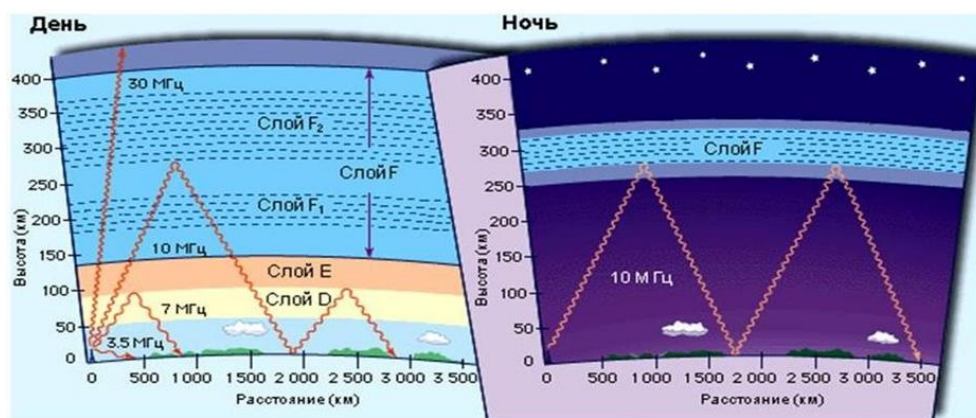


Рисунок 2.3.1 - Строение ионосферы и распространение радиоволн за счет ионосферы.

Ионосфера более эффективно поглощает радиоволны только определенной резонансной частоты (примерно 5-10 мегагерц). Стоит отметить, что радиоволны более низкой частоты отражаются от границ ионосферы в сторону Земли, а вот волны более высокой частоты проходят сквозь саму ионосферу, к тому же степень искажения радиосигнала зависит от близости частот волн к резонансной частоте.

В спокойном состоянии ионосфера имеет стабильную и четкую слоистую структуру, что помогает из-за многократных отражений принимать радиосигнал частотой ниже резонансной. А вот радиоволны частотой выше 10 мегагерц достаточно свободно уходят через ионосферу в открытый космос.

А уже во время солнечных вспышек и различных магнитных бурь общее количество достаточно заряженных частиц увеличивается, но при этом достаточно неравномерно. Именно по данной причине образуются плазменные сгустки и дополнительные слои. И тем самым это приводит к поглощению, или искажению, или непредсказуемому отражению, или преломлению технических радиоволн.

При этом, стоит отметить, что такие нестабильны оболочки как магнитосфера и ионосфера сами способны генерировать радиоволны. Поэтому происходит заполнение шумом широкий диапазон частот, то есть, на практике, величину естественного радиофона можно сравнить с уровнем искусственного сигнала, что создает значимые трудности в работе наземных и космических систем радиосвязи и навигации.

Ко всему вышеперечисленному необходимо добавить, что вариации поля образуются струями ионосферных токов силой равной около миллиона ампер (то есть электроджеты), возникают в полярных и авроральных широтах при различных изменениях в магнитосферной токовой цепи. Именно данное место является началом разомкнутой части магнитосферы (точнее ее «хвоста»), и в полную Луну магнитосферные концы поля замыкаются благодаря электропроводной поверхности спутника Земли, и это позволяет скорректировать скорость вращения планеты для согласования со скоростью вращения самого Солнца.

Основные токи, образующие магнитосферу находятся в плоскости магнитного экватора и данные представляют собой кольцо высокой силы (а точнее более миллиона ампер). Состояние магнитосферы переменное за счёт энергетики солнечного ветра. Магнитное поле тела планеты взаимодействует с переменным магнитным полем кольцевого тока, образуя механический момент вращения планеты Земля. Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что космическая погода оказывает влияние на скорость вращения Земли, а Луна регулирует данный процесс, согласовывая со скоростью вращения Солнца. [8,11]

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ БАРИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ И ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ЗЕМНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДОЙ.

3.1 Методика исследования.

1. Формируем базу данных характеристик солнечной активности (СА) и околоземного космического пространства (ОКП) и характеристики ГМП. В базу данных включаем не только абсолютное значение всех, выбранных нами для исследования величин, но и их суточные статистические характеристики.

1.1. Для параметров СА, ОКП и ГМП имеющих мелкий шаг дискретизации (меньше суток), определяем *суточные* статистические характеристики (медиану, максимум, минимум, амплитуду, стандартное отклонение, коэффициент вариации, коэффициент осцилляции). Каждую суточную статистическую характеристику считаем независимым параметром СА, ОКП и ГМП (заранее мы не знаем, вариации которой из них чаще совпадают и совпадают ли вообще с изменчивостью циркуляции атмосферы)

2. Формируем базу данных циркуляции атмосферы над территорией г. Архангельска по основным барическим образованиям (циклон, антициклон, ложбина, гребень, седловина, малоградиентное поле высокого и низкого давления [МГП ВД и НД] и эпохам макроциркуляции:

2.1. Определяем для каждого дня эпоху макроциркуляции по классификации Вангенгейма-Гирса: соответственно западная (W), восточная (В) и меридиональная (С).

2.2. Находим периоды устойчивости барических образований (нахождение одного и того же образования в течение нескольких суток) продолжительностью: а) 5-7 суток; б) 7-10 суток; в) >10 суток; и период длительной неустойчивости (более 10 дней). Собираем базу данных таких периодов и определяем моменты начала и конца для всех периодов (далее события) базы.

3. Определяем норму параметров СА:

3.1. Норма параметра = значения параметра, не выходящие за рамки $\langle \text{величина сезонной медианы параметра} \pm \text{величина стандартной ошибки параметра} \rangle$

4. Определяем аномалию СА:

4.1. Аномалия характеристик солнечной активности – за рамками нормы, формируем 2 подгруппы аномалии: больше сезонной нормы и меньше сезонной нормы.

5. Устанавливаем соответствие между событиями и комплексом параметров в космической погоде. Для этого:

5.1. Сопоставляем между собой события с комплексами КП посредством одновременной их регистрации (масштаб = 1 сутки) используя метод наложенных эпох (МНЭ);

а) непосредственно в день события (нулевой день);

б) во временном интервале ± 10 дней от дня регистрации события (момент начала и конца устойчивых периодов);

5.2. Сравниваем комплексы параметров КП относящиеся к моменту начала и конца устойчивых периодов. Сравнение проводим с помощью кластерного анализа, так как наборы параметров природной среды, соответствующие различным категориям исследуемых событий, очевидным образом представляют собой кластеры, уже сформированные по заданному условию – соответствию конкретному исследуемому событию.

5.3. Определяем межкластерные расстояния и выделяем из них максимальные. В настоящей работе используется эвклидово межкластерное расстояние. Отсюда:

а) Находим день максимального различия на всем интервале наложенных эпох;

б) Находим день максимального различия на отрицательной части интервала (до события) наложенных эпох;

с) Находим дни, когда такие комплексы не различались – в этом случае межкластерное расстояние не будет превышать внутрикластерных расстояний. В этом случае не регистрируется различие между комплексом параметров СА и ОКП в начале и конце периодов устойчивости барических образований.

6. Определяем набор параметров СА, ОКП и ГМП, соответствующих рассматриваемых событий (начала и концы периодов устойчивости):

6.1.1. В случае, если указанные параметры не различаются (в смысле отношения к своей сезонной медиане) при соответствии разным исследуемым событиям, считаем их незначимыми для формирования условий реализации этих событий;

6.1.2. В случае, если указанные параметры различаются (в смысле отношения к своей сезонной медиане) при соответствии разным исследуемым событиям, считаем возможной их ответственность за формирование условий реализации этих событий;

6.1.3. Исследование проводим в каждой однородной группе (один календарный сезон, один тип барических образований);

6.1.4. Ищем схожие особенности наборов параметров для разных однородных групп.

3.2. Анализ барических образований над г. Архангельском.

Для анализа характера циркуляции над г. Архангельске, было необходимо создать базу данных барических образований. Нами было выделено 7 основных барических образований: малоградиентное поле высокого и низкого давления, циклон и антициклон, гребень и ложбина, седловина. Производился анализ приземных синоптических карт за срок 00 UTC.

База данных сформирована за срок с 01.01.2007 по 31.12.2013, то есть всего проанализировано 2557 дней. Этот период совпал со временем между двух минимумов и двух фаз роста характеристик солнечной активности (рис.3.2.1).

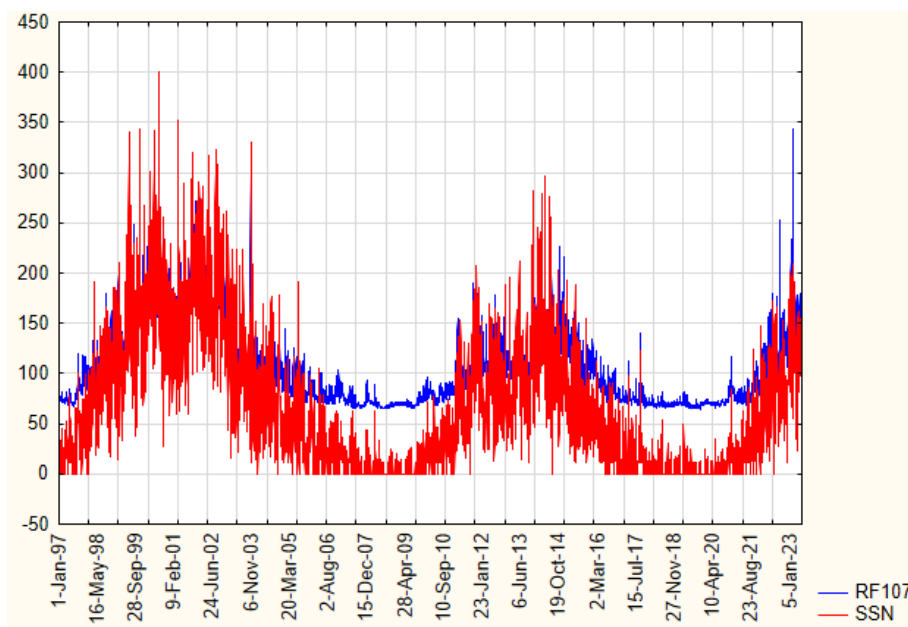


Рисунок 3.2.1 - Временная изменчивость чисел Вольфа (SSN) и радиоволнового излучения на волне 10, 7 см (RF107).

Оценка вида барического образования производилось в двух интернет источниках. Использовались синоптические бюллетени от Арктического и Антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ) и синоптические приземные карты Метеорологической службы Германии (Deutscher Wetterdienst).

У каждого вышеупомянутого источника были свои преимущества и недостатки. На картах ААНИИ изображено всё северное полушарие, поэтому именно их бюллетени использовались для понимания общей синоптической ситуации. А вот карты Метеорологической службы Германии были региональными, что иногда затрудняло анализ, при этом они уже были проанализированы синоптиками, поэтому возможные ошибки были устранены. Так как на картах города не были подписаны, было необходимо определить точные координаты города и выявить отличительные географические черты для станции.

Введем следующие сокращения для рисунков: Zn - циклон, Az - антициклон, FlatLP и FlatHP – малоградиентное поле низкого и высокого давления соответственно, Hollow - ложбина, Ridge - гребень, Saddle – седловина.

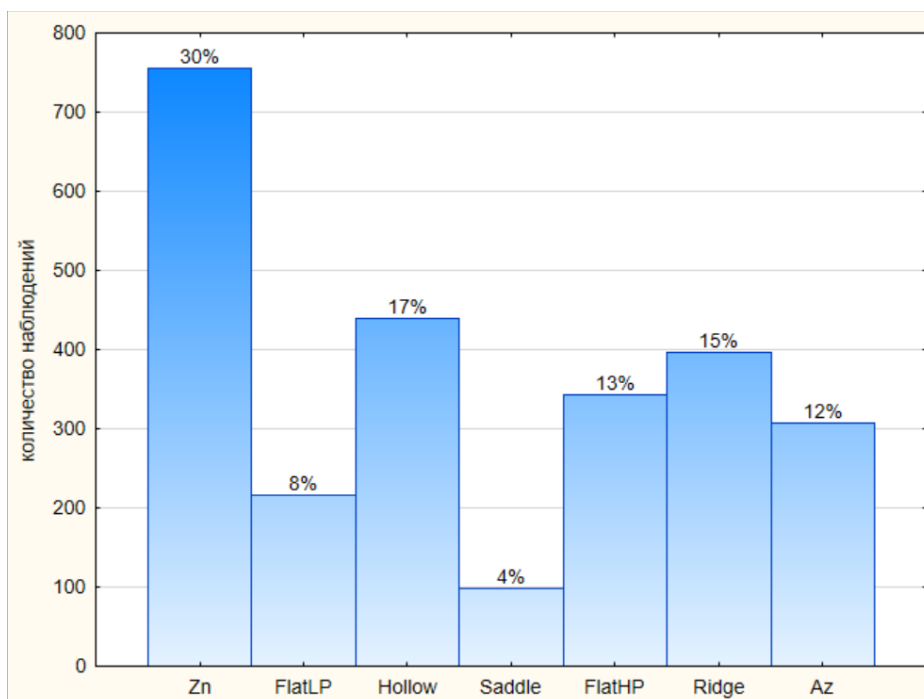


Рисунок 3.2.2 - Повторяемость барических образований.

При тщательном анализе синоптических приземных карт, можно сделать следующие выводы о повторяемости барических образований. Наиболее часто над город были зафиксированы циклоны (30% от общего количества), что составляет 755 случаев, ложбины наблюдались в 17% дней (439 значений), антициклонов 12% (307 дней), гребней 15% (396 дней), малоградиентных полей высокого и низкого давления 13% и 8% (то есть 343 значения и 217 дней соответственно), а вот седловин зафиксировано меньше всего, 4% или 99 значений.

Смена барических образований. Для выявления закономерностей смены барических образований друг другом, составлен график 3.2.3.

Наиболее часто наблюдается переход с циклона на ложбину 11% и с ложбины на циклон 9%. Согласно статистике по 5%, что составляет переходов с малоградиентного поля низкого давления на циклон и с гребня на антициклон. Всего по 4%, соответственно, у переходов циклон-мгп нд, антициклон-гребень, гребень-мгп вд, мгп вд-гребень. Значение в 3% зафиксировано у переходов циклон-гребень, ложбина-гребень, гребень-циклон, ложбина-мгп нд, мгп вд-ложбина, антициклон-мгп вд, ложбина- мгп вд, мгп вд-циклон, гребень-ложбина, циклон-мгп вд. Величина равная 2% характерна для переходов мгп нд-мгп вд, мгп вд-мгп нд, мгп вд-антициклон. Всего по 1% случаев у переходов между мгп нд-ложбина, ложбина-седловина, седловина-циклон, мгп вд-седловина, гребень-седловина, седловина-ложбина, седловина-гребень, антициклон-ложбина, ложбина-антициклон, мгп нд-седловина, антициклон-мгп нд, мгп нд-антициклон, циклон-седловина, седловина-мгп нд, циклон-антициклон, антициклон-седловина, седловина-мгп вд, антициклон-циклон, гребень-мгп нд, мгп нд-гребень. Наименьшее количество переходов с седловины на антициклон.

Произведем общую оценку переходов для каждого барического образования. Предшествует циклону наиболее часто ложбина и следует за ним также ложбина. Для ложбины данные подобны. Перед антициклоном чаще всего фиксировался гребень. После антициклона следует также гребень. Малоградиентное поле низкого давления является предвестником циклона и

следует за ними соответственно. Малоградиентное поле высокого давления наблюдается после и перед гребнем. Седловина была зафиксирована меньшее количество раз (как говорилось ранее). Перед седловиной наиболее часто фиксировались ложбины, а после - циклоны.

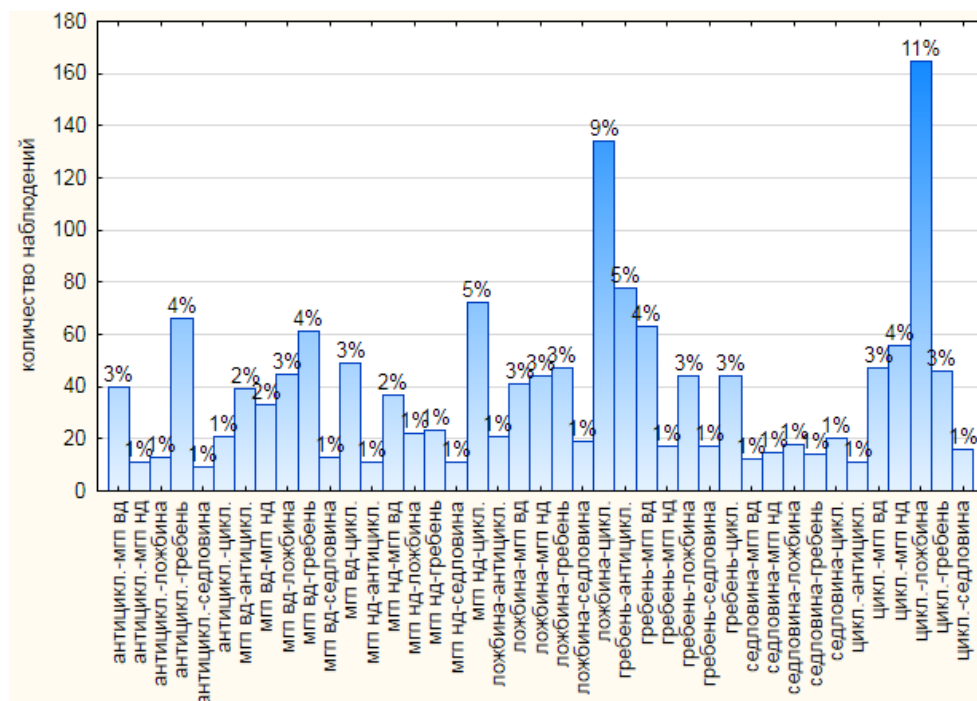


Рисунок 3.2.3 - Распределение смены барических образований.

Так же, необходимо добавить, что для более точного выявления закономерностей, были выделены продолжительности наблюдения барических образований (то есть нахождение одного и того же барического образования в течение нескольких дней). Выявлено 4 категории: естественный синоптический период (ЕСП), продолжительность которого составляет 5-7 дней, нестабильная смена циркуляций или длительная неустойчивость, период при котором происходила ежедневная смена циркуляции в течение более 10 дней, продолжительный период, одно барическое образование фиксировалось 7-10 дней и очень продолжительный период длительностью более 10 дней.

Наиболее часто наблюдаемый период, это ЕСП, 48 случаев. Период длительной неустойчивости наблюдался 30 раз. Продолжительный период наблюдения барических образований зафиксирован 9 промежутков времени. И всего 3 раза на территории г. Архангельска наблюдали очень продолжительный период.

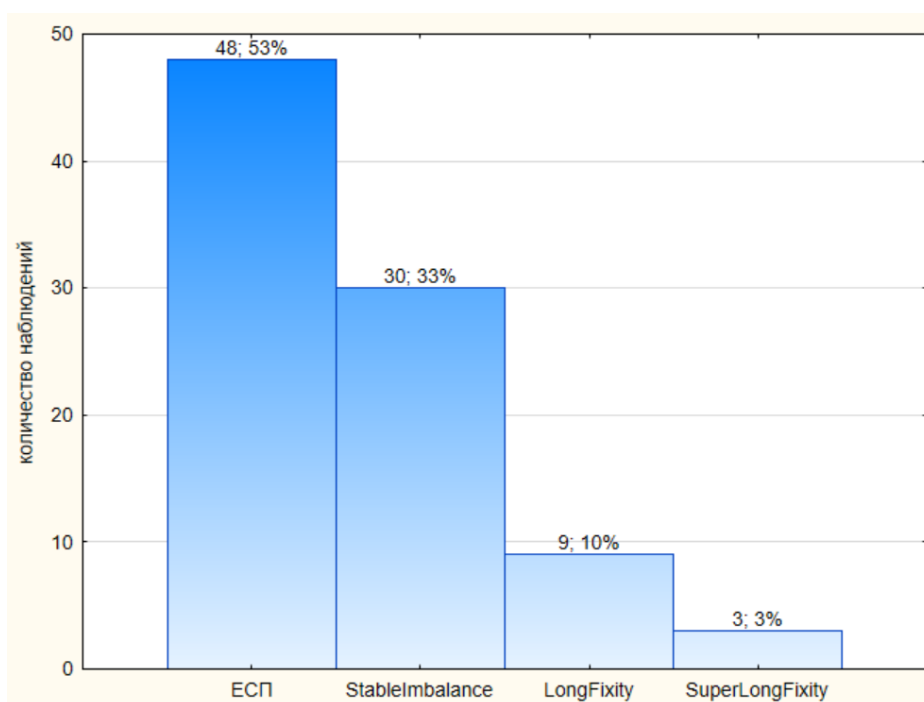


Рисунок 3.2.4 - Повторяемость периодов устойчивости и неустойчивости барических образований.

Далее представлен график распределения 4 видов продолжительности барических образований по сезонам и по интенсивности солнечной активности (максимум и минимум, период роста и период падения значений).

При максимуме солнечной активности весной наблюдается всего 2 случая нестабильная смена циркуляций, зимой 1 случай ЕСП, 2 продолжительных периода и 1 очень продолжительный период, летом 3 случая ЕСП и 2 случая нестабильной смены циркуляции, осенью 4 случая ЕСП и 1 случай длительной неустойчивости.

То есть, при максимуме солнечной активности зафиксировали 8 ЕСП, 5 периодов нестабильной смены циркуляций и всего 2 продолжительных периода и 1 очень продолжительный период.

При минимуме солнечной активности весной зафиксировано 2 ЕСП и 1 случай длительной неустойчивости, зимой 4 ЕСП, 1 случай нестабильной смены циркуляции и 1 продолжительный период, летом 2 ЕСП и 2 нестабильные смены циркуляций, осенью 6 ЕСП, по 2 случая длительной неустойчивости и продолжительный период, 1 очень продолжительный период. Можно сделать

вывод, что при минимуме солнечной активности 14 ЕСП, 6 периодов нестабильной смены циркуляции, 3 продолжительных периода и 1 очень продолжительный.

При падении(уменьшении) солнечной активности весной зафиксировали 1 ЕСП и 2 случая нестабильной смены циркуляции. Зимой 1 ЕСП. Летом 4 ЕСП и 1 случай длительной неустойчивости. Осенью не наблюдали ни одного из вышеперечисленного периода. Общее число периодов для периода уменьшения СА: 6 ЕСП и 3 длительных неустойчивости.

Во время роста солнечной активности весной 8 ЕСП и 1 период длительной неустойчивости. Зимой 5 ЕСП и 2 случая длительной неустойчивости. Летом 2 ЕСП, 9 случаев длительной неустойчивости и 2 продолжительных периода. Осень 5 ЕСП, 4 случая длительной неустойчивости, 2 продолжительных периода и 1 очень продолжительный период. Для периода роста СА: 20 ЕСП, 16 периодов длительной неустойчивости, 4 продолжительных периода и 1 очень продолжительный период.

Большее количество раз ЕСП зафиксировано при росте СА, а меньшее при уменьшении СА.

У периода длительной неустойчивости максимум и минимум также наблюдается при росте и падении значений СА соответственно.

Продолжительный период чаще всего наблюдается при росте СА и совсем не наблюдается при уменьшении СА.

Очень продолжительный период наблюдения барического образования зафиксирован всего 3 раза, по 1 случаю при максимуме, минимуме и росте СА.

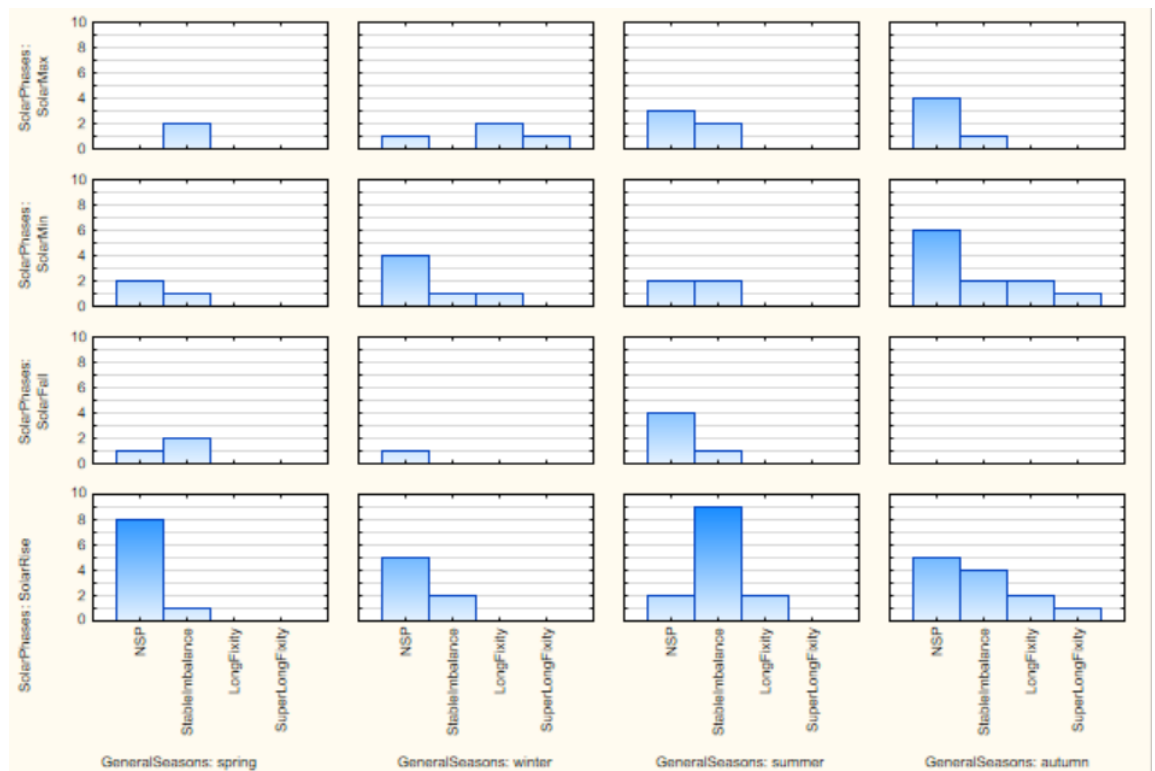


Рисунок 3.2.5 - Повторяемость 4 видов продолжительности барических образований по сезонам и по интенсивности солнечной активности

Рассмотрим еще более конкретно каждый временной период.

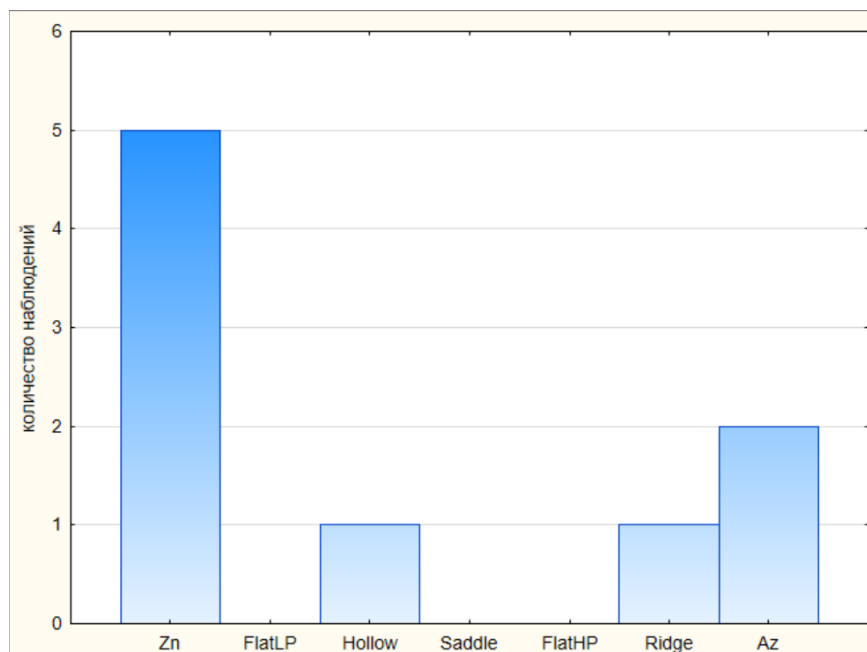


Рисунок 3.2.6 - Повторяемость барических образований при продолжительном периоде.

По рисунку 3.2.6 можно сделать вывод, что большую часть продолжительного периода наблюдения составляют циклоны 56% (5 случаев). После 2 случая или 22% являются антициклонами. И по 1 случаю (по 11 %) зафиксированы такие барические образования как ложбина и гребень.

Период ежедневного изменения барических образований. Во-первых, анализируем барические области характерные для начала периода длительной неустойчивости.

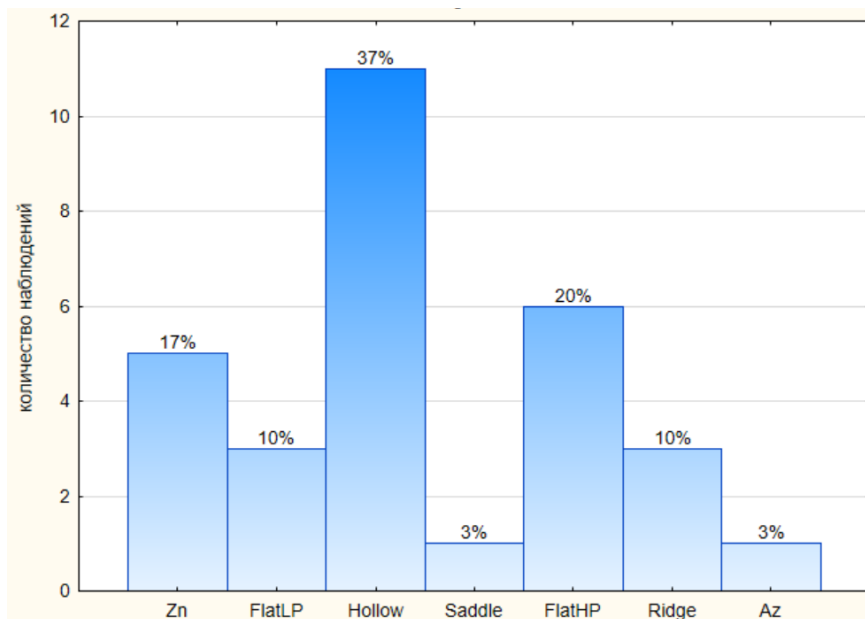


Рисунок 3.2.7 - Повторяемость барических образований при начале периода длительной неустойчивости.

Можно заметить, что наиболее часто данный период наблюдения берет своё начало с ложбины (37% и это равно 11 случаям), 20% это малоградиентное поле высокого давления (6 наблюдений), циклоны зафиксированы в 17% дней (5 сроков наблюдения), а вот малоградиентное поле низкого давления и гребень наблюдались в 10% случаев (по 3 срока наблюдения).

Наиболее редко встречались периоды длительной неустойчивости, начинающиеся с седловины или антициклона, у каждой барической ситуации по 1 случаю (то есть 3%).

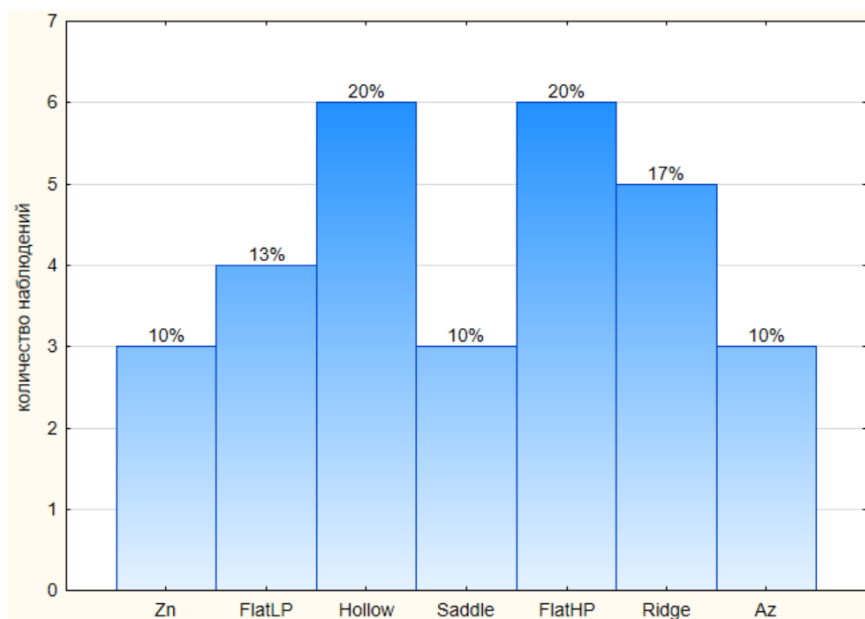


Рисунок 3.2.8 - Повторяемость барических образований при окончании периода длительной неустойчивости.

Однако статистика окончания вышеуказанного периода наблюдения немного отличается от начала.

Наиболее часто завершает период такие барические системы как ложбина и малоградиентное поле высокого давления (то есть данные барические образования являются предвестниками и начала, и окончания частой изменчивости барических систем) по 20% (это составляет 6 случаев). Гребень зафиксирован в 17% дней (5 случаев), а малоградиентное поле низкого давления наблюдалось 4 раза (13%). Наименьшие значения частоты появления в последний срок у циклонов, седловин и антициклонов (каждая барическая область наблюдалась по 3 срока, что составляет по 10%).

Естественный синоптический период, как было выяснено ранее, является наиболее характерной продолжительностью для барических областей. ЕСП в большей степени характерен для циклонов (26 случаев), а вот все остальные барические образования наблюдались намного реже.

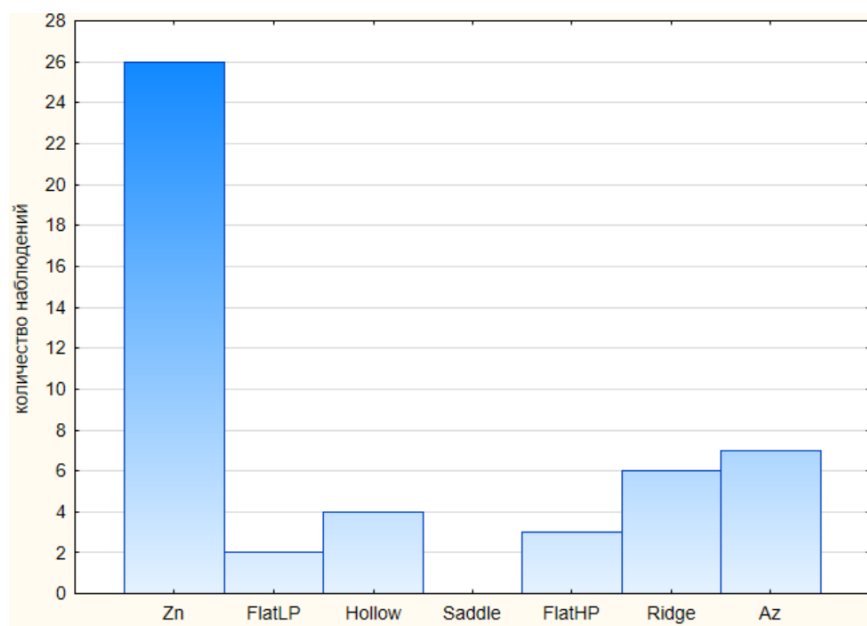


Рисунок 3.2.9 - Повторяемость барических образований при естественном синоптическом периоде.

Антициклоны зафиксированы в семи случаях, гребни в шести случаях, ложбины в четырех случаях, и в трех случаях малоградиентное поле высокого давления.

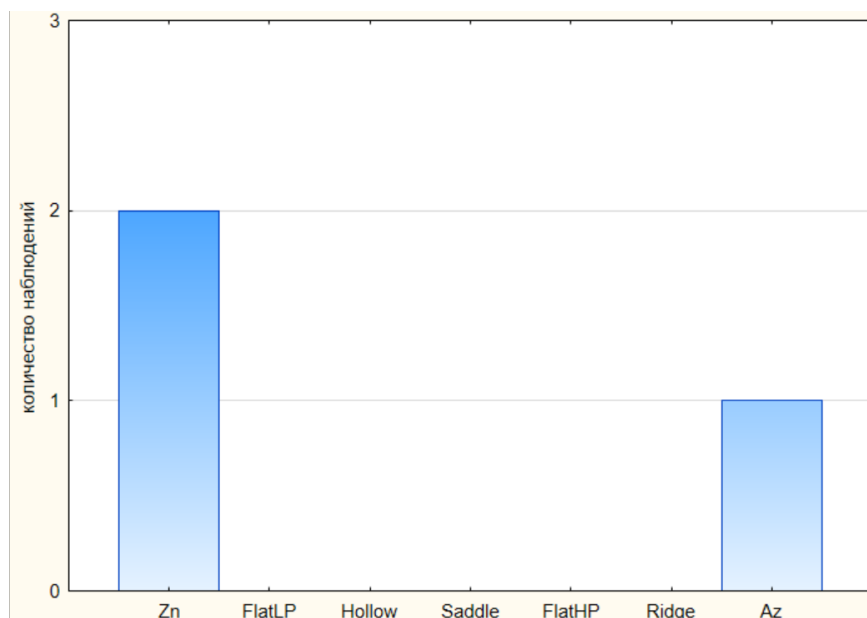


Рисунок 3.2.10 - Повторяемость барических образований при очень продолжительном периоде.

3.3. Влияние космической погоды на барические образования в атмосфере над г. Архангельском.

Для анализа влияния космической погоды на барические образования были выбраны случаи очень продолжительных периодов и ЕСП. При помощи классификации форм атмосферных циркуляций по Вангенгейму-Гирсу, выявили, что при случае очень продолжительной устойчивости антициклона зафиксирована Е форма циркуляции, а при двух циклонах W форма. Соответственно произведено изучение следующих периодов: осень 2008 и осень 2011. Осенью 2008 наблюдался минимум солнечной активности, а осенью 2011 рост СА.

В таблице 3.3.1 перечислены все параметры космической погоды, данные о которых имеются в нашем распоряжении.

Таблица 3.3.1 – Параметры космической погоды.

SWRF107	интегральный радиопоток от диска Солнца на волне 10,7 см (2800МГц) [10^{-22} Вт/(Гц*м ²)] - однократное измерение за сутки (Dominion Radio Astrophysical Observatory at Penticton, B.C., Canada, 20:00 UT)
SWSSN	число пятен на Солнце (рассчитано в соответствии с формулой Вольфа: $R=k(10g+s)$, где g - это кол-во групп пятен (активных областей), s - общее кол-во пятен во всех группах, k - переменный индекс (обычно<1)
SWArea	общая площадь пятен на Солнце [миллионные доли полусферы=м.д.п.] - суммарная за сутки
SWNewAr	количество новых активных областей на видимом диске Солнца - суммарное за сутки
SWI	количество радиовсплесков (тип - шумовая буря) в метровом и дециметровом диапазонах длин волн - суммарное за сутки
SWC	количество рентгеновских вспышек баллов: C [$(1-9)*10^{-3}$ эрг/(см ² *с)], M [$(1-9)*10^{-2}$ эрг/(см ² *с)], X [$\geq 10^{-1}$ эрг/(см ² *с)]

SWs	количество оптических вспышек баллов: 0 [площадь вспышки < 100 м.д.п.], 1 [площадь вспышки (100 - 250 м.д.п.), 2 [площадь вспышки (250 - 600 м.д.п.), 3 [площадь вспышки (600-1200 м.д.п.)]
SW100To1000	Количество солнечных радиовсплесков мощностью от 100 до 1000 солнечных единиц потока – с.е.п. ($1 \text{ с.е.п.} = 10^{-22} \text{ Вт/(Гц*м}^2\text{)}$) – суммарное за сутки
SW10To100sfu	Количество солнечных радиовсплесков мощностью от 10 до 100 солнечных единиц потока – с.е.п. ($1 \text{ с.е.п.} = 10^{-22} \text{ Вт/(Гц*м}^2\text{)}$) – суммарное за сутки
SWGreate1000sfu	Количество солнечных радиовсплесков мощностью >1000 солнечных единиц потока – с.е.п. ($1 \text{ с.е.п.} = 10^{-22} \text{ Вт/(Гц*м}^2\text{)}$) – суммарное за сутки
SWLess10sfu	Количество солнечных радиовсплесков мощностью <10 солнечных единиц потока – с.е.п. ($1 \text{ с.е.п.} = 10^{-22} \text{ Вт/(Гц*м}^2\text{)}$) – суммарное за сутки
SWNSdm	Количество солнечных шумовых бурь в дециметровом диапазоне длин волн - суммарное за сутки
SWNSm	Количество солнечных шумовых бурь в метровом диапазоне длин волн - суммарное за сутки
SWRBRall	Количество всех солнечных радиовсплесков (любой мощности) – суммарное за сутки
SWRBRpureMax	Количество солнечных радиовсплесков - не шумовых бурь - (любой мощности)– суммарное за сутки
SWRBRpureCM	Количество солнечных радиовсплесков - не шумовых бурь - (любой мощности) в сантиметровом диапазоне длин волн– суммарное за сутки

SWRBRpureM	Количество солнечных радиовсплесков -не шумовых бурь-(любой мощности) в метровом диапазоне длин волн– суммарное за сутки
SWRBRpureMM	Количество солнечных радиовсплесков -не шумовых бурь-(любой мощности) в миллиметровом диапазоне длин волн– суммарное за сутки
SWWideBandRBR	Количество солнечных радиовсплесков -не шумовых бурь-(любой мощности) в широком диапазоне длин волн– суммарное за сутки
SWCMEcount	Количество выбросов солнечной корональной массы – суммарное за сутки
SWa1Max	Величина потока альфа-частиц [$\alpha / ((\text{см}^2) * \text{с} * \text{стер} * \text{МэВ})$] мощностью от 4 до 10 МэВ – суточные статистики: Максимум, среднее, медиана, размах, стандартное отклонение, коэффициент осцилляции
SWa2Mean	Величина потока альфа-частиц [$\alpha / ((\text{см}^2) * \text{с} * \text{стер} * \text{МэВ})$] мощностью от 4 до 21 МэВ – средняя за сутки
SWe08MeV	Величина потока электронов [$e^- / ((\text{см}^2) * \text{с} * \text{стер} * \text{МэВ})$] мощностью от 0.8 МэВ – суммарная за сутки
SWe2Max	Величина потока электронов [$e^- / ((\text{см}^2) * \text{с} * \text{стер} * \text{МэВ})$] мощностью до 2 МэВ – суточные статистики: Максимум, среднее, медиана, размах, стандартное отклонение, сумма
SWe3Mean	Величина потока электронов [$e^- / ((\text{см}^2) * \text{с} * \text{стер} * \text{МэВ})$] мощностью от 4 МэВ – средняя за сутки
SWN	счет нейтронного монитора [%-отклонение от фонового уровня]
SWp1-10-100MeV	Величины потоков протонов с энергиями: Е > 1 МэВ, Е > 10 МэВ, Е > 100 МэВ [$p^+ / (\text{см}^2) / \text{стер}$] – суммарные за сутки
SWp2Max	Величина потока протонов с энергией: Е > 6,5 МэВ [$p^+ / (\text{см}^2) / \text{стер}$] – суточные статистики: максимум, медиана.

SWp3Median	Величина потока протонов с энергией: $E > 11,6 \text{ МэВ } [p^+ / (\text{см}^2) / \text{стер}]$ – медианная за сутки
SWp4Median	Величина потока протонов с энергией: $E > 30,6 \text{ МэВ } [p^+ / (\text{см}^2) / \text{стер}]$ – медианная за сутки
SWhp	Напряженность магнитного поля в околоземном пространстве в направлении, перпендикулярном плоскости орбиты Земли [нТл] – суточные статистики: Максимум, среднее, размах, стандартное отклонение, коэффициенты осцилляции и вариации
SWht	Напряженность магнитного поля в околоземном пространстве – полный вектор (суммарный по всем координатам) [нТл]– суточные статистики: Максимум, среднее, размах, стандартное отклонение, коэффициент осцилляции
SWHLat	напряженность геомагнитного поля на высоких широтах (станция College) [нТл] – суточные статистики: максимум, минимум, среднее, медиана, размах, стандартное отклонение, коэффициенты осцилляции и вариации
SWMiddleLat	напряженность геомагнитного поля на средних широтах (станция Fredericksburg) [нТл] – суточные статистики: максимум, минимум, медиана, размах, стандартное отклонение, коэффициенты осцилляции и вариации
SWPlanetLat	напряженность геомагнитного поля планетарная (расчетная - по значениям магнитометров, расположенных в западном полушарии) [нТл] – суточные статистики: максимум, минимум, медиана, размах, стандартное отклонение, коэффициенты осцилляции и вариации
SWSIDcount	Количество внезапных ионосферных возмущений - суммарное за сутки

Стоит отметить, что из всех вышеперечисленных параметров, при очень продолжительном периоде наблюдения, зафиксированы следующие: интегральный радиопоток от диска Солнца на волне 10,7 см, потока альфа-частиц мощностью от 4 до 10 МэВ (коэффициент вариации), средняя за сутки величина потока электронов мощностью до 2 МэВ, напряженность магнитного поля в околоземном пространстве в направлении, перпендикулярном плоскости орбиты Земли (максимальная за сутки величина), значений напряженности геомагнитного поля на высоких широтах (среднее и коэффициент вариации), напряженность геомагнитного поля на средних широтах (среднее и коэффициент вариации), значений планетарной напряженности геомагнитного поля (медиана и коэффициент вариации).

Данные параметры космической погоды зафиксированы и при циклонах, и при антициклонах. То есть, на данном этапе, мы предполагаем, что именно данные факторы являются причиной стационарности циклонов и антициклонов.

Так как формирование барических образований разной длительности осуществлялось при макроциркуляции типа E – антициклоны, и типа W – циклоны, мы исследовали одновременную изменчивость параметров космической погоды именно для этих типов макроциркуляции.

Исследован ход различных параметров космической погоды в период ± 10 дней до начала барического образования разных периодов устойчивости.

Рассмотрим изменчивость параметров космической погоды при образовании антициклонов разной продолжительностью устойчивости. Осенью 2008 г. над г. Архангельском был зафиксирован очень продолжительный антициклон, макроциркуляция типа E.

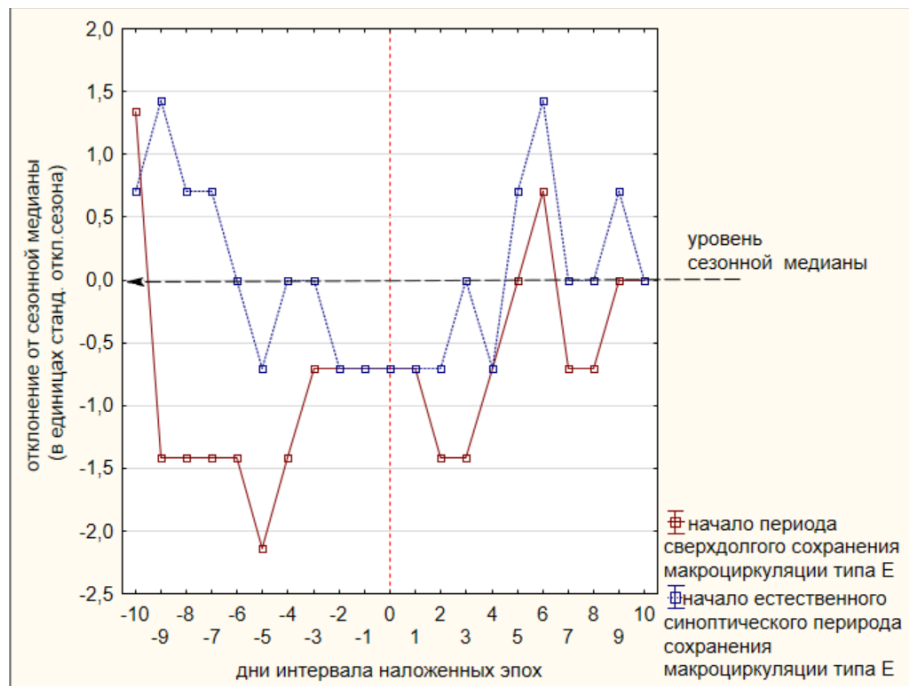


Рисунок 3.3.1- Изменчивость интегрального радиопотока от диска Солнца на волне 10,7 см в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа Е.

Исследование хода **интегрального потока радиоволнового излучения** показало, что перед началом периода очень длительной устойчивости макроциркуляции типа Е зафиксировано падение значений потока и за 5 дней до начала данного периода наблюдалось максимальное понижение от сезонной медианы. Затем фиксировался рост и устойчивость значений в течение 5 дней. Максимум отклонений потока в сторону роста потока относительно сезонной медианы зафиксирован через 6 дней после начала. Анализируя общую тенденцию, отметим, что большая часть отклонений отрицательная, т.е. ниже сезонной медианы.

При ЕСП наблюдался похожий ход изменчивости радиоволнового излучения, но величина отклонений потока от сезонной медианы была значительно меньше. Так в – 5 день при ЕСП сохранения типа макроциркуляции понижение потока от сезонной медианы отмечалось в два раза меньше, чем при сверхдолгом сохранении макроциркуляции. 2 максимума отклонений: за 9 дней до начала и через 6 дней после. В период -6 дня до +4, значения являлись отрицательными или соответствовали норме. Также в период ± 2 дня отклонения

от сезонной медианы равны и неизменны и при ЕСП и при очень длительном периоде устойчивости.

Таким образом возмущение радиоволнового излучения при длительной устойчивости антициклона схожи по направлению изменения, но изменчивость различно относительно сезонной медианы. При очень длительной устойчивости значения радиоволнового излучения в основном значительно меньше сезонной медианы. Снижение значений при очень длительном периоде наблюдается в -10 день, а для ЕСП в -8.

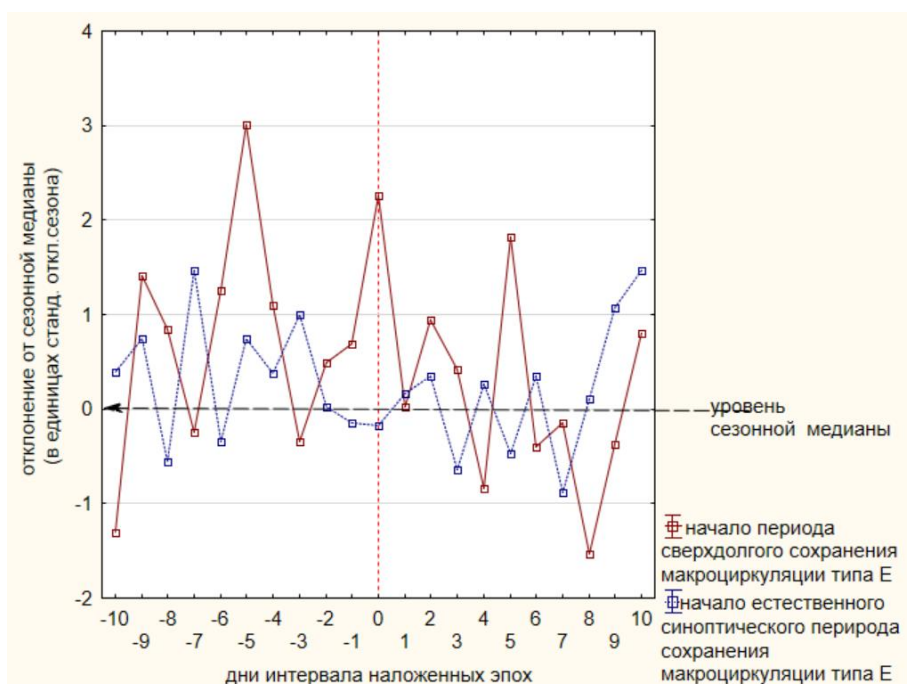


Рисунок 3.3.2- Изменчивость величины потока альфа-частиц мощностью от 4 до 10 МэВ (коэффициент вариации потока) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа Е.

Коэффициент вариации потока альфа-частиц с энергией 4-10 МэВ при очень длительном периоде устойчивости имел положительные отклонения значений. На графике выражены 4 максимума отклонений: в -9 день, в -5, в 0 и в 5 день. Максимум понижения отклонений от среднесезонного значения: в -10, в 4 и в 8 день. Но общая тенденция отклонений при очень длительном периоде положительная.

Отклонения данных при ЕСП достаточно незначительны, по сравнению со значениями при очень длительном периоде. Выявлены 2 максимума в -7 день и в 10 день, после начала. 3 минимума: в -8, в +3 и +7 дни. В день начала ЕСП, коэффициент вариации незначительно отрицательно отклоняется от нормы.

Таким образом, изменчивость потока альфа-частиц при ЕСП значительно меньше, чем при очень длительном периоде. Кроме того, в день начала длительного периода отклонение от сезонной медианы альфа-частиц при ЕСП было в сторону понижения, а при сверхдолгом периоде – в сторону роста потока альфа-частиц до величины, большей двух сигм.

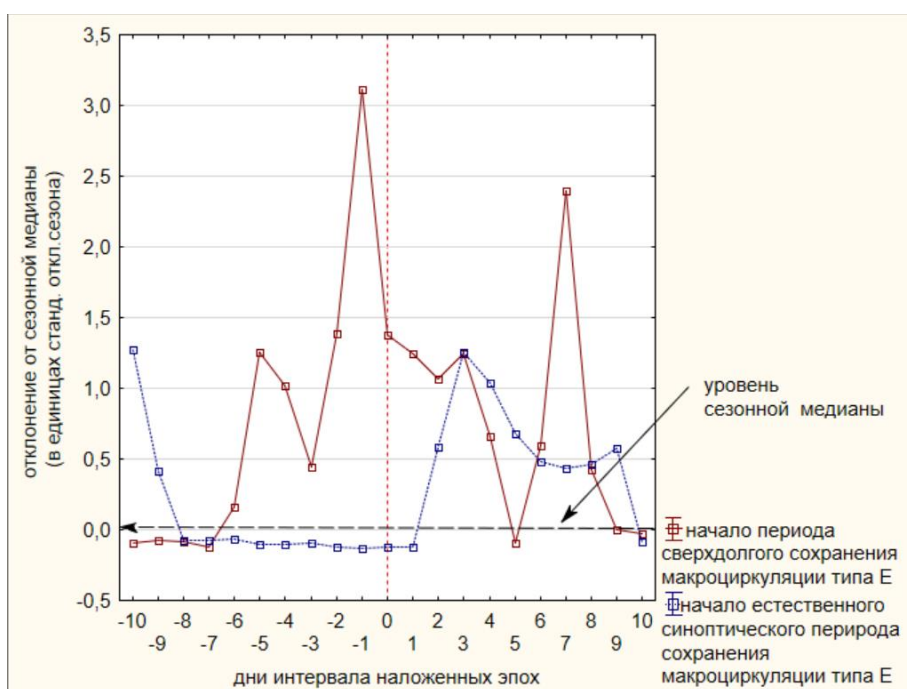


Рисунок 3.3.3- Изменчивость величины потока электронов мощностью до 2 МэВ (среднее за сутки) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа Е.

Изменчивость хода отклонения концентрации электронов с энергией < 2 МэВ при очень долгой устойчивости в большинстве случаев положительна или, иногда ≤ 0 . Можно выделить два характерных максимума за 1 день до начала периода и в 7 день после. До - 6 дня ход малоизменчив и значения отклонений достаточно незначительны, после наблюдался достаточно резкий рост. Также резкий спад зафиксирован в 5 день после начала периода. После 8 дня значения снова равны уровню сезонной медианы.

За -10 дней до начала ЕСП виден рост значений, но в период с -8 до 2 дня отклонения чуть ниже медианы и значения неизменны в данный период. Максимум зафиксирован в 3 день, после начала ЕСП, с последующим спадом значений отклонений. В 10 день значения равны сезонному уровню.

Иначе, исследования показали, что поток электронов энергией < 2 МэВ при ЕСП сохранения макроциркуляции почти не меняется до начала периода и только во второй день после начала периода растет, а при сверхдолгом сохранении макроциркуляции поток электронов, начиная с - 6 дня рост, достигая в - 1 день максимума отклонения от сезонной медианы в почти три сигмы.

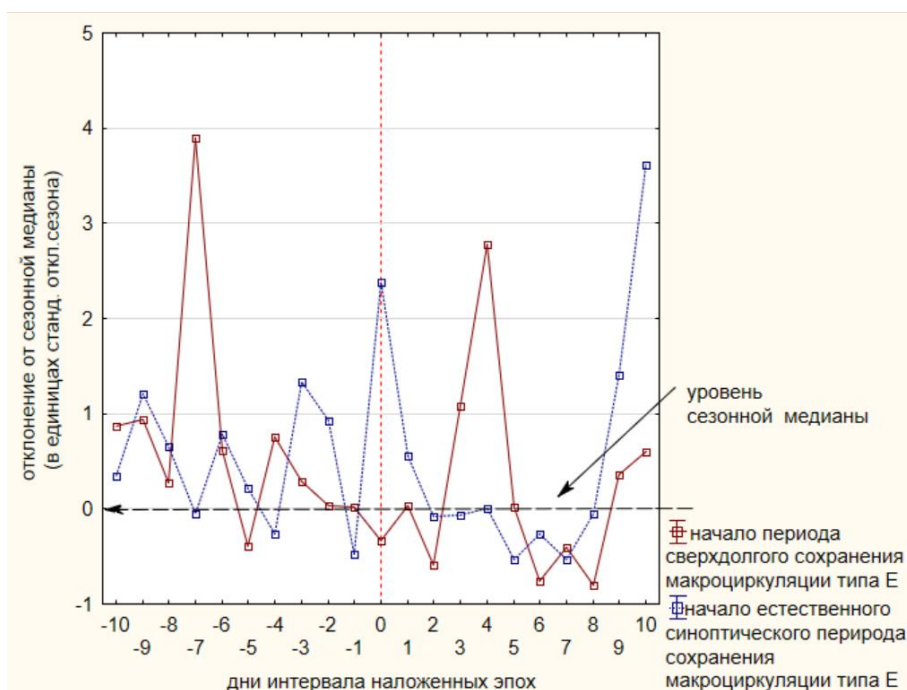


Рисунок 3.3.4- Изменчивость напряженности магнитного поля в околоземном пространстве в направлении, перпендикулярном плоскости орбиты Земли (максимум за сутки) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа Е.

Отклонения значений полного вектора геомагнитного поля достаточно различны. Наиболее ярко выражены максимумы, зафиксированные в -7 день и в 4 день относительно дня начала сверхдолгого сохранения макроциркуляции типа Е. После максимумов наблюдалось уменьшение значений, отклонения становились ниже среднесезонных значений. За 2 дня до

начала очень длительного периода значения были равны сезонному уровню медианы, а в день начала отклонение было отрицательным. При ЕСП наблюдалось 5 максимумов (в -9, -6, -3, 0, 10). После 4 максимум следовал спад значений до сезонного уровня или ниже. В период 2-8 дни отклонения были отрицательными или равны уровню сезонной медиане.

Кратко можно отметить, что изменчивость геомагнитного поля и при ЕСП и при длительном периоде сохранения макроциркуляции атмосферы типа Е по Вангенгейму довольно большая. Однако, в день начала циркуляции ЕСП полный вектор напряженности геомагнитного поля растет до величины большей двух сигм, а при сверхдолгом периоде – понижается, начиная с - 4 дня.

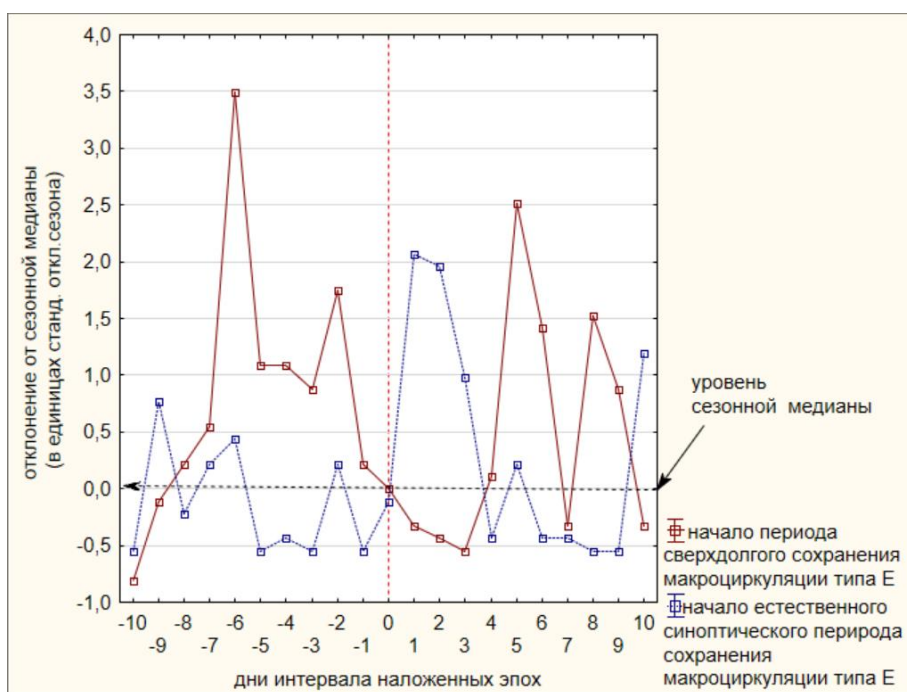


Рисунок 3.3.5 - Изменчивость напряженности геомагнитного поля на высоких широтах (среднее за сутки) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа Е.

На рисунке (3.3.5) можно заметить, что при очень долгом периоде отклонения значений **полного вектора напряженности геомагнитного поля на высоких широтах** выделяются 4 максимума и 4 минимума. Наибольший максимум зафиксирован в - 6 день. Остальные - в -2, 5 и 8 дни. Минимумы наблюдались в -10, 3, 7, 10 дни. При этом значения максимумов больше, чем у

минимумов. В день начала очень продолжительного периода значение равно сезонному уровню.

В свою очередь, при ЕСП в 1-2 дни зафиксирован период резкого роста. Также максимум наблюдается на 10 день. Можно отметить два периода устойчивых понижений значений от -5 до -3 и от 6 до 9 дней. Минимальные отклонения не превышали значения 0,6 ед.

Таким образом геомагнитное поле изменчиво и при ЕСП и при сверхдолгом сохранении микроциркуляции типа Е. Однако при сверхдолгом сохранении - возмущение магнитного поля значительно больше и начинается уже в минус 6 день. Возмущение ГМП после дня начала ЕСП и сверхдлинного периода достигают значений больше 1,5 сигмы от сезонной медианы.

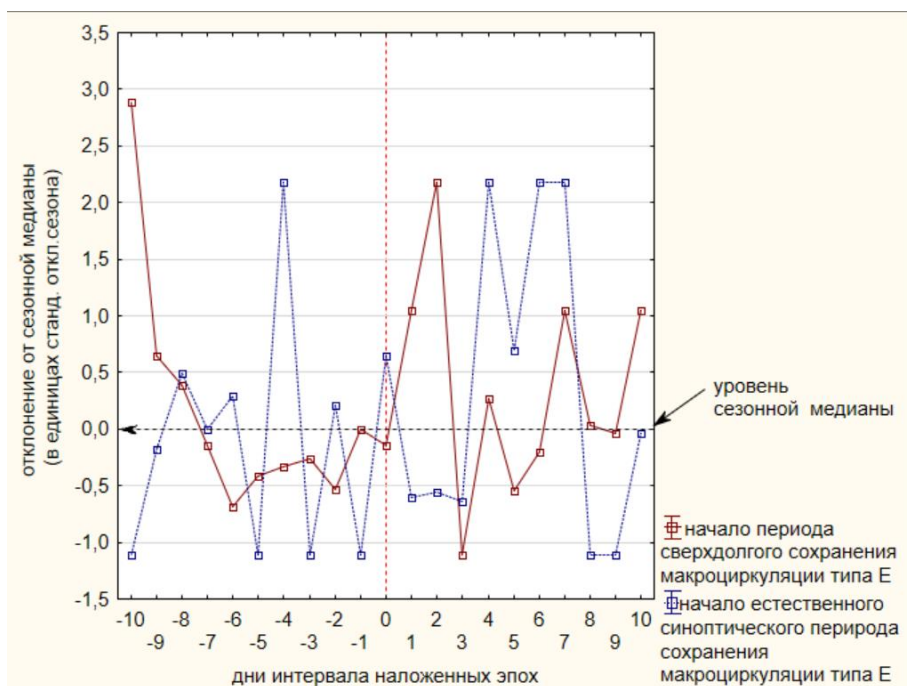


Рисунок 3.3.6 - Изменчивость напряженности геомагнитного поля на высоких широтах (коэффициент вариации за сутки) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа Е.

Анализируя изменчивость значений **напряженности геомагнитного поля** на высоких широтах при очень продолжительном периоде можно заметить, что за 10 дней до начала был максимум, после значения уменьшались и в большинстве являлись ниже среднесезонных значений-, в -1 соответствовали сезонному уровню. После начала - наблюдался резкий рост (максимум на 2 день),

с последующим значительным уменьшением значения. Затем значения преимущественно выше или равны среднесезонному.

Ход отклонений при ЕСП отличается. Можно выделить максимумы (-4, 4, 6-7 дни) и минимумы (-10, -5, -3,-1, -8 и -9). Значения максимумов равны между собой, как и значения минимумов. В 0 день наблюдается положительное отклонение. В период 1-3 день значение почти неизменно и ниже сезонной медианы.

В среднем и эта характеристика космической погоды до начала сверхдолго периода начинает возмущаться раньше, чем перед началом ЕСП периода.

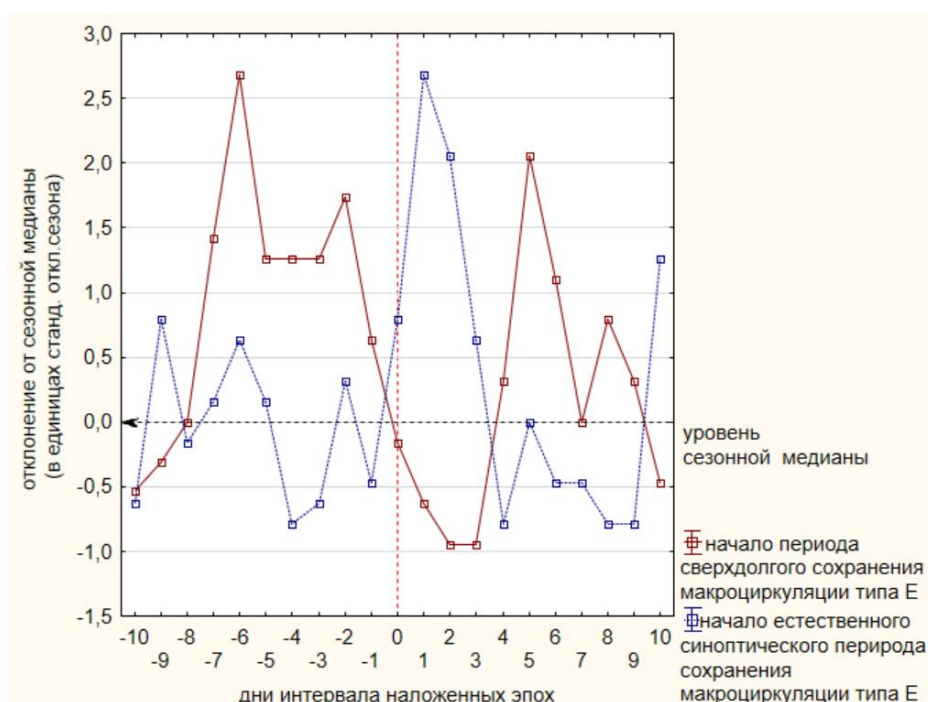


Рисунок 3.3.7- Изменчивость напряженности геомагнитного поля на средних широтах (среднее за сутки) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа Е.

Рассмотрим **напряженность геомагнитного поля на средних широтах**. При очень длительном периоде устойчивости барического образования зафиксировано 4 максимума (-6, -2, 6, 8) и 4 минимума значений (-10, 3-4, 10). В период от -5 до -3 дня значения приблизительно равны и положительны. В 0 день значение отклонения меньше уровня сезонной медианы.

При ЕСП большая часть значений ниже среднесезонной медианы, но значения положительных отклонений более значительны. Наибольший максимум зафиксирован в 1 день после начала ЕСП. Также максимум наблюдается в -9, -6, -2, 10. В 0 день значение отклонения положительное.

Можно отметить, что изменчивость этой характеристики ГМП в момент начала сверхдолгого периода сохранения макроциркуляции типа Е заметно больше, чем при начале ЕСП периода.

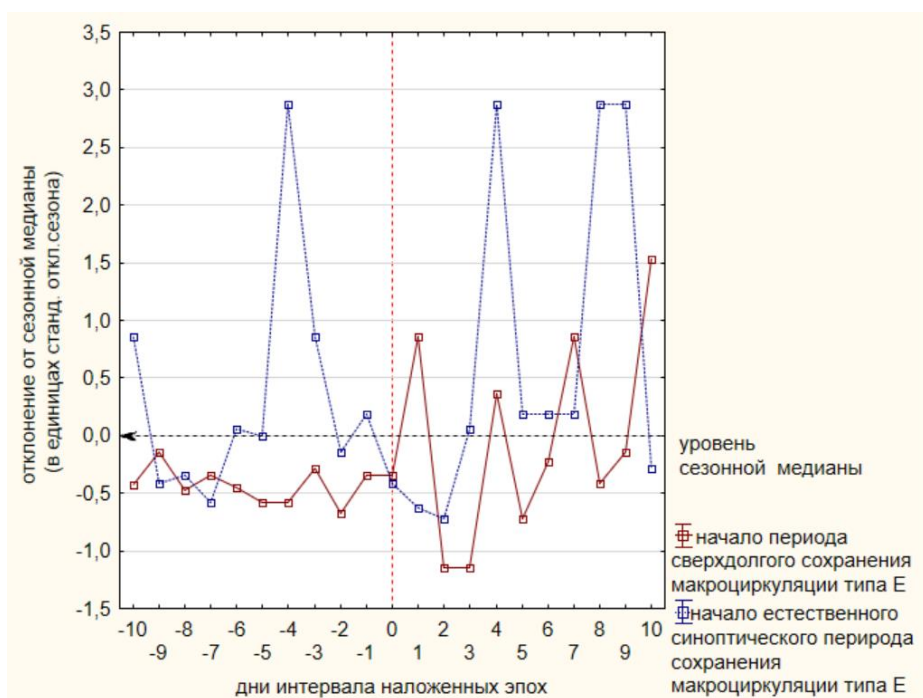


Рисунок 3.3.8 - Изменчивость напряженность геомагнитного поля на средних широтах (коэффициент вариации за сутки) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа Е.

Отклонения **коэффициента осцилляции напряженности ГМП** при длительной устойчивости в большинстве ниже сезонной медианы. До самого начала этого периода не наблюдается ни одного положительного значения отклонения. Все максимумы зафиксированы по 0 дня (в 1, 4, 7, 10), после каждого максимума идет спад и отклонения становятся отрицательными относительно сезонной медианы. При ЕСП отклонения значений от сезонной медианы более значительны, чем при очень долгом периоде устойчивости барического образования. Зафиксировано 4 максимума, с равными значениями (-4, 4, 8-9 дни).

В период 5-7 дни отклонение не изменяется. Минимумов всего 3 (-7, 2, 10) и отклонения значений от нормы не значительны. Значит вариации этой характеристики космической погоды при начале сверхдолгого периода формирования макроциркуляции типа Е были менее значительными, чем при начале ЕСП периода.

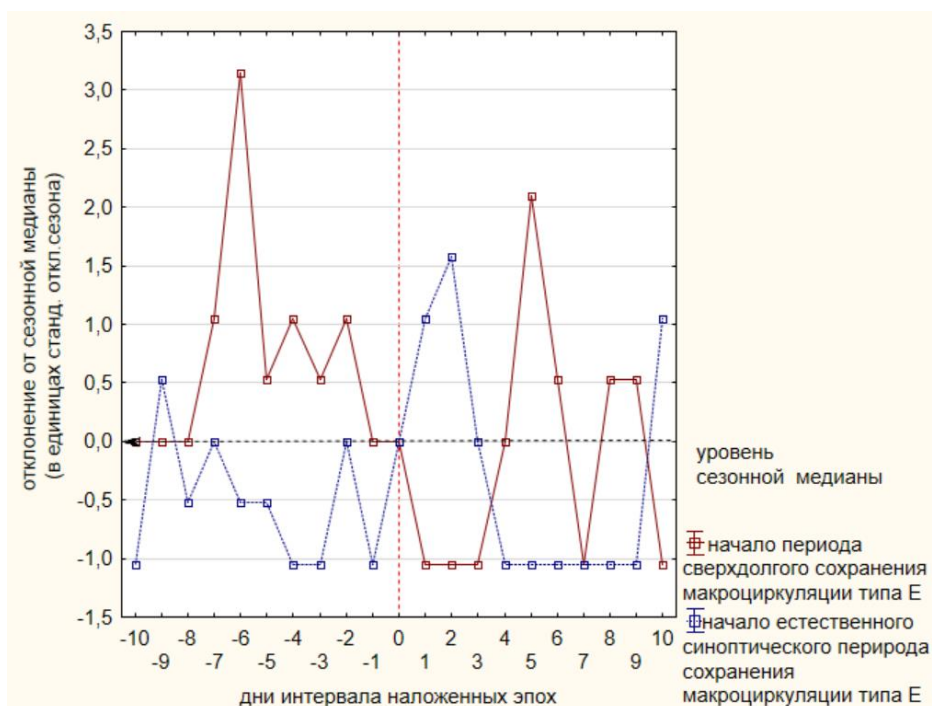


Рисунок 3.3.9 - Изменчивость напряженности геомагнитного поля планетарная (медиана за сутки) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа Е.

Ход изменчивости медианы планетарной напряженности геомагнитного поля преимущественно положителен: 10 значений положительных, 5 в пределах уровня сезонной медианы, 5 отрицательных. Зафиксировано 4 периода устойчивости значений отклонений (от -10 до -8, от -1 до 0, от 1 до 3, от 8 до 9). Наиболее выраженные максимумы наблюдались в -6 день и в 5 день. В 0 день значение равно сезонному уровню.

Изменчивость планетарной напряженности геомагнитного поля при ЕСП периоде преимущественно ниже сезонной медианы, всего 4 отклонения положительны (из них 3 максимума: -9, 2, 10 дни). В период с 4 до 9 дня значения

отклонения почти не меняются, то есть устойчивы. В 0 день значение равно сезонному уровню.

Таким образом, при формировании очень длительной устойчивости антициклонической деятельности изменчивость планетарной напряженности геомагнитного поля происходит в пределах выше сезонной нормы, а при ЕСП изменчивость данной величины в пределах ниже сезонной медианы, до дня начала формирования антициклона.

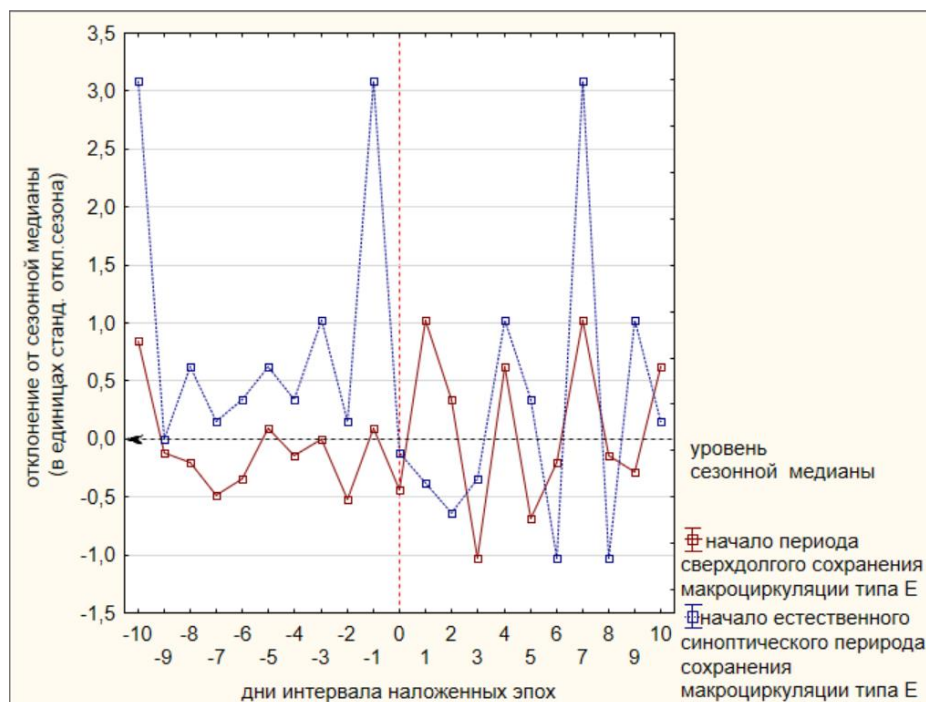


Рисунок 3.3.10 - Изменчивость напряженности геомагнитного поля планетарная (коэффициент за сутки) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа Е.

На рисунке можно заметить, что при очень долгом периоде отклонения значений **планетарной напряженности геомагнитного поля** выделяются 5 максимума и 2 минимума. Максимумы зафиксированы -10, 1, 4, 7, 10, а минимумы 3 и 5. Анализируя общую тенденцию, отметим, что большая часть значений отрицательна.

При ЕСП изменчивость значений более значительна. Наблюдались 3 максимума в -10, -1 и 7 дни. Минимумов зафиксировано 2 в 6 и 8 дни. Большая часть значений – выше сезонной медианы.

Можно отметить, что тенденции изменчивости напряженности геомагнитного поля при образовании ЕСП и очень продолжительного периода устойчивости одинаковы, в период с -8 до 0 дня, но при ЕСП изменчивость в диапазонах выше сезонной нормы, а при очень длительной устойчивости – в области ниже сезонной медианы. В 0 день оба значения ниже сезонной медианы.

Как уже было сказано ранее, осенью 2011 года наблюдался очень продолжительный циклон, макроциркуляция типа W. Рассмотрены параметры, значения которых отличались от сезонного уровня.

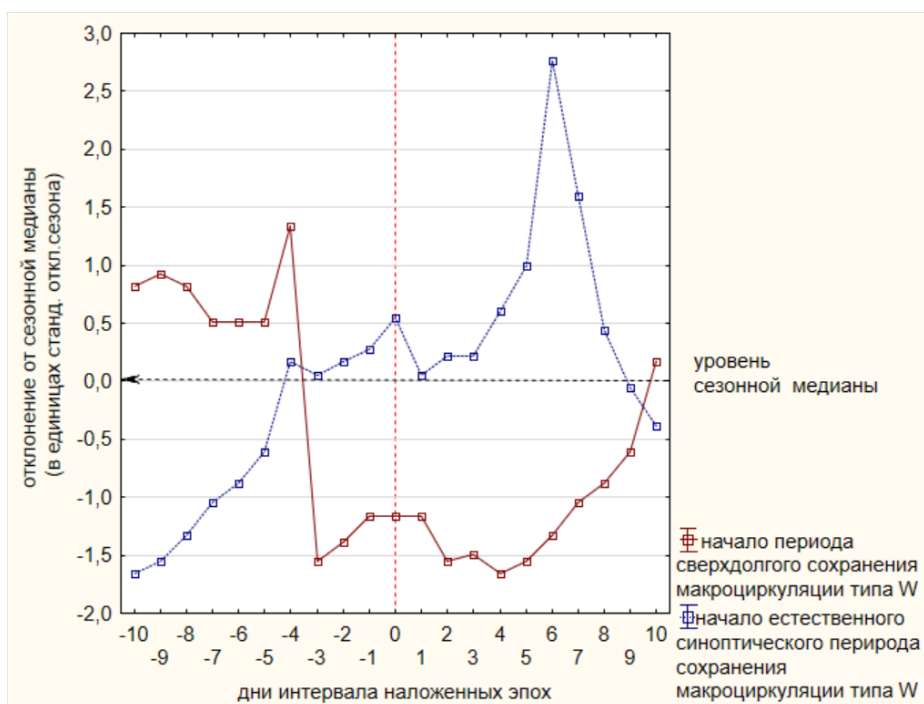


Рисунок 3.3.11 - Изменчивость интегрального радиопотока от диска Солнца на волне 10,7 см в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа W.

Изменчивость хода отклонения **интегрального радиопотока** при очень долгой устойчивости в большинстве случаев ниже сезонной медианы. Можно заметить, что в период от -10 до -4 значения положительны, но после следует резкое понижение значений и до 9 дня после начала все значения ниже среднесезонной величины. В период от -1 до 1 значения устойчивы, то есть не меняются. После 4 дня наблюдается плавный рост отклонений.

При ЕСП ход отклонений противоположен. В период от -10 до -5 значения отклонений отрицательны. Но после в период с -4 до 8 значения положительны. Ярко выраженный максимум наблюдается на 6 день. В 0 день также фиксируется относительно небольшой рост значения. В результате можно сделать вывод, что изменчивость радиоволнового потока на длине волны 10,7 см противоположна по знаку в течение всего периода наложенных эпох.

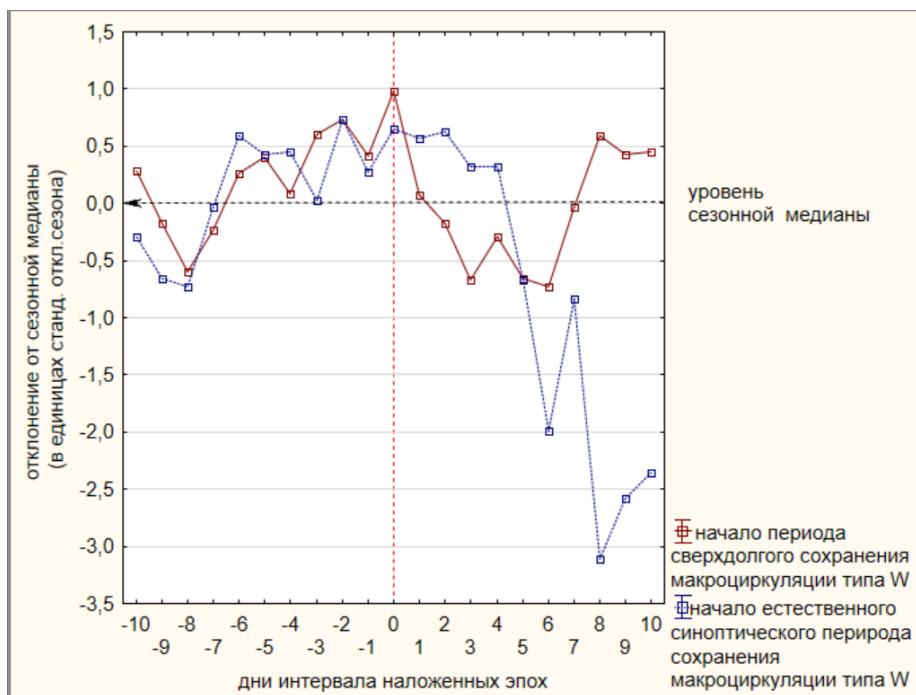


Рисунок 3.3.12 - Изменчивость величины потока альфа-частиц мощностью от 4 до 10 МэВ (коэффициент вариации потока) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования макроциркуляции типа W.

Ход отклонений **коэффициента вариации потока альфа-частиц** похож и при очень длительном периоде устойчивости, и при ЕСП. До начала периодов (до 0 дня) в большинстве, схожи периоды роста и падения. После 0 дня при очень длительном периоде значения отклонений заметно понижаются, но после 6 дня фиксируется рост. При ЕСП значения в период с 0 до 4 дня падают достаточно постепенно. Затем значения меняются достаточно часто, при этом являются отрицательными. В 0 день и при очень длительном периоде, и при ЕСП наблюдается рост отклонения. Максимум при очень длительном периоде зафиксирован в 0 день.

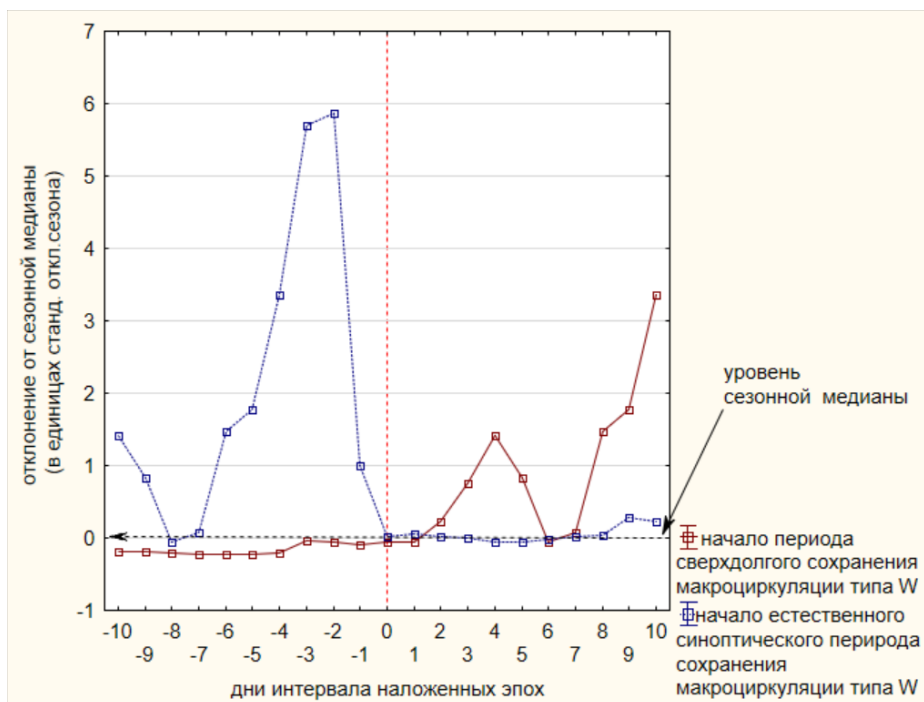


Рисунок 3.3.13 - Изменчивость величины потока электронов мощностью до 2 МэВ (среднее за сутки) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа W.

Отклонения значений **концентрации электронов с энергией меньше 2 МэВ** в большой степени заметны после начала периода очень длительной устойчивости барического образования. В период с -10 до 1 дня значения незначительно отклоняются от сезонного уровня или равны ему. После зафиксировано 2 максимума в 4 и 10 дни.

Ход значений отклонений при ЕСП противоположен. Максимумы и значительные положительные отклонения зафиксированы в период до начала ЕСП. С -10 до -8 наблюдается понижение значений, а после рост с максимальными отклонениями в -3 и -2 дни. Затем резкое изменение значений и в период с 0 до 10 дня отклонения приблизительно равны уровню сезонной медианы.

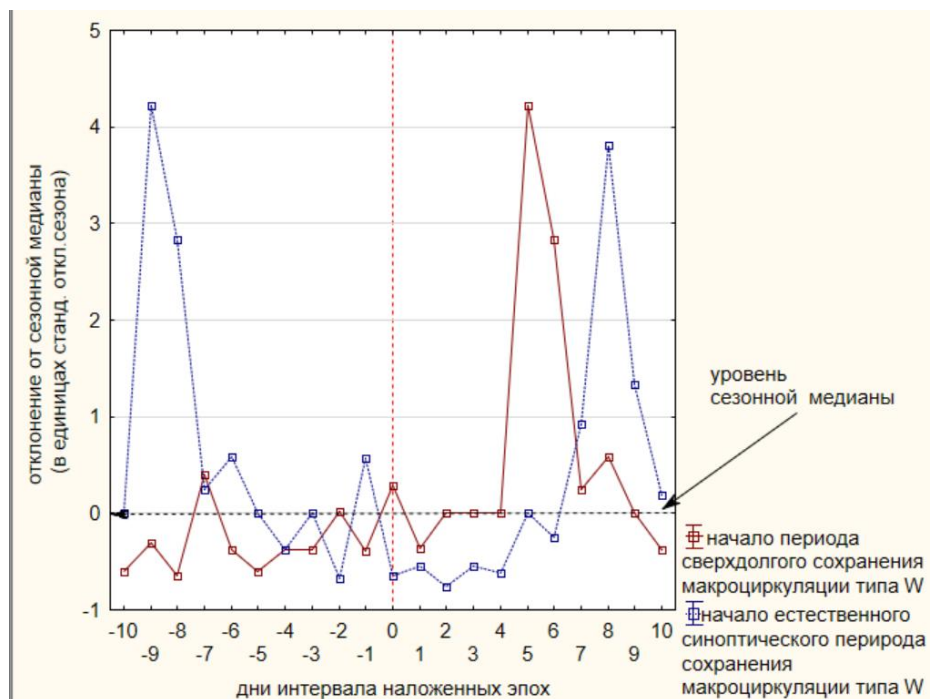


Рисунок 3.3.14- Изменчивость напряженности магнитного поля в околоземном пространстве в направлении, перпендикулярном плоскости орбиты Земли (максимум за сутки) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа W.

Полный вектор геомагнитного поля при очень длительном периоде устойчивости имеет всего один максимум на 5 день. Все остальные значения, в большинстве отрицательны. Зафиксирован период устойчивости отклонений с 2 до 4 дня, при этом значения равны уровню сезонной медианы. В 0 день наблюдается незначительный рост, отклонение становится положительным.

Ход отклонений при ЕСП имеет 2 максимума в -9 день и в 8 день. Между данными максимумами значения отклонений преимущественно отрицательны. В -1 день зафиксирован небольшой рост значений. А в период с 0 дня до 4 значения отрицательны и имеют небольшой диапазон изменчивости отклонений.

Таким образом эта характеристика космической погоды не проявила себя, как фактор, предвещающий формирование сверхдолгого периода сохранения барического образования.

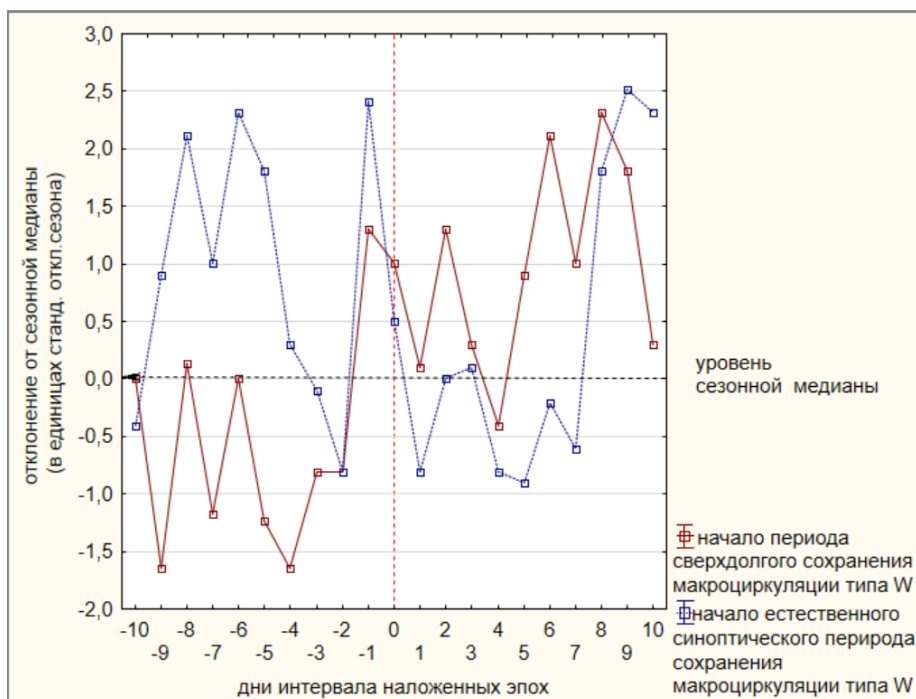


Рисунок 3.3.15 - Изменчивость напряженности геомагнитного поля на высоких широтах (среднее за сутки) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа W.

Рассмотрим ход значений **напряженности геомагнитного поля на высоких широтах**. При очень длительном периоде устойчивости с -10 до -2 отклонения отрицательны или равны сезонному уровню. После зафиксировано резкое изменение и значение отклонения стало положительным. Далее значения отклонения положительны (только один случай отрицательный 4 день). Наблюдалось 4 максимума в -1, 2, 6, 8 дни. Минимумы в -9 и -4 дни.

Изменение значений отклонений при ЕСП отличается. С - 9 дня до 04 дня отклонения положительны и наблюдается 2 максимума в -8 и -6 дни. После данного периода фиксируется спад и минимум значений в -2 день, а далее значение резко растет и снова наблюдается максимум, за один день до начала ЕСП, после которого снова наблюдается спад. До 8 дня значения отклонений отрицательны или примерно равны уровню сезонной медианы. На 9 день зафиксирован максимум.

Сравнивая ход значений при данных периодах, можно сделать вывод, что отрицательные значения отклонений до начала периода и положительные после

характерны для очень длительного периода устойчивости, а противоположная ситуация для ЕСП.

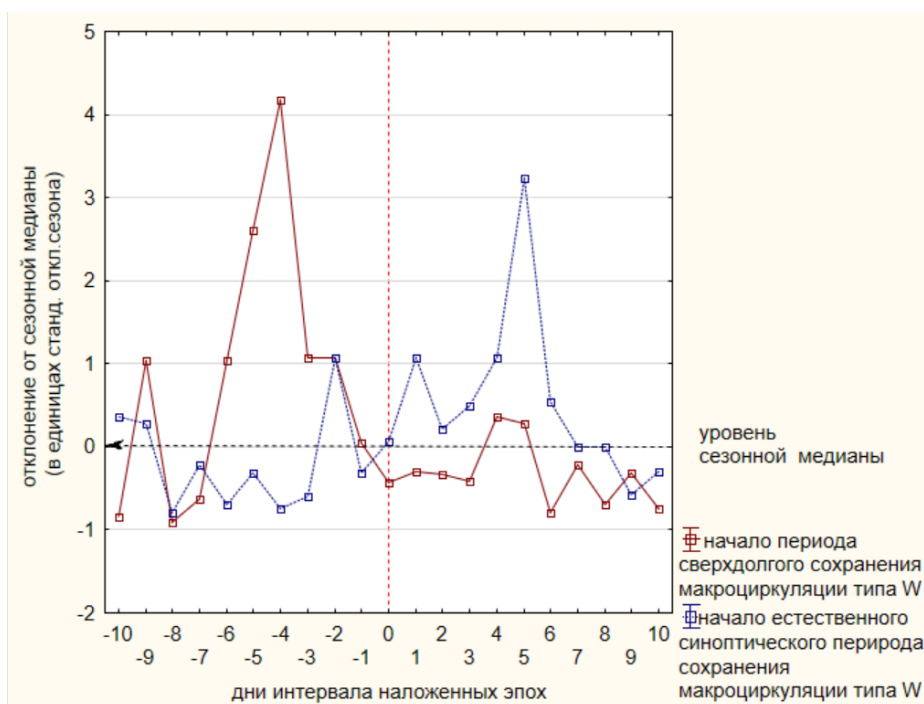


Рисунок 3.3.16 - Изменчивость напряженности геомагнитного поля на высоких широтах (коэффициент вариации за сутки) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа W.

Изменчивость значений отклонений от сезонного уровня **напряженности геомагнитного поля на высоких широтах** при очень длительно периоде и ЕСП достаточно «зеркальна». При очень долгом периоде максимум наблюдается в -4 день, а при ЕСП на 5. После начала периода устойчивости большинство значений отрицательны, а до были положительными. При ЕСП наоборот с -10 дня до начала отклонения отрицательны, а потом в большинстве становятся положительными. В 0 день значение отклонения равно уровню сезонной медианы, а при очень длительном периоде устойчивости отклонение отрицательно.

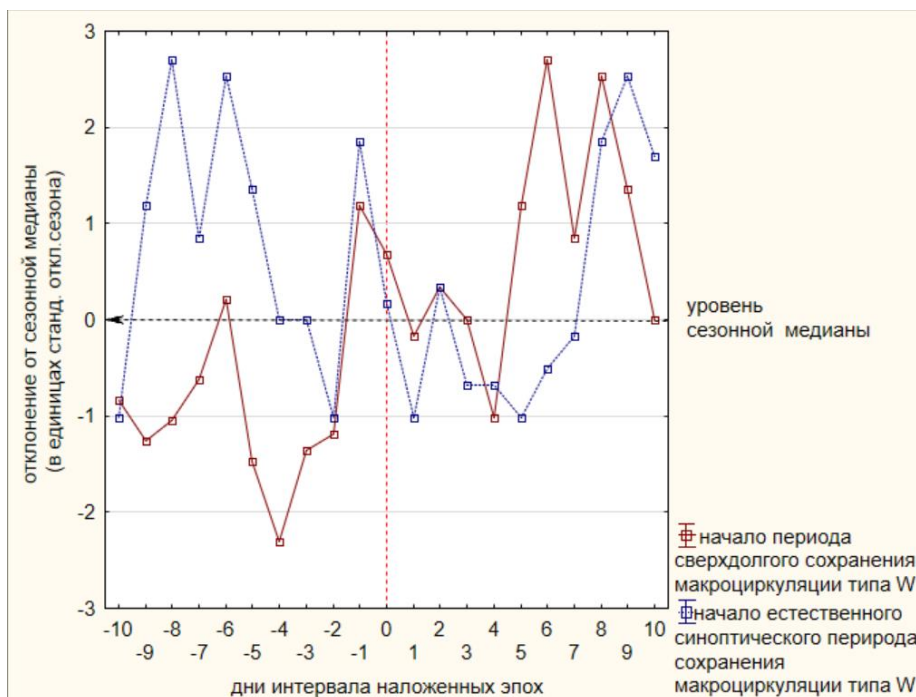


Рисунок 3.3.17- Изменчивость напряженность геомагнитного поля на средних широтах (среднее за сутки) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа W.

Рассмотрим **напряженность геомагнитного поля на средних широтах** при очень длительном периоде устойчивости. До начала периода значения преимущественно отрицательны, после начала положительны. Наблюдается 3 максимума (в -1, 6, 8 дни) и 3 минимума (-9,-4, 4). Из всех значений большая часть (10) отрицательны, 9 значений положительны и два равны сезонному уровню.

При ЕСП до начала периода устойчивости значения положительны, а после преимущественно отрицательны. Наблюдается 4 максимума (-8, -6, -1, 9) и 4 минимума (-10, -2, 1, 5). Также между двумя кривыми значений заметна «зеркальность». Два максимума у ЕСП наблюдаются до 0 дня (-8 и -6 дни), а у очень длительного периода после (6 и 8 день).

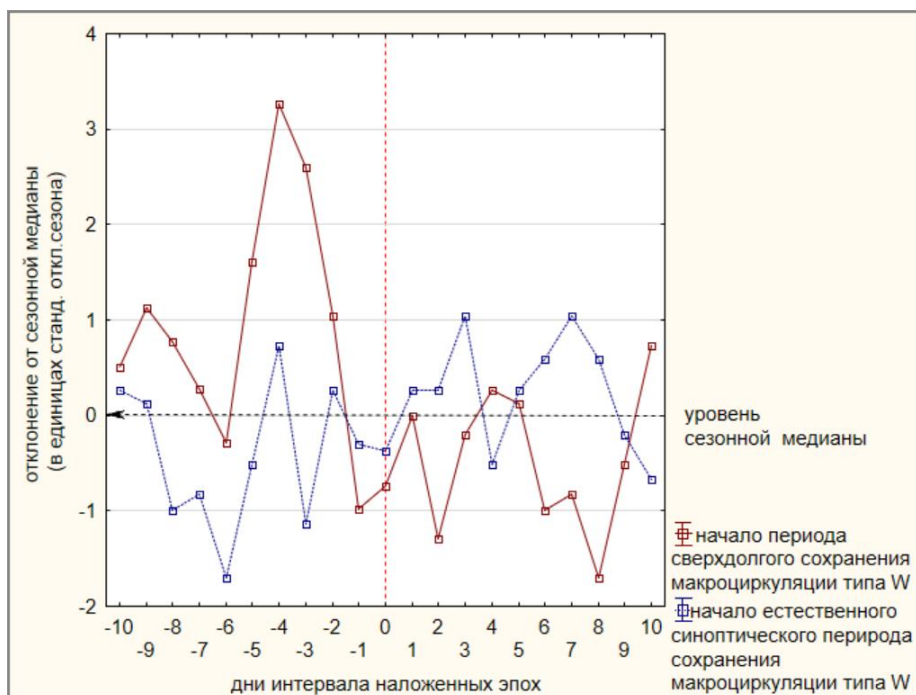


Рисунок 3.3.18 - Изменчивость напряженности геомагнитного поля на средних широтах (коэффициент вариации за сутки) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа W.

Анализируя ход **напряженности геомагнитного поля на средних широтах** при очень длительном периоде устойчивости и ЕСП можно отметить, что до 0 дня изменчивость величин в большинстве случаев похожа (то есть схожи тенденции роста и падения значений отклонений).

После 0 дня, ход величин стал противоположен, тенденция роста у одной кривой сопровождается спада у другой. При этом, необходимо добавить, что наибольшее положительное значение отклонения зафиксировано при очень длительном периоде (-4 день). У каждого хода по 11 положительных значений.

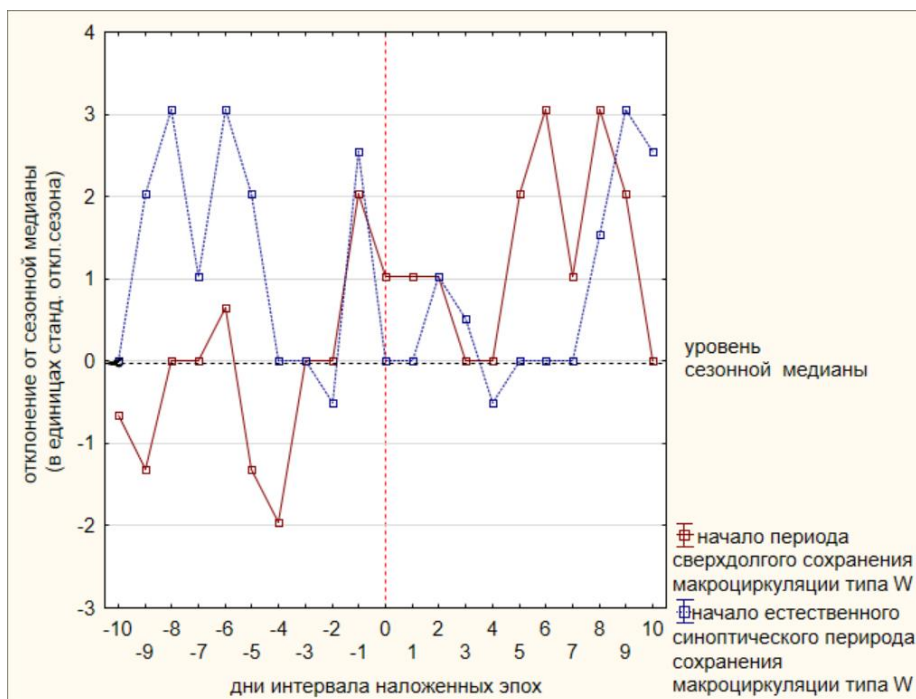


Рисунок 3.3.19 - Изменчивость напряженности геомагнитного поля планетарная (медиана за сутки) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа W.

Анализируя график отклонений **напряженности ГМП** при очень длительном периоде устойчивости можно отметить, что зафиксировано 3 максимума (-1, 6, 8), 2 минимума (-9 и 4) и 3 периода, когда значения отклонений оставались неизменны в течение нескольких дней (от -3 до -2, 0-2, 3-4).

При ЕСП зафиксировано 4 максимума (-8, -6, 1, 9), 2 минимума (-2, 4) и 3 периода устойчивости значений (от -4 до -3, 0-1, 5-7).

Рассматривая график изменчивости отклонений значений планетарной напряженности магнитного поля, можно заметить «зеркальность» максимумов (точнее периодов роста в периоды от -10 до -4 и в период с 4 до 10) и противоположность тенденций до или после. Также в обоих случаях значения преимущественно положительные (10 при очень длительном периоде, 11 при ЕСП), хотя достаточно большое количество значений равны сезонному уровню (7 и 8 соответственно).

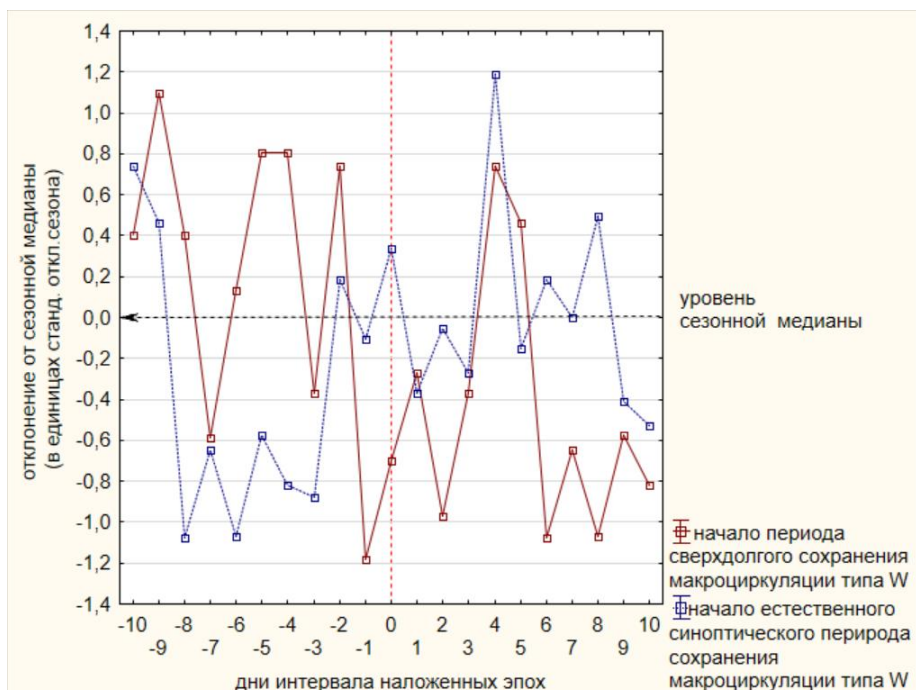


Рисунок 3.3.20 - Изменчивость напряженности геомагнитного поля планетарная (коэффициент вариации за сутки) в период ± 10 дней от начала периода устойчивости барического образования при макроциркуляции типа W.

Рассмотрим изменчивость значений отклонений **планетарной напряженности** при очень длительном периоде устойчивости барического образования. Максимальное значение зафиксировано -9 день, а минимальное в -1 день.

При ЕСП наибольшее положительное значение отклонения наблюдается в 4 день, а минимальные значения в -8 и -6 дни.

Сравнивая ход отклонений при очень длительном периоде и при ЕСП можно заметить, что в периоды с -10 до -4 и с 4 до 10 при ЕСП и очень длительного периода устойчивости схожий ход и значения отклонений соответственно. А в периоды с -1 по 3 и с 6 до 9 тенденции изменчивости значений противоположны. Значения при двух периодах устойчивости преимущественно ниже сезонной медианы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе рассмотрены особенности синоптической ситуации над г. Архангельском и ход параметров космической погоды при очень продолжительном периоде и при естественном синоптическом периоде.

Исследование одновременной изменчивости характеристик космической погоды в момент образования различных барических образований при очень длительном периоде устойчивости показал:

1. Возможность образования антициклона очень длительной устойчивости можно очень по изменчивости следующих характеристик космической погоды: коэффициент вариации интегрального радиопотока от диска Солнца на волне 10,7 см, среднесуточная величина потока электронов мощностью до 2 МэВ, средние значения за сутки напряженности геомагнитного поля на высоких широтах, средние значения за сутки напряженности геомагнитного поля на средних широтах, значения медианы планетарной напряженности геомагнитного поля.
2. Возможность оценки образования циклона очень длительной устойчивости можно определить по параметрам: коэффициент вариации интегрального радиопотока от диска Солнца на волне 10,7 см, среднесуточная величина потока электронов мощностью до 2 МэВ, среднесуточные значения и коэффициент вариации напряженности геомагнитного поля на высоких широтах, коэффициент вариации напряженности геомагнитного поля на средних широтах, коэффициент вариации значений планетарной напряженности геомагнитного поля.
3. До формирования очень длительного антициклона изменчивость выделенных характеристик космической погоды значительно больше, чем при формировании антициклона длительностью ЕСП.
4. До образования циклона очень длительного периода устойчивости, характеристики космической погоды изменяются преимущественно в области ниже сезонной.

Таким образом мы показали, что по изменчивости отдельных параметров космической погоды можно оценить возможность образования барических образований (циклон и антициклон) очень длительного периода устойчивости. В дальнейшем необходимо проверить изменчивость характеристик космической погоды при окончании очень длительного периода устойчивости образования циклонов и антициклонов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Веретененко С.В. Сравнительный анализ коротковременных эффектов солнечных и галактических космических лучей в эволюции барических систем умеренных широт // Веретененко С.В./ Известия РАН. Серия физическая – 2017 – том 81 № 2 – С.281-284.
2. Владимирский Б.М. Космическая погода – климат и социальные процессы. /Владимирский Б.М.// Изв. Крымской Астрофиз. Obs. – 2011 - № 1 – С.189–209.
3. Гирс А.А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. /А.А. Гирс — Л.: Гидрометеиздат, 1974. — 485 с.
4. Зверев А.С. Синоптическая метеорология/ А.С. Зверев – Л.: Гидрометеиздат, 1977.
5. Краткая характеристика синоптических процессов над севером европейской части территории РФ: учебное пособие//Архангельск, 1989.
6. Кузнецов А. Д. Космические воздействия на атмосферу. / А.Д. Кузнецов, В. Ф. Логинов — Л., изд. ЛПИ, 1984, —с. 160.
7. Монин А.С. О суперротации планетных атмосфер/А.С. Монин, А. С. Сафрай, Д. В. Чаликов // Докл. АН СССР, 1987 - том 295, № 4 -С. 828–831
8. Реальный механизм воздействия космической погоды на погоду и климат Земли / Н.В. Петров -Москва- 2018
9. А.И. Савичев, Н.П. Мироничева, В.Ю. Цепелев. Особенности колебаний атмосферной циркуляции в атлантико-евразийском секторе полушария за последние десятилетия // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета, 2015 - №39.- С. 120-131.
10. Теория общей циркуляции атмосферы: учебное пособие / Ю.П. Переведенцев, И.И. Мохов, А.В. Елисеев и др.; науч. ред. Э.П. Наумов. – Казань: Казан. ун-т, 2013. – 224 с.

11. Учебный курс. Космическая погода [Текст]: развернутый тематический план лекций/ Мягкова И.Н. – М.: НИИЯФ МГУ им. М.В. Ломоносова, 2013.
12. Черногор Л. Погода и космос, часть 1. /Л. Черногор // Наука и техника. – 2014 - № 6 (97) – С.9