



МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
(РОСГИДРОМЕТ)

ПРИКАЗ

19.04.2019

Москва

№ 201

**О введении в действие Временного инструктивного материала  
по космической погоде**

В связи с предстоящим введением в действие поправки 78 в приложение 3 к Конвенции о международной гражданской авиации «Метеорологическое обеспечение международной аэронавигации» в части предоставления информации о космической погоде п р и к а з ы в а ю:

1. Утвердить Временный инструктивный материал по космической погоде согласно приложению к настоящему приказу.

2. ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» (А.В. Никитов), ФГБУ «ГАМЦ Росгидромета» (Л.В. Мищенко), ФГБУ «УГМС Республики Татарстан» (С.Д. Захаров), ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» (Н.И. Криворучко), ФГБУ «Якутское УГМС» (Л.И. Мурашко), ФГБУ «Северное УГМС» (Р.В. Ершов) организовать изучение авиационными метеорологами Временного инструктивного материала по космической погоде.

3. ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» (А.В. Никитов) совместно с ФГБУ «ИПГ» (А.Ю. Репин) по согласованию с ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» в трёхмесячный срок организовать проведение тренировок по передаче органам организации воздушного движения информации о космической погоде.

4. ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» (А.В. Никитов), ФГБУ «ИПГ» (А.Ю. Репин) осуществлять методическое сопровождение по применению Временного инструктивного материала по космической погоде.

5. Настоящий приказ вступает в силу с 01.05.2019 и действует до внесения изменений в приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 03.03.2014 № 60 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Предоставление метеорологической информации для обеспечения полетов воздушных судов» в части космической погоды.

6. Контроль за исполнением настоящего приказа оставляю за собой.

Руководитель Росгидромета



М.Е. Яковенко

Приложение  
к приказу Росгидромета  
от «19» 04 2019 года № 201

**ВРЕМЕННЫЙ ИНСТРУКТИВНЫЙ  
МАТЕРИАЛ ПО КОСМИЧЕСКОЙ  
ПОГОДЕ**

г. Москва  
2019 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Структура гелиосферы, околоземного космического пространства и основные физические процессы в них	5
1.1 Солнце и солнечная активность	5
1.2 Индексы солнечной активности	6
1.3 Цикличность солнечной активности	6
1.4 Солнечные вспышки	7
1.4.1 Оптическое и рентгеновское излучение Солнца во время вспышек	7
1.4.2 Солнечные космические лучи	8
1.5 Солнечный ветер и межпланетное магнитное поле	9
1.6 Галактические космические лучи	12
1.7 Магнитосфера Земли	12
1.7.1 Радиационные пояса	13
1.7.2 Магнитосферные возмущения	14
1.7.2.1 Геомагнитные бури	14
1.7.2.2 Рекуррентные магнитные бури	15
1.7.2.3 Индексы геомагнитной активности	15
1.8 Ионосфера Земли	16
1.8.1 Возмущения ионосферы	16
1.8.2 Поглощение в полярной шапке	17
2. Космическая погода	18
2.1 Основные явления космической погоды	19
2.1.1 Магнитные бури как причина нарушения радиосвязи	19
2.1.2 Внезапные ионосферные возмущения	19
2.1.3 Радиационные штормы в околоземном космическом пространстве (ОКП)	20
2.1.4 Радиационная опасность галактических космических лучей	20
2.2 Шкала НОАА космической погоды	21
2.3 Мониторинг космической погоды	25
2.3.1 Мониторинг солнечной активности	25
2.3.2 Мониторинг солнечных космических лучей	26
2.3.3 Мониторинг ГКЛ	27
2.3.4 Мониторинг состояния ионосферы	27
3. Возмущения космической погоды и полеты воздушных судов	27
3.1 Радиосвязь при полетах воздушных судов	27
3.2 Средства навигации для полетов воздушных судов	30
3.3 Радиационная опасность для экипажей и пассажиров.	31
3.3.1 Радиационные эффекты в авионике	33

4. Мониторинг космической погоды в интересах авиационных пользователей	34
4.1 Обеспечение авиационных пользователей информацией о космической погоде	35
4.1.1 Пороговые значения характеристик возмущений космической погоды	35
4.1.2 Получатели информации для принятия решений по минимизации возможного ущерба от возмущений космической погоды	36
5. Информация о космической погоде для авиационных пользователей	37
6. Консультативные сообщения о космической погоде	38
7. Распространение консультативных сообщений о космической погоде	40
8. Требования к содержанию консультативных сообщений о космической погоде	41
8.1 Формат консультативных сообщений о космической погоде	41
8.2 Примеры консультативных сообщений о космической погоде	48
9. Пространственные диапазоны и дискретность величин для консультативных сообщений о космической погоде	55
Сокращения	56
1. Термины и сокращения, используемые на русском и английском языках	56
2. Используемые сокращения на английском языке	57
3. Используемые единицы измерений	59

## ВВЕДЕНИЕ

Временный инструктивный материал по космической погоде подготовлен на основании пункта 6 Федеральных авиационных правил «Предоставление метеорологической информации для обеспечения полетов воздушных судов» (утвержденных приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 03.03.2014 № 60) и в соответствии с поправкой 78 в Приложение 3 к Конвенции о международной гражданской авиации «Метеорологическое обеспечение международной аэронавигации», вступившей в действие с 08.11.2018.

В данном Временном инструктивном материале рассматривается структура космического пространства, в котором происходят процессы и явления, определяющие космическую погоду (глава 1), дается обзор основных процессов и возмущений космической погоды, а также описываются средства мониторинга космической погоды (глава 2). Проблема влияния космической погоды на полеты воздушных судов (глава 3) делится на три самостоятельных направления: влияние космической погоды на радиосвязь, средства навигации, радиационную опасность для экипажей, пассажиров и авионики.

Настоящий Временный инструктивный материал по космической погоде предназначен для использования в практике обеспечения авиационных пользователей метеорологической информацией, подготовки авиационных метеорологов в части получения и предоставления информации о космической погоде, а также ознакомления с проблемой влияния космической погоды на безопасность полетов воздушных судов.

## 1. Структура гелиосферы, околоземного космического пространства и основные физические процессы в них

### 1.1 Солнце и солнечная активность

Солнечная активность - это совокупность явлений, наблюдаемых на Солнце и связанных с образованием активных областей, солнечных пятен, факелов, флоккулов, волокон, протуберанцев, возникновением солнечных вспышек, возмущений в солнечной короне, увеличением ультрафиолетового, рентгеновского и корпускулярного излучения.

Солнечная активность - результат сложного взаимодействия плазмы солнечной атмосферы, присутствующих в ней магнитных полей, конвективных движений и дифференциального вращения Солнца. Проявления солнечной активности тесно связаны с магнитными свойствами солнечной плазмы, а основным источником геоэффективных возмущений являются активные области.

Активная область на Солнце - это совокупность изменяющихся структурных образований в некоторой ограниченной области солнечной атмосферы, связанная с усилением в ней магнитного поля от значений 10-20 до нескольких (4-5) тысяч эрстед. В видимом свете наиболее заметным структурным образованием активной области являются темные, резко очерченные солнечные пятна, часто образующие целые группы. Обычно среди множества более или менее мелких пятен выделяются два крупных, образующих биполярную группу пятен с противоположной полярностью магнитного поля в них. Размеры активной области достигают нескольких сотен тысяч километров, а время жизни - от нескольких дней до нескольких месяцев. Время от времени в активной области происходят внезапные взрывы - солнечные вспышки. Они порождают мощное ионизирующее излучение (в основном, рентгеновское) и проникающее (энергичные элементарные частицы, электроны и протоны).

Высокоскоростные корпускулярные плазменные потоки изменяют структуру солнечной короны. Когда Земля попадает в такой поток, деформируется ее магнитосфера, и возникает магнитная буря. Ионизирующее излучение сильно влияет на условия в верхних слоях атмосферы и создает возмущения в ионосфере. Возможны влияния и на многие другие физические явления.

### 1.2 Индексы солнечной активности

Уровень солнечной активности принято характеризовать специальными индексами солнечной активности. Самым известным из них являются числа Вольфа  $W$ , введенные немецким астрономом Рудольфом Вольфом:  $W = k(f + 10g)$ , где:  $f$  - число всех отдельных пятен в данный момент, наблюдаемых на солнечном диске, а  $g$  - удесятеренное число образованных ими групп (« $k$ » - нормировочный коэффициент, характеризующий конкретную обсерваторию). Этот индекс отражает вклад в солнечную активность не только от самих пятен, но и от всей активной области. Поэтому числа  $W$  очень хорошо согласуются с современными более точными индексами, например, величиной потока радиоизлучения от всего Солнца на волне 10,7 см. Существует и множество других индексов солнечной активности, определяемых площадью факелов, флоккулов, теней пятен, количеством вспышек и т.д.

### 1.3 Цикличность солнечной активности

Периодическое изменение интенсивности или числа различных проявлений солнечной активности называют солнечным циклом (циклом солнечной активности). Период этих циклических вариаций составляет приблизительно 11 лет. В начале цикла пятен на Солнце почти совсем нет. Количество пятен за несколько лет увеличивается до некоторого максимума, после чего, несколько медленнее, оно снова уменьшается до минимума. С учетом чередования магнитной полярности пятен биполярных групп и всего Солнца в соседних циклах физически более обоснован 22-летний цикл солнечной активности. Есть данные о существовании более продолжительных циклов: 35-летнего (цикл Брюкнера), векового цикла (80-130 лет) и некоторых

других. На рисунке 1 приведен график числа солнечных пятен за все время наблюдений (400 лет).

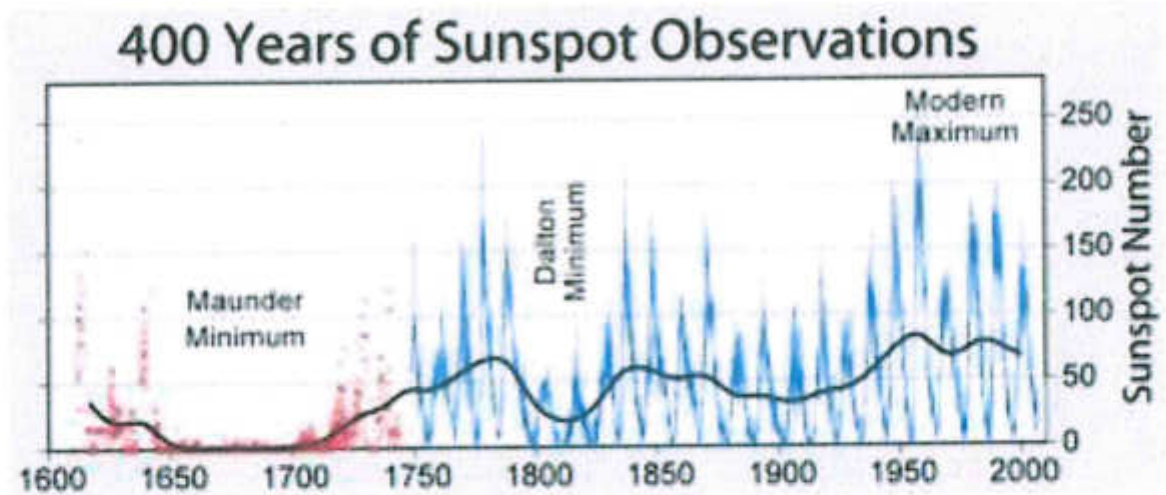


Рисунок 1. Зависимость числа пятен от времени за последние 400 лет

#### 1.4 Солнечные вспышки

Солнечная вспышка - взрывной процесс выделения энергии (световой, тепловой и кинетической) в атмосфере Солнца. Вспышки охватывают все слои солнечной атмосферы: фотосферу, хромосферу и корону.

##### 1.4.1 Оптическое и рентгеновское излучение Солнца во время вспышек

Прежде всего, вспышки наблюдаются в оптическом и рентгеновском диапазонах области спектра. Вспышки в оптическом диапазоне не оказывают воздействия на околоземное пространство и верхнюю атмосферу. Рентгеновское излучение Солнца можно разделить на излучение спокойного Солнца, излучение активных областей (корональных конденсаций) и вспышечное рентгеновское излучение.

Вспышечное излучение возникает, когда происходит нагрев плазмы и генерация быстрых частиц. С 1969 года принята классификация солнечных вспышек по потоку мягкого рентгеновского излучения в максимуме рентгеновского всплеска. Эта классификация разделяет все вспышки на 5 классов: наиболее мощные всплески X-класса (мощность потока в максимуме всплеска  $10^{-4}$  -  $10^{-3}$  Вт/м<sup>2</sup>), всплески M - класса (мощность потока



$10^{-5}$ - $10^{-4}$ Вт/м<sup>2</sup>), всплески С-класса (мощность потока  $10^{-6}$ - $10^{-5}$ Вт/м<sup>2</sup>), всплески В- класса (мощность потока  $10^{-7}$ - $10^{-6}$ Вт/м<sup>2</sup>) и всплески А-класса (мощность потока  $10^{-8}$ - $10^{-7}$ Вт/м<sup>2</sup>). В настоящее время производится мониторинг мягкого рентгеновского излучения в диапазоне 1-8А и 0.5-3А на КА серии GOES.

#### **1.4.2 Солнечные космические лучи**

Образовавшиеся во вспышках энергичные частицы (протоны, электроны, ядра) после взаимодействия с межпланетной средой могут достичь орбиты Земли. Эти частицы называют солнечными космическими лучами (СКЛ). Основным источником СКЛ - солнечные вспышки. В последнее время одним из основных источников космических лучей принято также считать межпланетные ударные волны.

Проблемы генерации СКЛ и их распространения в короне и межпланетной среде еще далеки от решения. Это связано с большим разнообразием условий в межпланетной среде и короне. Достаточно часто на временное развитие солнечного протонного события (СПС) влияют ударные волны, длительная инжекция частиц, а также удержание и истечение частиц из магнитных ловушек. Описание и прогноз временного развития СПС представляет до сих пор достаточно сложную и не решенную задачу.

На рисунке 2 приводится временной ход протонов в протонном событии балла S2 15-17 апреля 2001 года после рентгеновского всплеска класса X14 (2B) с координатами S20W84 и максимумом в 13:50 UTC 15.04.2001 (вертикальная пунктирная линия на рисунке).

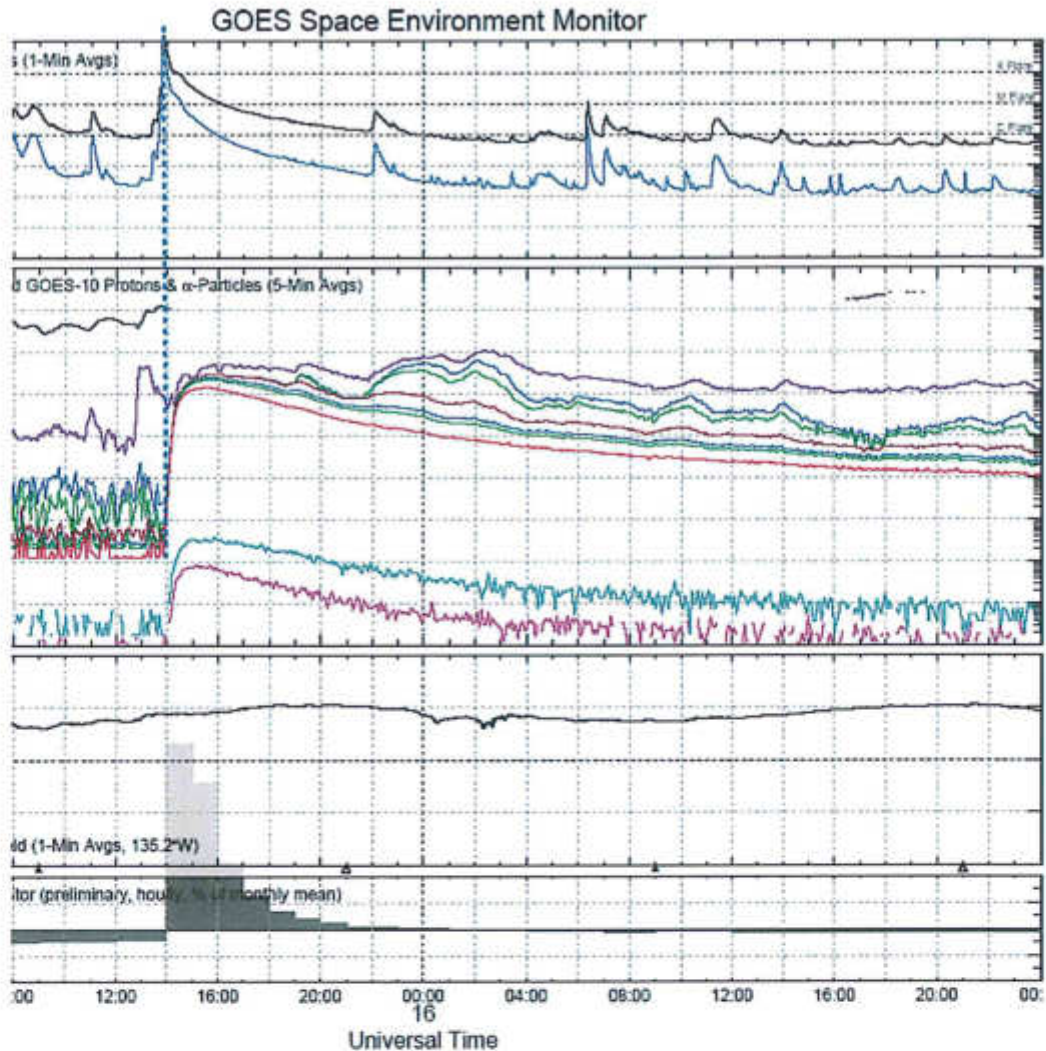


Рисунок 2. СПС с отсутствием влияния ударной волны на временной профиль потоков протонов с энергиями от 5 до 100 МэВ

Солнечные космические лучи представляют радиационную опасность. Принято считать, что наибольший вклад в суммарную дозу вносят солнечные протоны с энергией 20-500 МэВ. Магнитное поле Земли сильно ослабляет потоки протонов, достигающих высот обитаемых пилотируемых аппаратов и самолетов на больших высотах. Однако в полярных шапках, в которых силовые линии магнитного поля являются открытыми, потоки протонов практически такие же, как и вне магнитосферы Земли.

### 1.5 Солнечный ветер и межпланетное магнитное поле

Солнечная корона не находится в гидростатическом равновесии из-за высокой температуры и небольшого температурного градиента. Это приводит к расширению ее в межпланетное пространство. Это явление называют

солнечным ветром. Истечение корональной плазмы из-за высокой электрической проводимости и достаточно больших напряженностей магнитного поля в короне определяется магнитным полем короны. В районе, где магнитные силовые линии открыты или вытянуты высоко в корону (корональные дыры), расширение плазмы усиливается, и возникают потоки высокоскоростного солнечного ветра. Если бы не было вращения Солнца, то силовые линии магнитного поля Солнца были бы радиальными, но из-за вращения Солнца они закручиваются в спирали Архимеда.

Солнечный ветер, наблюдаемый у Земли, испытывает значительные вариации с характерным временем в несколько дней, что сравнимо со временем общего расширения до Земли. Основными структурными элементами солнечного ветра являются высокоскоростной поток и ветер, наблюдаемый у Земли, который можно рассматривать как последовательность таких потоков. Высокоскоростные потоки истекают из корональных дыр. Корональные дыры - это области короны пониженной светимости и низкой температуры -  $0,8 \cdot 10^6$  К. Корональные дыры связаны с областями открытых линий магнитного поля и часто находятся на солнечных полюсах. На рисунке 3 темной областью (область пониженной светимости в рентгеновских лучах) отмечена корональная дыра вблизи центрального меридиана.

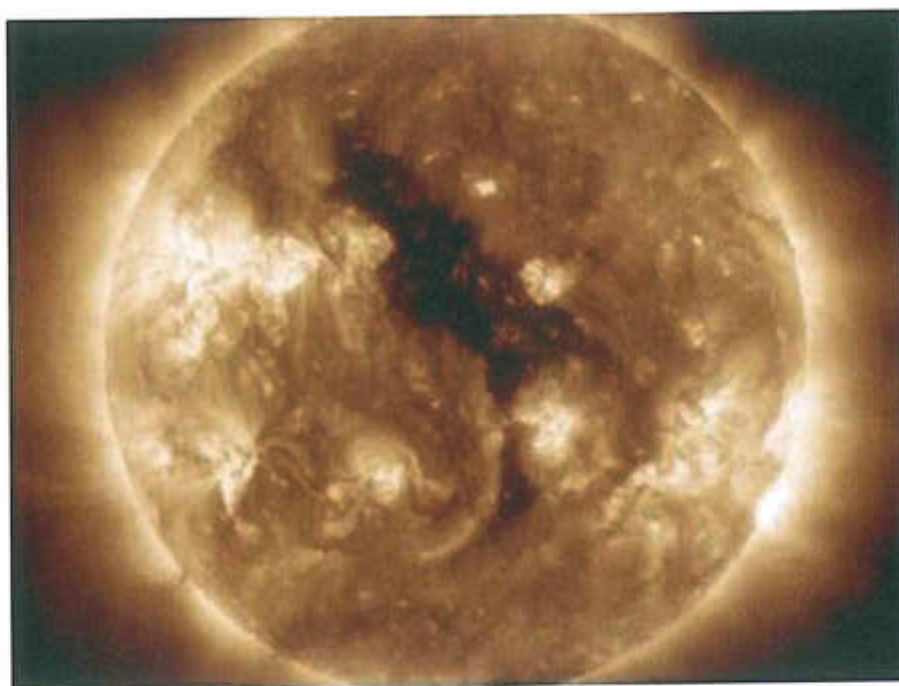


Рисунок 3. Пример корональной дыры, наблюдаемой в рентгеновских лучах

Корональные дыры занимают около 20% поверхности Солнца и существуют в течение нескольких оборотов Солнца. Полярные корональные дыры существуют почти постоянно.

Наряду с высокоскоростными потоками, которые являются долгоживущими структурными образованиями короны (они могут существовать в течение нескольких оборотов Солнца, поэтому их часто называют рекуррентными высокоскоростными потоками) в солнечной короне часто происходят нестационарные сравнительно кратковременные явления - корональные выбросы масс (КВМ) - быстрые изменения структуры и яркости короны, охватывающие значительную её часть и приводящие к выбросу в межпланетное пространство большого количества плазмы ( $10^{16}$  г) со скоростями до 1200 км/с. Полная кинетическая энергия такого транзиента иногда превышает  $10^{32}$  эрг, т.е. энергию большой солнечной вспышки. Частота наблюдения КВМ изменяется в пределах от одного выброса за два дня до 2-3 в день в зависимости от близости к максимуму 11-летнего цикла солнечной активности. Эти потоки, взаимодействуя с земной магнитосферой, вызывают магнитные бури и магнитосферные суббури.

### 1.6 Галактические космические лучи

Галактические космические лучи (ГКЛ) - это потоки ядер и электронов, приходящих из межзвездного пространства. В области энергий  $10^4$ - $10^9$  МэВ поток ГКЛ не зависит от времени, и спектр ГКЛ степенной с показателем - 2.75. В области энергий  $10^2$ - $10^4$  МэВ поток, энергетический спектр и угловое распределение ГКЛ зависят от времени, так как модулируются гелиосферой. Поток ГКЛ меняется в противофазе с числом Вольфа. Это весьма важно, поскольку в минимуме солнечной активности межпланетная среда возмущена слабо и потоки ГКЛ максимальны. Имея высокую степень ионизации и будучи всепроникающими, в периоды минимума солнечной активности ГКЛ определяют дозовые нагрузки на человека в космических и авиационных полетах. Однако процессы солнечной модуляции оказываются довольно сложными и не сводятся только к антикорреляции с числом Вольфа.

Проникая в атмосферу, частицы ГКЛ взаимодействуют с ядрами атмосферы Земли, и в результате образуются вторичные компоненты: протоны и ядра с зарядом больше 2, нейтроны, электроны,  $\gamma$ -кванты, мюоны. При этом поток первичного излучения ослабляется, а поток вторичных частиц увеличивается.

### 1.7 Магнитосфера Земли

В отсутствии солнечного ветра магнитное поле Земли можно было бы считать дипольным полем. Обтекание Земли солнечным ветром существенно деформирует магнитное поле Земли, создавая область пространства, содержащую плазму и магнитное поле, которое называется магнитосферой. Обращенная к Солнцу граница магнитосферы находится на расстоянии 10-12 радиусов Земли ( $R_E$ ). На рисунке 4 изображена схематически структура магнитосферы.

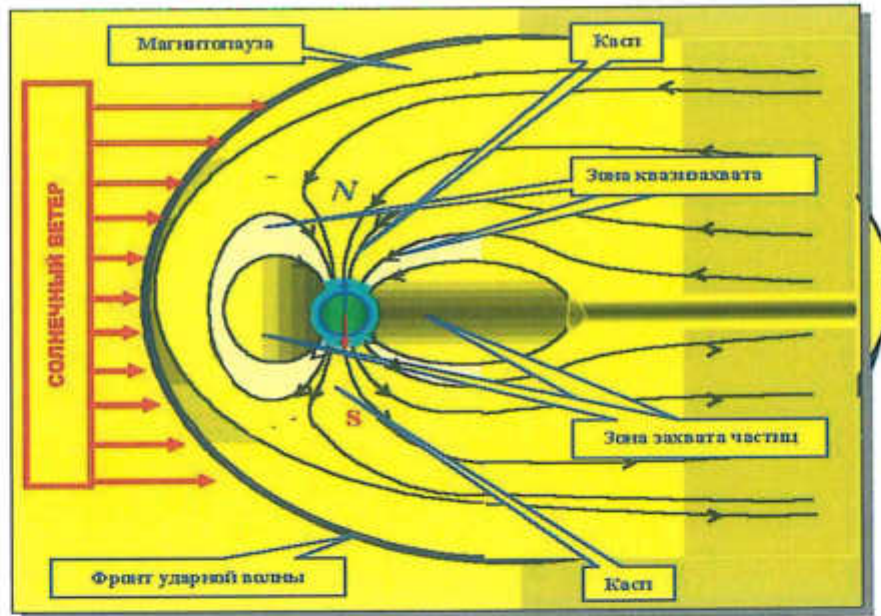


Рисунок 4. Структура магнитосферы

### 1.7.1 Радиационные пояса

Внутри магнитосферы, как и в любом дипольном поле, есть области, недоступные для частиц с кинетической энергией  $E$  меньше критической. Те же частицы с энергией  $E < E_{кр}$ , которые все-таки уже там находятся, не могут эти области покинуть. Эти запрещённые области магнитосферы называются зонами захвата. В зонах захвата дипольного (квазидипольного) поля Земли действительно удерживаются значительные потоки захваченных частиц (прежде всего, протонов и электронов). Во время магнитных бурь потоки частиц в радиационном поясе увеличиваются. Инжекция частиц в радиационный пояс происходит из плазменного слоя во время суббурь. Схема радиационных поясов изображена на рисунке 5.

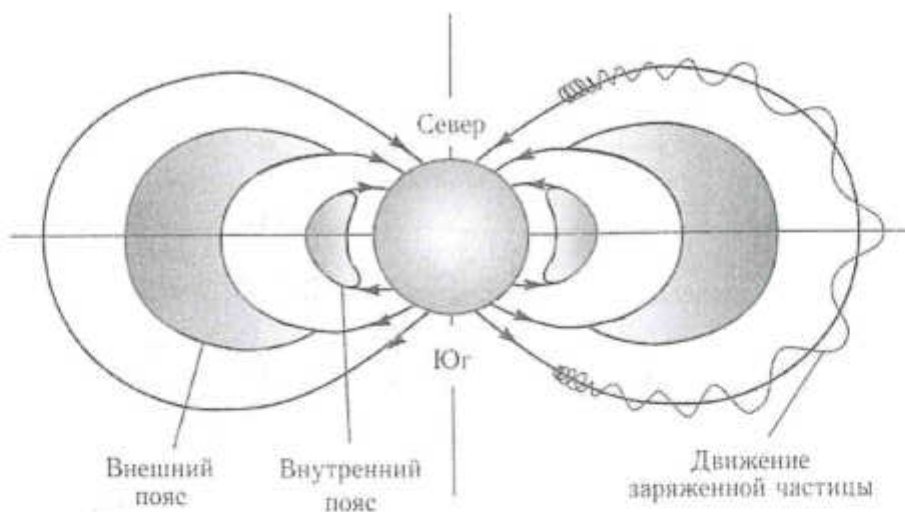


Рисунок 5. Радиационные пояса Земли

## 1.7.2 Магнитосферные возмущения

### 1.7.2.1 Геомагнитные бури

Геомагнитная буря - возмущение геомагнитного поля длительностью от нескольких часов до нескольких суток. Геомагнитные бури являются одним из важнейших элементов космической погоды и влияют на многие области деятельности человека, из которых можно выделить нарушение связи, систем навигации космических кораблей и самолетов, возникновения вихревых индукционных токов в трансформаторах и трубопроводах и даже разрушение энергетических систем.

Согласно современным взглядам, непосредственной причиной геомагнитных бурь являются возмущённые потоки солнечного ветра на орбите Земли, содержащие необходимую для генерации геомагнитной бури ориентацию межпланетного магнитного поля. Источниками этих потоков, в свою очередь, являются выбросы корональной массы.

Геомагнитные бури имеют несимметричный по времени характер развития: в среднем фаза нарастания возмущения (главная фаза бури) составляет около 7 часов, а фаза возвращения к исходному состоянию (фаза восстановления) - около 3 суток.

Интенсивность геомагнитной бури обычно описывается индексами «Dst» и «Kp». С ростом интенсивности бури индекс Dst уменьшается. Так,

умеренные бури характеризуются Dst от  $-50$  до  $-100$  нТл, сильные - от  $-100$  до  $-200$  нТл и экстремальные - ниже  $-200$  нТл.

Частота появления умеренных и сильных бурь на Земле имеет чёткую корреляцию с 11-летним циклом солнечной активности: при средней частоте около 30 бурь в год их число может составлять 1-2 бури в год вблизи солнечного минимума и достигать 50 бурь в год вблизи солнечного максимума.

Мощнейшей геомагнитной бурей за всю историю наблюдений была геомагнитная буря 1859 года («событие Кэррингтона»).

Наиболее сильными бурями с Dst ниже  $-400$  нТл были события 13 сентября 1957 года (Dst =  $-427$  нТл), 11 февраля 1958 (Dst =  $-426$  нТл), 15 июля 1959 ( $-429$  нТл), 13 марта 1989 ( $-589$  нТл) и 20 ноября 2003 ( $-472$  нТл).

#### **1.7.2.2 Рекуррентные магнитные бури**

Кроме магнитных бурь, которые связаны с высокой солнечной активностью (с корональными выбросами массы-КВМ), часто наблюдаются умеренные магнитные бури, которые возникают в периоды, когда на Солнце отсутствуют какие-нибудь активные процессы. Такие бури в основном наблюдаются в периоды минимума цикла солнечной активности и часто повторяются с периодом вращения Солнца 27 дней (поэтому они часто называются рекуррентными магнитными бурями). В настоящее время установлено, что источниками таких бурь на Солнце являются корональные дыры, которые служат источниками быстрых потоков солнечного ветра.

#### **1.7.2.3 Индексы геомагнитной активности**

Численной характеристикой, отражающей геомагнитные возмущения, являются различные геомагнитные индексы – Dst, Kp, Ap, AA и другие. Индекс геомагнитной активности Kp рассчитывают каждые три часа по измерениям магнитного поля на нескольких станциях, расположенных в различных частях Земли. Он имеет уровни от 0 до 9, каждому следующему уровню шкалы соответствуют вариации в 1,6-2 раза больше предыдущего. Сильным магнитным бурям соответствуют уровни Kp больше 4. Так



называемые супербури с  $Kp = 9$  случаются достаточно редко. Наряду с  $Kp$  используют также индекс  $A_p$ , равный средней амплитуде вариаций геомагнитного поля по земному шару за сутки.

### 1.8 Ионосфера Земли

Ионосфера - ионизованная часть верхней атмосферы, расположена выше 50 км. Верхней границей ионосферы является внешняя часть магнитосферы Земли. Ионосфера представляет собой природное образование разреженной слабоионизованной плазмы, находящейся в магнитном поле Земли и подвергающейся воздействию ионизирующего излучения Солнца. Только благодаря ионосфере возможна радиосвязь на дальние расстояния. Установлено, что концентрация электронов  $n_e$  в ионосфере распределена по высоте неравномерно: имеются области или слои, где она достигает максимума. Таких слоев в ионосфере несколько, и они не имеют резко выраженных границ. Верхний слой F соответствует главному максимуму ионизации ионосферы. Ночью он поднимается до высот 300-400 км, а днём (преимущественно летом) раздваивается на слои  $F_1$  и  $F_2$  с максимумами на высотах 160-200 км и 220-320 км. На высотах 90-150 км находится область E, а ниже 90 км - область D (рисунок 6).

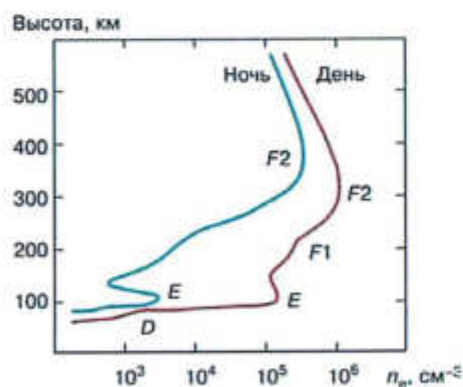


Рисунок 6. Распределение концентрации электронов по высоте

#### 1.8.1 Возмущения ионосферы

Кроме обычных условий ионизации, во время солнечных вспышек всплеск рентгеновского излучения вызывает внезапное возмущение в нижней части ионосферы. Внезапное и резкое увеличение энергии ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца в начале вспышки, распространяясь со

световой скоростью, через 8 мин 20 сек доходит до Земли и вызывает дополнительную ионизацию ионосферных слоев на высотах около 75 км (слой D) и 110 км (слой E). Это приводит к тому, что на всей освещенной Солнцем части земного шара усиливается поглощение радиоволн, особенно коротковолнового диапазона и, соответственно, наступает внезапное ухудшение (замирание) и даже прекращение коротковолновой радиосвязи (фейдаут). Одновременно на более длинных волнах может происходить улучшение слышимости за счет отражения длинных волн от этих слоев (эффект Деллинджера). Сильнее всего эти эффекты проявляются в области полярных широт. Дополнительная ионизация дневной ионосферы приводит к возникновению в ней электрических токов, магнитное действие которых изменяет геомагнитное поле на величину до 50 нТл. При этом в зависимости от направления тока возникает незначительное плавное уменьшение или увеличение общего магнитного поля Земли (магнитное кроше).

Через несколько часов после солнечных вспышек в атмосферу Земли проникают также СКЛ, которые вызывают повышенную ионизацию на высотах 50-100 км, особенно сильную в полярных шапках (областях вблизи магнитного полюса). В этой зоне в отдельные периоды времени присутствуют потоки протонов и электронов, которые вызывают не только ионизацию, но и заметное свечение атмосферы (полярные сияния) на высотах 100-120 км, но они действуют и ниже, в области D. Во время магнитных бурь эти потоки корпускул усиливаются, а зона их действия расширяется к более низким широтам (иногда низкоширотные красные сияния наблюдают на широте Москвы и южнее).

### **1.8.2 Поглощение в полярной шапке**

Одним из явлений космической погоды является ионосферное возмущение, называемое поглощением в полярной шапке (ППШ). Оно представляет собой сильное поглощение радиоволн или космического радиоизлучения (1-50 МГц), наблюдающееся в высокоширотных полярных районах Земли. ППШ начинаются через несколько часов после сильной

солнечной вспышки. Реальное время запаздывания изменяется от события к событию. Максимум ППШ наблюдается в пределах одних или двух суток после начала, восстановление может продолжаться до 10 суток.

Явления ППШ связаны с повышенной ионизацией атмосферы на высотах между 50 км и 90 км, производимой солнечными протонами с энергиями 5-20 МэВ, ускоренными во время солнечных вспышек.

## 2. Космическая погода

Под термином «космическая погода» понимается совокупность физических явлений и процессов на Солнце, в межпланетном и околоземном космическом пространстве, магнитосфере, ионосфере и верхней атмосфере Земли, влияющих на функционирование технических средств и систем (систем навигации, связи, электроэнергетики, радиационной безопасности при полетах воздушных судов, эксплуатации трубопроводов, аэромагнитной съёмка, бурения скважин и пр.) и имеющих биомедицинские последствия.

Первичным источником возмущений являются вариации солнечного излучения, а перенос возмущений осуществляется волнами и частицами в межпланетной среде, магнитосфере и ионосфере Земли. Прежде всего, эти возмущения сказываются на тех процессах, в которых существенную роль играет установившееся равновесие электрических токов и магнитных полей. Возмущения, нарушающие это равновесие, могут привести к возникновению различных нештатных ситуаций. Последствия сильных возмущений космической погоды:

- увеличение навигационных ошибок систем ГЛОНАСС и GPS;
- увеличение плотности верхней атмосферы, приводящей к изменению параметров движения КА;
- перегрев и выход из строя трансформаторов на протяженных линиях электропередач;
- ухудшение радиационной обстановки на трассах полетов самолетов и космических аппаратов (например, в 2003, 2005, 2006 годах авиакомпании

вынуждены были принимать решения об изменении маршрутов трансполярных полетов из-за высокого риска переоблучения пассажиров и экипажа, В результате было перенаправлено более 60 рейсов. Стоимость одного такого маневра составляла от 10 до 100 тысяч долларов);

- ухудшение и потеря радиосвязи;
- деградация материалов КА, в том числе солнечных батарей;
- сбои в электронике бортовых систем КА и самолетов;
- дополнительная ионизация ионосферы, приводящая к нарушениям связи и работы радаров загоризонтной локации;
- разрушение озонового слоя;
- сложности при разведке природных ресурсов (аэромагнитная съемка, бурение скважин).

## **2.1 Основные явления космической погоды**

### **2.1.1 Магнитные бури как причина нарушения радиосвязи**

Магнитные бури приводят к сильным возмущениям в ионосфере, которые, в свою очередь, отрицательно сказываются на состоянии радиозфира. В приполярных районах и зонах аврорального овала ионосфера связана с наиболее динамичными областями магнитосферы и поэтому наиболее чувствительна к таким воздействиям.

Магнитные бури в высоких широтах могут практически полностью блокировать радиозфир на несколько суток. При этом страдает надежность радиосвязи и навигации при осуществлении полетов воздушных судов. Естественно, что во время геомагнитных возмущений возникают проблемы и с радиолокацией.

### **2.1.2 Внезапные ионосферные возмущения**

Поглощение коротковолнового радиоизлучения является результатом того, что приход ионизирующего электромагнитного излучения - УФ и рентгеновского излучения солнечных вспышек вызывает дополнительную ионизацию верхней атмосферы. Это приводит к ухудшению или даже полному прекращению радиосвязи на освещенной стороне Земли в течение несколько

часов. Потеря связи в момент маневрирования может привести к аварийным ситуациям, так как современные воздушные суда широко используют спутниковую радиосвязь для навигации.

### **2.1.3 Радиационные штормы в околоземном космическом пространстве (ОКП)**

Потоки солнечных космических лучей значительно повышают уровень радиационной опасности для космонавтов, а также экипажей и пассажиров самолетов на верхних эшелонах при полетах по полярным трассам, приводят к потерям спутников и выходу из строя аппаратуры, используемой на космических объектах.

О вреде, который радиация наносит живым существам, достаточно хорошо известно, но кроме того, большая доза облучения может выводить из строя и электронное оборудование, установленное на космических аппаратах и самолетах. Чем сложнее и современнее микросхема, тем меньше размеры каждого элемента, и тем больше вероятность сбоев, которые могут привести к её неправильной работе и даже к остановке процессора.

### **2.1.4 Радиационная опасность галактических космических лучей**

При оценке радиационной безопасности необходимо учитывать вклад в радиационную дозу галактических космических лучей (ГКЛ). Для протонов с энергией выше 1000 МэВ величина потоков ГКЛ и СКЛ становится сравнимой. При рассмотрении различных явлений на Солнце и в гелиосфере на временных интервалах длиной в несколько десятилетий и более определяющим их фактором является 11-летняя и 22-летняя цикличность солнечного процесса.

Наибольшую радиационную опасность представляют ГКЛ в эпоху минимума солнечной активности. ГКЛ представляют опасность при длительных космических полетах и для экипажей самолетов на больших высотах, совершающих регулярные рейсы в высоких широтах. Такие экипажи должны быть приравнены к работникам радиационной промышленности. Воздействие космической погоды по величине эффектов, которые она

оказывает на аппаратуру и здоровье людей, оценивается в баллах по шкале, разработанной в НОАА (США), приведенной в таблицах 1-3.

## 2.2 Шкала НОАА космической погоды

Таблица 1. Всплески рентгеновского излучения

R5	Экстремальное	<p><u>ВЧ-радиосвязь</u>: Полное поглощение в ВЧ-диапазоне на освещенной стороне Земли, продолжающееся несколько часов. Отсутствие связи с кораблями и самолетами</p> <p><u>Навигация</u>: Многочасовые нарушения в сигналах низкочастотной радионавигации (используемой на кораблях и самолетах) приводят к ошибкам в определении местоположения объекта на освещенной стороне Земли, и к ошибкам в системах спутниковой навигации даже на неосвещенной стороне</p>	X20 $2 \times 10^{-3}$ Вт/м <sup>2</sup>
R4	Очень сильное	<p><u>ВЧ-радиосвязь</u>: поглощение в ВЧ-диапазоне на большей части освещенной стороны Земли, продолжающееся один-два часа. Отсутствие связи с кораблями и самолетами</p> <p><u>Навигация</u>: нарушения в сигналах низкочастотной радионавигации приводят к возрастанию ошибок в определении местоположения объектов на освещенной стороне Земли в течение одного-двух часов. Небольшие ошибки в определении положения спутников на освещенной стороне Земли</p>	X10 $10^{-3}$ Вт/м <sup>2</sup>
R3	Сильное	<p><u>ВЧ-радиосвязь</u>: Большие зоны нарушения связи в ВЧ-диапазоне на освещенной стороне Земли и связанные с этим случаи потери радиоконтакта с кораблями и самолетами в течение часа</p> <p><u>Навигация</u>: часовые нарушения в низкочастотной радиосвязи, приводящие к ошибкам в определении положения кораблей и самолетов</p>	X1 $10^{-4}$ Вт/м <sup>2</sup>

R2	Умеренное	<p><u>Навигация</u>: ограниченные зоны нарушений ВЧ-радиосвязи на освещенной стороне, потеря радиоконтакта с кораблями и самолетами на десятки минут</p> <p><u>ВЧ-радиосвязь</u>: Замирания НЧ-радиоволн на десятки минут, влияющее на определение местоположения кораблей и самолетов</p>	M5 $5 \times 10^{-5}$ Вт/м <sup>2</sup>
R1	Слабое	<p><u>Навигация</u>: незначительные нарушения ВЧ-радиосвязи на освещенной стороне, редкие случаи потери радиоконтакта с кораблями.</p> <p><u>ВЧ-радиосвязь</u>: нарушения НЧ-радиосвязи, влияющее на определение местоположения кораблей и самолетов.</p>	M1 $10^{-5}$ Вт/м <sup>2</sup>

Таблица 2. Потоки протонов в околоземном пространстве

S5	Экстремальные	<p><u>Биологические</u>: неизбежно высокий уровень радиационной опасности для космонавтов, находящихся в открытом космосе; высокий уровень радиационной опасности для экипажей пассажиров самолетов в высоких широтах</p> <p><u>Функционирование КА</u>: потеря некоторых спутников, повреждение блоков памяти, зашумленность данных изображений, невозможность использования навигационных систем и систем ориентации на основе звездных источников; постоянная угроза для солнечных панелей</p> <p><u>Другие системы</u>: отсутствие связи на высоких частотах в полярной зоне, ошибки навигационных систем</p>	$10^5$ част/см <sup>2</sup> ср
S4	Очень сильные	<p><u>Биологические</u>: высокий уровень радиационной опасности для космонавтов, находящихся в открытом космосе:</p>	$10^4$ част/см <sup>2</sup> ср

		<p>значительный уровень радиационной опасности для экипажей и пассажиров самолетов в высоких широтах</p> <p><u>Функционирование КА:</u> проблемы с блоками памяти, зашумленность данных изображений, проблемы с использованием систем ориентации, постоянная деградация солнечных панелей.</p> <p><u>Другие системы:</u> нарушение связи на высоких частотах в полярной зоне, ошибки навигационных систем в течение нескольких дней</p>	
S3	Сильные	<p><u>Биологические:</u> небольшой уровень радиационной опасности для космонавтов, находящихся в открытом космосе, и для экипажей и пассажиров самолетов в высоких широтах</p> <p><u>Функционирование КА:</u> единичные случаи нарушений в различных системах, шумы в изображениях, повреждения наружных датчиков, уменьшение тока в солнечных батареях</p> <p><u>Другие системы:</u> ухудшение прохождения радиоволн на высоких частотах в полярной зоне, ошибки навигационных систем</p>	10 <sup>3</sup> част/см <sup>2</sup> ср
S2	Умеренные	<p><u>Биологические:</u> нет</p> <p><u>Функционирование КА:</u> единичные случаи нарушений в различных системах</p> <p><u>Другие системы:</u> единичные случаи ухудшения прохождения радиоволн на высоких частотах в полярной зоне и ошибок навигационных систем</p>	10 <sup>2</sup> част/см <sup>2</sup> ср
S1	Слабые	<p><u>Биологические:</u> нет</p> <p><u>Функционирование КА:</u> нет</p> <p><u>Другие системы:</u> единичные случаи в полярных зонах</p>	10 част/см <sup>2</sup> ср



Таблица 3. Возмущения магнитного поля

G5	Экстремальные	<p><u>Энергетические системы:</u> возможны повреждения трансформаторов и разрушение энергетических систем</p> <p><u>Функционирование КА:</u> возникновение обширных поверхностных зарядов; проблемы с ориентацией и каналами связи со спутником</p> <p><u>Другие системы:</u> возникновение сильных (до сотен ампер) токов в трубопроводах; полное поглощение высокочастотных радиоволн в отдельных регионах; спутниковая навигация ухудшается на несколько дней; низкочастотная навигация не работает в течении нескольких часов; полярные сияния наблюдаются вплоть до экватора</p>	Kp =9
G4	Очень сильные	<p><u>Энергетические системы:</u> нестабильность напряжения в сети; возможны повреждения предохранителей и участков энергетических систем</p> <p><u>Функционирование КА:</u> проблемы со связью ориентацией и поверхностными зарядами</p> <p><u>Другие системы:</u> токи, индуцированные в трубопроводах, оказывают воздействие на предохранительные мероприятия; нарушения в распространении ВЧ-радиоволн; многочасовые нарушения спутниковой и низкочастотной радионавигации; полярные сияния опускаются до тропиков</p>	Kp =8
G3	Сильные	<p><u>Энергетические системы:</u> необходимость коррекции напряжения; ложные тревоги в предохранительных системах, возможны «закипания» масляных трансформаторов</p> <p><u>Функционирование КА:</u> поверхностные заряды на компонентах спутника; возрастание</p>	Kp =7

		<p>торможения спутника; необходимость коррекции в ориентации</p> <p><u>Другие системы:</u> перебои в спутниковой и низкочастотной радионавигации, нарушения в высокочастотной радиосвязи; полярные сияния наблюдаются в средних широтах</p>	
G2	Умеренные	<p><u>Энергетические системы:</u> возможны воздействия на высокоширотные участки</p> <p><u>Функционирование КА:</u> требуются коррективы в работе наземных контрольных служб; поправки в прогнозах «торможения» спутников</p> <p><u>Другие системы:</u> замирания высокочастотных радиоволн в высоких широтах; полярные сияния фиксируются до широт в 50°</p>	Кр =6
G1	Слабые	<p><u>Энергетические системы:</u> слабые флуктуации.</p> <p><u>Функционирование КА:</u> слабые воздействия.</p> <p><u>Другие системы:</u> полярные сияния отмечаются до широт в 60°; заметны изменения в миграции животных</p>	Кр =5

### 2.3 Мониторинг космической погоды

Мониторинг космической погоды предполагает непрерывное наблюдение и получение в реальном времени (или с временной задержкой, которая значительно меньше, чем время развития возмущения космической погоды) данных о состоянии среды и процессах, определяющих космическую погоду. Его можно подразделить на мониторинг явлений солнечной активности на Солнце, мониторинг межпланетной среды и мониторинг состояния магнитосферы, мониторинг верхней атмосферы и ионосферы.

#### 2.3.1 Мониторинг солнечной активности

Сеть наземных солнечных обсерваторий обеспечивает регулярные наблюдения в оптическом диапазоне. Однако их данные могут быть

использованы только для мониторинга общего уровня солнечной активности, который определяет состояние ионосферы, частоту геомагнитных возмущений, частоту рентгеновских вспышек, частоту радиационных штормов в ОКП, модуляцию ГКЛ. Уровень солнечной активности определяется наземными оптическими наблюдениями за количеством пятен и количеством активных областей на Солнце. Наземные астрономические обсерватории не могут обеспечить непрерывное круглосуточное и всепогодное наблюдение за явлениями на Солнце, поэтому на первый план солнечного мониторинга в настоящее время выходит мониторинг солнечной активности с космических аппаратов. Другой наземный вид мониторинга общего уровня солнечной активности – это регистрация радиоизлучения всего Солнца на волне 10.7 см. Этот вид мониторинга обладает целым рядом преимуществ по сравнению с оптическим: не зависит от погодных условий, легко могут быть получены количественные характеристики уровня солнечной активности. В настоящее время несколько космических аппаратов (в первую очередь – это астрофизические обсерватории) постоянно ведут наблюдение за Солнцем.

### **2.3.2 Мониторинг солнечных космических лучей**

Основным источником информации о вариациях СКЛ являются геостационарные спутники серий GOES и Электро. GOES - серия метеорологических космических аппаратов Национального Управления Океанических и Атмосферных Исследований США.

«Электро-Л» - российский геостационарный спутник гидрометеорологического назначения. Аппаратура позволяет наблюдать: потоки электронов с энергиями выше пороговых значений 0.04, 0.17, 0.7, 1.7 МэВ; потоки протонов с энергиями 12-23, 23-40, 40-100, 110-300 МэВ; потоки галактических космических лучей с энергией выше 600 МэВ; поток рентгеновского излучения Солнца в энергетическом интервале 3-8 кэВ; интенсивность ультрафиолетового излучения Солнца с длинами волн: менее 130 нм, 0.3-2.5 нм, 0.3-12 нм и 121.6 нм; величины составляющих вектора

магнитной индукции по трем взаимно-перпендикулярным направлениям (X,Y,Z).

### **2.3.3 Мониторинг ГКЛ**

В настоящее время всемирная сеть состоит из около 50 действующих нейтронных мониторов (из них 5 - в Российской Федерации) с различными характеристиками энергии и реакциями на космические лучи. Все нейтронные мониторы работают непрерывно со сбором данных в 1-минутных или 5- минутных интервалах. Большинство станций (около 30) представляют свои данные в Интернете в режиме реального времени. С января 2008 года разрабатывается База данных Нейтронных Мониторов с высоким разрешением (NMDB), как часть проекта e-Infrastructures, при поддержке Европейской Комиссии в рамках программы Seventh Framework Programme.

### **2.3.4 Мониторинг состояния ионосферы**

В настоящее время мониторинг ионосферы осуществляется при помощи наземных ионосферных станций, ионозондов, расположенных на борту космических аппаратов, а также радиозондирования ионосферы с помощью высокоорбитальных спутниковых систем GPS/ГЛОНАСС/Galileo.

## **3. Возмущения космической погоды и полеты воздушных судов**

### **3.1 Радиосвязь при полетах воздушных судов**

Надежная связь - важнейший фактор для безопасности при осуществлении полетов воздушных судов. Космическая погода может создавать проблемы для связи, оказывая влияние на ионосферу. Ионосфера определяет качество коротковолновой связи для авиации. Волны коротковолнового диапазона с низкими частотами отражаются от ионосферы назад к Земле и могут обеспечить дальнюю связь. Волны коротковолнового диапазона с высокими частотами, обеспечивая связь со спутниками и проходя через ионосферу, могут потерять частотную и амплитудную стабильности.

Необходимо учитывать вариации солнечной активности, чтобы обеспечить оптимальную связь в любой момент времени, при этом следует

отдельно рассматривать коротковолновую связь на низких и средних широтах, связь на высоких широтах и в полярных областях, и связь со спутниками на низких и средних широтах, на высоких широтах и в полярных областях.

Короткие волны при связи на низких и средних широтах используются во время трансокеанских полетов, в которых связь на ультракоротких волнах, осуществляемая в пределах видимости, невозможна. Короткие волны позволяют осуществлять связь в режиме отражения Земля-ионосфера, преодолевая при этом кривизну поверхности Земли. Связь на дневной стороне может быть потеряна из-за солнечных вспышек, рентгеновское излучение которых быстро изменяют электронную плотность в низких слоях ионосферы, вызывая затухание связи, шум или полное прекращение связи (блэкаут). Обычно – это короткоживущие возмущения, от десятков минут до нескольких часов.

Коротковолновая связь на высоких широтах, особенно в полярных районах, может нарушаться в течение более длительного периода времени, иногда в течение нескольких дней, из-за плохой космической погоды. Высокие широты и полярная ионосфера - открытая область для проникновения энергичных протонов, которые изменяют ионизацию, создают большой градиент ионизации, приводящий к преломлению коротких волн, а также увеличивают локальное поглощение волн. Почти вертикальные силовые линии магнитного поля в этих областях позволяют частицам достичь малых высот. Солнечные радиационные бури, а с дневной стороны солнечные фотоны, служат сильным источником ионизации.

Коротковолновая связь - основная связь для широт выше  $82^\circ$ . Здесь ультракороткая связь для авиации затруднена из-за отсутствия технической возможности, а спутниковая связь часто невозможна. Нормальная спутниковая связь функционирует посредством спутников на экваториальных орбитах, но связь с такими спутниками в высоких широтах не возможна из-за экранировки лимбом Земли. Коммуникационные спутники с полярными орбитами жизненно необходимы для связи во время полярных перелетов.

Полярные коммуникационные спутники связи также подвержены воздействию тех же факторов космической погоды. Спутниковый сигнал, проходящий через ионосферу, является распространенным средством связи для больших регионов. Для спутниковой связи используются частоты достаточно высокие, чтобы ионосфера была прозрачной (выше нескольких ГГц). Однако турбулентности и неоднородности ионосферы вызывают эффекты сцинтилляции - мерцание как амплитуды, так и фазы переданного сигнала. Сцинтилляции могут приводить к потере захвата и невозможности для приемника следить за радиоволной, частота которой сдвинута из-за эффекта Доплера.

В экваториальных областях, примерно в полосе  $10^{\circ}$  к северу и югу от экватора, сильные сцинтилляции приводят к ослаблению сигнала спутниковой связи и блэкауту в период от захода Солнца до полночи по местному времени. Эти сцинтилляции становятся сильнее в годы максимума солнечного цикла и имеют сезонную зависимость.

На средних широтах спутниковая связь может иметь осложнения во время очень сильных штормов (внезапного ионосферного возмущения - ВИВ) космической погоды, как это было в октябре-ноябре 2003 года. Ослабление или потеря сигнала спутниковой связи отмечалось различными операторами, и наземные GPS-приемники регистрировали сложности в приеме трансionoсферных ультракоротковолновых сигналов даже на обычно надежных для связи средних широтах.

На спутниковую связь на высоких широтах и в полярных районах также влияют сцинтилляции в ионосфере. Но в отличие от амплитудных сцинтилляций на экваторе, в этих районах преобладают фазовые сцинтилляции. Фазовые нерегулярности вызывают такие эффекты, как потеря захвата и угасание сигналов в приемниках. Они наиболее значительны во время сильных геомагнитных и ионосферных возмущений. Фазовые сцинтилляции очень низкого уровня происходят практически всегда и не являются значительным препятствием для спутниковой связи.

### 3.2 Средства навигации для полетов воздушных судов

Недавнее преобладание наземных средств навигации (радары) изменилось в пользу спутниковых средств. Распространение систем типа GPS и создание Глобальной Навигационной Спутниковой Системы (GNSS, Global Navigation Satellite System) дало возможность для авиации использовать навигационные системы с отличным охватом и высокой надежностью для потребителей. В будущем с развитием других спутниковых систем, таких как Galileo, GLONASS, Compass, QZSS и других, можно будет использовать сигналы от всех спутников, которые будут взаимодействовать без помех друг для друга.

Возмущения космической погоды отрицательно влияют на GPS - навигацию тремя способами: они увеличивает ошибку рассчитанного местоположения, вызывают потерю захвата для приемников и приводят к возмущению сигнала шумами солнечного радиоизлучения.

Ошибка местоположения увеличивается во время ионосферных возмущений. Имеют место увеличения и уменьшения общей концентрации электронов, которые не описываются коррекционными моделями для единственной частоты. Эти пятна в электронной концентрации уменьшают или увеличивают скорость сигнала и приводят к увеличению или уменьшению определяемого расстояния по сравнению с реальным расстоянием иногда на десятки метров.

Потеря захвата для приемников в присутствии сильных сцинтилляций делает получение и непрерывное отслеживание сигнала невозможным. Сильные сцинтилляции, как уже отмечалось ранее, могут происходить повсюду на Земле, но они особенно велики во время возмущений космической погоды. Низкие частоты наиболее подвержены потере захвата, так как величина сцинтилляций увеличивается с уменьшением частоты. Амплитудные сцинтилляции являются обычными для экваториальных районов, а фазовые - для полярных районов.

Солнечные вспышки генерируют радиоизлучение на частотах систем GNSS. При достаточно слабых GPS сигналах оно может подавить GPS сигнал, если будет иметь соответствующую поляризацию. Один такой случай произошел в декабре 2006 года.

Солнце излучает достаточно сильно на GPS частотах 1575 МГц и 1227 МГц во время вспышек, и всплески имеют круговую поляризацию, такую же как GPS сигналы. Во время сильной вспышки отмечался всплеск, который вызвал потерю захвата для многих приемников на дневной стороне в течение 10 минут.

### 3.3 Радиационная опасность для экипажей и пассажиров

Признано, что экипаж и пассажиры воздушного судна во время солнечных вспышек могут получить опасную для здоровья дозу радиационного облучения, а навигация и связь самолетов испытывать значительные затруднения. Во время сильных солнечных вспышек самолеты, трассы которых проходят над полярными регионами (рисунок 7), подвергаются воздействию высоких уровней радиации, что может привести к нежелательным последствиям как для экипажа (многократно попадающего в эту зону), так и для пассажиров, нормативы разового облучения для которых могут быть превышены в случае экстремальных событий.

Осуществление трансполярных перелетов ставит вопрос об их радиационной безопасности.

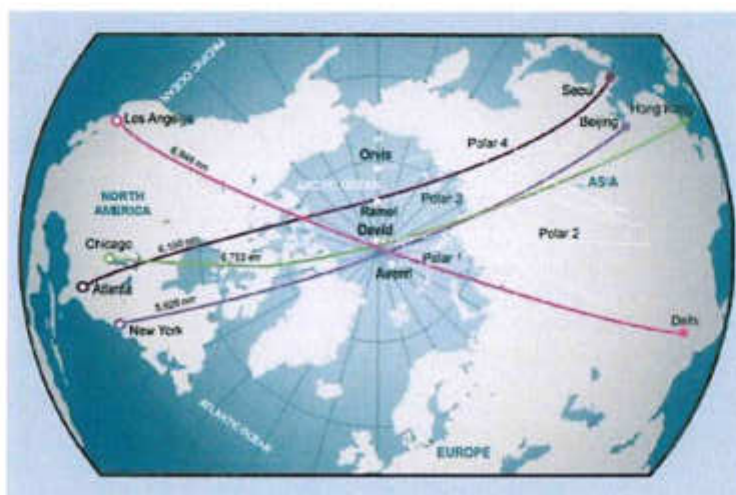


Рисунок 7. Типичные трансполярные трассы



Измерения на самолетах, летящих в высоких широтах, показали реальное увеличение мощности радиационных доз во время солнечных радиационных штормов.

Следует отметить, что во время сильных магнитных возмущений опасность радиационного облучения может быть велика не только для трасс в высоких, но и в умеренных широтах.

В 2010-е годы в Германии, Франции, Японии, США был разработан ряд методик и соответствующих комплексов программ для расчета радиационных доз, получаемых пассажирами и экипажем во время авиаперелета. Все комплексы требуют мониторинга космической погоды и регулярного и оперативного обновления исходных данных. На рисунке 8 показан пример расчета эффективной мощности дозы по программе NAIRAS (США) для 12 февраля 2014 года.

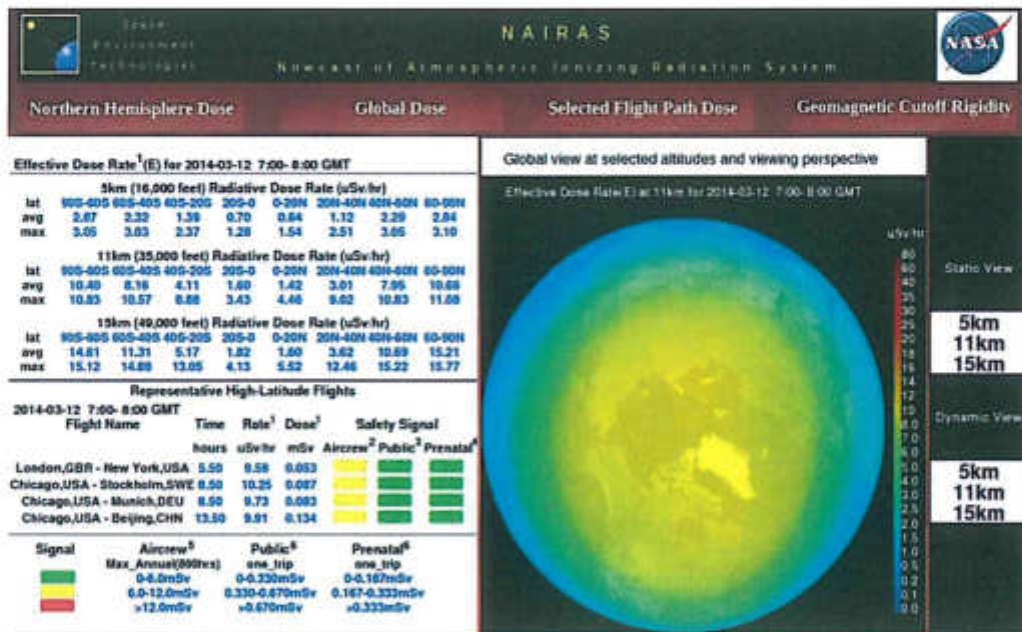


Рисунок 8. Расчет эффективной мощности дозы по программе NAIRAS

В последние годы подобная методика была создана и в России (ФГБУ «ИПГ»).

Международным органом, вырабатывающим рекомендации и руководства по радиационной защите, является Международная комиссия по радиологической защите (International Commission on Radiological Protection -

ICRP). Хотя ICRP не имеет полномочий для того, чтобы их оценки имели обязательный характер, в большинстве стран придерживаются этих рекомендаций. В таблице 4 приведены предельные дозы, установленные ICRP.

Таблица 4. Предельные эффективные дозы ICRP 103

Категории	Эффективные дозы
<b>Профессиональные</b>	<p>Стохастические: 20 мЗв /год, средние за 5 лет, 50 мЗв за один год 100 мЗв за 5 лет</p> <p>Детерминированные: 150 мЗв – хрусталики глаз 500 мЗв – кожа 1 см<sup>2</sup>, 500 мЗв – руки и ноги</p>
<b>Общие</b>	<p>Стохастические: 1 мЗв /год, 1 мЗв /год в среднем за 5 лет</p> <p>Детерминированные: 150 мЗв – хрусталики глаз, 50 мЗв – кожа 1 см<sup>2</sup></p>
<b>Для беременного персонала</b>	1 мЗв на эмбрион/плод
<b>Медицинские услуги</b>	5 мЗв за эпизод 20 мЗв/год максимально применимое

### 3.3.1 Радиационные эффекты в авионике

Электронные компоненты систем авионики восприимчивы к повреждениям от ионизации, вызываемой космическими лучами, солнечными космическими лучами и вторичными частицами, генерированными в атмосфере. Если эти компоненты становятся заметно меньше и потому более чувствительными, то риск повреждений растет.

Увеличение радиации может приводить электронные системы к сбоям команд. Слабые ошибки называют Сбоями Отдельного События (Single Event Upsets, SEU). Иногда отдельная частица повреждает более одного бита, приводя к Множественным Битовым Сбоям (Multiple Bit Upsets, MBU). Определенные устройства могут быть приведены в состояние протекания большого тока, что приводит к выгоранию и аппаратным поломкам. На эти все

взаимодействия отдельных частиц ссылаются как на Эффекты Единичного События (Single Event Effects, SEE).

Данные со спутников свидетельствуют о том, что чипы оперативной памяти имели скорости сбоев от одного за день в спокойные периоды и до нескольких сотен в день в период солнечных радиационных штормов.

Исследования показали, что современная оперативная память в 100 Мб в ноутбуках испытывала сбои во время авиаперелетов каждые два часа на высоте в 12000 м или 1 сбой в минуту для памяти в 1Гб во время радиационного шторма 29 сентября 1989 года.

#### **4. Мониторинг космической погоды в интересах авиационных пользователей**

Ниже приведен перечень данных мониторинга космической погоды, необходимых для оценки ситуации в интересах авиационных пользователей:

- данные с геостационарного ИСЗ о потоках частиц, рентгеновского излучения Солнца, характеристиках активных областей на Солнце, выбросах корональной массы;
- данные с геостационарного и полярного ИСЗ о потоках частиц в полярной зоне и радиационных поясах Земли;
- поглощение в D-области ионосферы;
- поглощение в полярной шапке;
- характеристики магнитного поля на поверхности Земли;
- данные сети нейтронных мониторов;
- ионограммы с мировой сети станций;
- индексы солнечной и геомагнитной активности.

Приведенный список считается минимальным набором наблюдаемых данных, требуемых для мониторинга космической погоды в интересах авионавигации. Все данные должны поступать в реальном или квазиреальном (с минутными задержками) времени.

#### 4.1 Обеспечение авиационных пользователей информацией о космической погоде

##### 4.1.1 Пороговые значения характеристик возмущений космической погоды

Пороговые значения, предложенные ИКАО для различных видов возмущений космической погоды, влияющих на авиацию, в отношении которых выпускаются консультативные сообщения, приведенные в таблице 5.

Таблица 5. Пороговые значения для выпуска консультативных сообщений

		<i>Умеренное</i>	<i>Сильное</i>
<b><i>Навигация (GNSS)</i></b>			
	Амплитудные сцинтилляции (S4) (безразмерные)	0.5	0.8
	Фазовые сцинтилляции (Сигма-Фи) (радианы)	0.4	0.7
	Вертикальное ПЭС (единицы ПЭС)	125	175
<b><i>Радиационное облучение</i></b>			
	Мощность дозы (микро-Зиверт/в час)	30	80
<b><i>Связь (HF)</i></b>			
	Авроральное поглощение (Кр)	8	9
	РСА (дБ для 30 мегагерцовых данных риометров)	2	5
	Рентгеновское излучение 0.1-0.8 nm(W/m <sup>2</sup> )	10 <sup>-4</sup> (X1)	10 <sup>-3</sup> (X10)
	Уменьшение максимально применимой частоты (MUF) после ионосферного возмущения	30%	50%

#### 4.1.2 Получатели информации для принятия решений по минимизации возможного ущерба от возмущений космической погоды

Примерное содержание информации и получатели, которые могут принимать решения для минимизации возможного ущерба от возмущений космической погоды (Концепция операций по предоставлению информации о космической погоде в поддержку международной авионавигации (ИКАО, декабрь 2012), приведены в таблице 6.

Таблица 6. Авиационные пользователи, получатели информации

<i>Принятие решений</i>	<i>Авиакомпании</i>			<i>Пилоты</i>						<i>Органы РДЦ, ЦПИ</i>	
	Выбор маршрута/высоты	Принятие решения об изменении плана полета	Изменение высоты и маршрута в полете	Выбор маршрута / высоты	Принятие решения об изменении плана полета	Изменение высоты и маршрута в полете	Опасные возмущения космической	Подготовка к выполнению захода на посадку	Решение о посадке	Согласование маршрута	Выбор высоты и маршрута
Решения →  ↓ Тип информации											
Потеря ВЧ связи	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Нарушение УКВ связи				x	x	x	x	x	x		
Нарушение ВЧ-связи						x	x				

Нарушение спутниковой связи	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Вариации радиационной обстановки	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Точность GNSS	x			x	x	x	x	x	x	x	x

## **5. Информация о космической погоде для авиационных пользователей**

**5.1** Информация о возмущениях космической погоды предоставляется авиационным пользователям в целях принятия решений по минимизации возможного ущерба при возникновении экстремальных возмущений космической погоды (смена диапазона радиочастот, уточнение координат, смена высоты полета или незапланированная посадка).

**5.2** Сбор, обработка, анализ и подготовка информации о состоянии космической погоды для обеспечения полетов воздушных судов осуществляется назначенными Международной организацией гражданской авиацией (ИКАО) глобальными и региональными центрами космической погоды.

Примечание. Центр космической погоды (SWXC) - центр, предназначенный отслеживать и предоставлять консультативную информацию о возмущениях космической погоды, которая, как ожидается, может негативно повлиять на высокочастотную радиосвязь, спутниковую связь, системы навигации и наблюдения, основанные на GNSS, и/или представлять радиационный риск для людей, находящихся на борту воздушных судов. Центру космической погоды придается статус глобального и/или регионального.

**5.3** Информация о космической погоде выпускается центрами космической погоды в виде консультативных сообщений. Взаимодействие по выпуску, распространению и предоставлению консультативных сообщений осуществляется между центрами космической погоды, метеорологическими органами и авиационными пользователями.

**5.4** Оперативное сопровождение и прогноз возмущений космической погоды может осуществляться различными центрами космической погоды в зависимости от масштаба явления. Глобальные возмущения (солнечные вспышки, появление потоков протонов в ОКП, выбросы корональной массы) контролируются глобальным центром со своим космическим сегментом мониторинга космической погоды, в то время как региональные возмущения (магнитные бури, ионосферные возмущения) различны для полярных, экваториальных и среднеширотных областей и зависят от местного времени. Эти возмущения контролируются региональными центрами.

## **6. Консультативные сообщения о космической погоде**

**6.1** Консультативные сообщения о космической погоде выпускаются открытым текстом с использованием утвержденных ИКАО сокращений и цифровых значений, не требующих разъяснений в соответствии с образцом, представленным в пункте 8.1 данного Временного инструктивного материала. При отсутствии утвержденных ИКАО сокращений используется максимально сжатый открытый текст на английском языке.

**6.2** В консультативные сообщения о космической погоде включается один или несколько следующих видов воздействия космической погоды с использованием соответствующих им сокращений, указанных в таблице 7.

Таблица 7.

HF COM	HF communications ( <i>propagation, absorption</i> )	Высокочастотная (ВЧ/ HF, high-frequency) связь ( <i>распространение, поглощение</i> )
SATCOM	Satellite Communication ( <i>propagation, absorption</i> )	Спутниковая связь ( <i>распространение, поглощение</i> )
GNSS	GNSS-based navigation and surveillance ( <i>degradation</i> )	Навигация и наблюдение, основанные на глобальной спутниковой навигационной системе (GNSS, Global Navigation Satellite Systems) ( <i>ухудшение характеристик</i> )
RADIATION	Radiation at flight levels ( <i>increased exposure</i> )	Радиация на эшелонах полета ( <i>повышенный уровень воздействия</i> )

Примечание – Правила ИКАО/ВМО по предоставлению информации SATCOM находятся в разработке.

**6.3** Передаваемая в консультативном сообщении информация включает данные наблюдений для оперативной оценки ситуации и прогностическую информацию. Сообщение содержит информацию о превышении пороговых значений, указанных в п. 4.1.1 Временного инструктивного материала, по каждому типу возмущений, пространственное распределение возмущений и оценку времени воздействия.

**6.4** Обновленные консультативные сообщения с информацией о возмущении космической погоды выпускаются центрами космической погоды по мере необходимости, но как минимум каждые шесть часов до тех пор, пока возмущение космической погоды более не наблюдается и/или не ожидается, что оно будет оказывать влияние.



## **7. Распространение консультативных сообщений о космической погоде**

**7.1** Центры космической погоды, включая центр космической погоды Российской Федерации на базе ФГБУ «Институт прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова» (сокращенно – ФГБУ «ИПГ», IAG ROSHYDROMET) выпускают консультативные сообщения (SWX ADVISORY) о возмущениях космической погоды.

**7.2** При получении консультативных сообщений о космической погоде отдел АСПД ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» передает их в филиалы ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета», ФГБУ «ГАМЦ Росгидромета» и ФГБУ УГМС для распространения в авиационные метеорологические подразделения, ответственные за формирование полетной документации и взаимодействие с органами ЕС ОрВД, а также на FTP-сервер <ftp://meteoresource.metavia.ru/> «Метеоресурс».

**7.3** Авиационные метеорологические подразделения включают, при необходимости, консультативные сообщения о космической погоде в том виде, в каком они были получены, в полетную документацию, предоставляют органам ЕС ОрВД (районным диспетчерским центрам, центрам полетной информации) и, по запросу, другим заинтересованным авиационным пользователям.

Примечание. Информация о космической погоде, включаемая в полетную документацию, относится ко всему маршруту полета.

**7.4** Консультативные сообщения о космической погоде могут содержать реальную (при наличии условий) или, при осуществлении мониторинга, нереальную (условно моделированную) информацию об умеренном (MOD) или сильном (SEV) влиянии космической погоды.

**7.5** При распространении тестовых консультативных сообщений в целях проверки их прохождения по каналам связи SWX ADVISORY отмечаются как «TEST».

7.6 При распространении условно моделированной информации SWX ADVISORY отмечаются как «EXER».

7.7 Авиационные пользователи должны быть заранее (не позднее чем за сутки) проинформированы представителями ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» и ФГБУ «ИПГ» о проведении мониторинга информации о космической погоде или учений по выпуску, распространению и предоставлению информации о космической погоде.

## 8. Требования к содержанию консультативных сообщений о космической погоде

### 8.1 Формат консультативных сообщений о космической погоде

Консультативные сообщения о космической погоде выпускаются в соответствии с форматами образца, приведенного в таблице 8.

Таблица 8. Образцы консультативного сообщения о космической погоде

*M* = включение обязательное

*C* = включение условное

Элемент		Подробное содержание	Формат(ы)	Примеры
1.	Идентификация типа сообщения (M)	Тип сообщения	SWX ADVISORY	SWX ADVISORY
2.	Указатель статуса сообщения (C)	Индекс тестового или учебного сообщения	STATUS: TEST или EXER  СТАТУС: ТЕСТ или УЧЕНИЕ	STATUS: TEST STATUS: EXER
3.	Время составления (M)	Год, месяц, день, время в UTC	DTG: nnnnnnnn/nnnnZ	DTG: 20181130/1528Z
4.	Название SWXC (M)	Название центра, выпустившего сообщение	SWXC: nnnnnnnnnnnn	SWXC: DONLON <sup>1</sup>  SWXC: IAG ROSHYDROMET
5.	Номер сообщения (M)	Номер	ADVISORY NR: nnnn/[n][n][n]	ADVISORY NR: 2018/2

		консультативного сообщения: год полностью и номер сообщения, начиная с 00:00 UTC каждого года	<b>КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ НОМЕР</b>	
6	Номер замещающего сообщения (С)	Номер замещающего сообщения о возмущении космической погоды	NR RPLC: nnnn/[n][n][n]n	NR RPLC: 2018/1
7.	Тип возмущения космической погоды и его интенсивность (М)	Сфера воздействия возмущения космической погоды и интенсивность	SWX EFFECT: HF COM MOD <i>или</i> SEV, <i>или</i> GNSS MOD <i>или</i> SEV, <i>или</i> HF COM MOD <i>или</i> SEV AND GNSS MOD <i>или</i> SEV, <i>или</i> RADIATION MOD <i>или</i> SEV	SWX EFFECT: HF COM MOD  SWX EFFECT: GNSS SEV  SWX EFFECT: HF COM MOD AND GNSS MOD  SWX EFFECT: RADIATION MOD
8. <sup>2,3</sup>	Наблюдаемая или ожидаемая протяженность явления космической погоды (М)	День, время в UTC. Наблюдаемое возмущение (или прогнозируемое, если возмущение еще отсутствует); горизонтальная протяженность области воздействия возмущения космической погоды <sup>2,3</sup> (широтные полосы и долгота в градусах) и/или абсолютная высота	<b>OBS</b> <i>или</i> <b>FCST</b> <b>SWX: nn/nnnnZ</b> <b>DAYLIGHT SIDE</b>  или HNH и/или MNH и/или EQN и/или EQS и/или MSH и/или HSH и	OBS SWX: 08/0100Z DAYLIGHT SIDE  FCST SWX: 08/0100Z HNH HSH W18000 – W09000 ABV FL350  OBS SWX: 08/0100Z HNH HSH E18000 - W18000

			<p>Wnnn(nn) или Ennn(nn) – Wnnn(nn) или Ennn(nn) и/или ABV FLnnn</p> <p>или FLnnn–nnn или Nnn[nn] или Snn[nn] Wnnn[nn] или Ennn[nn] – Nnn[nn] или Snn[nn] Wnnn[nn] или Ennn[nn] – Nnn[nn] или Snn[nn] Wnnn[nn] или Ennn[nn] – [Nnn[nn] или Snn[nn] Wnnn[nn] или Ennn[nn] – Nnn[nn] или Snn[nn] Wnnn[nn] или Ennn[nn]] или NO SWX EXP</p>	
9.	Прогноз явления на следующие 6 ч. (M)	<p>День, время в UTC (6 ч со времени, указанного в п. 8, округленного до следующего часа). Прогнозируемая протяженность и/или абсолютная высота области воздействия возмущения космической погоды на фиксированный срок действия</p>	<p><b>FCST SWX +6 HR:</b> nn/nnnnZ DAYLIGHT SIDE или HNH и/или MNH и/или EQN и/или EQS и/или MSH и/или HSH и Wnnn(nn) или Ennn(nn) – Wnnn(nn) или Ennn(nn) и/или ABV FLnnn</p>	<p>FCST SWX +6 HR: 08/0700Z DAYLIGHT SIDE</p> <p>FCST SWX +6 HR: 08/0700Z HNH HSH W18000 – W09000 ABV FL350</p> <p>FCST SWX +6 HR:08/0700Z HNH HSH W18000 – W09000 ABV FL350</p> <p>FCST SWX +6 HR:08/0700Z HNH HSH E18000 - W18000</p>

			<p><i>или</i> FLnnn–nnn <i>или</i> Nnn[nn] <i>или</i> Snn[nn] Wnnn[nn] <i>или</i> Ennn[nn] – Nnn[nn] <i>или</i> Snn[nn] Wnnn[nn] <i>или</i> Ennn[nn] – Nnn[nn] <i>или</i> Snn[nn] Wnnn[nn] <i>или</i> Ennn[nn] – [Nnn[nn] <i>или</i> Snn[nn] Wnnn[nn] <i>или</i> Ennn[nn] – Nnn[nn] <i>или</i> Snn[nn] Wnnn[nn] <i>или</i> Ennn[nn]]</p> <p><i>или</i> NO SWX EXP <i>или</i> NOT AVBL</p>	
10.	Прогноз явления на следующие 12 ч. (М)	<p>День, время в UTC (12 ч со времени начала явления, указанного в п. 8, округленного до следующего часа). Прогнозируемая протяженность и/или абсолютная высота области воздействия возмущения космической погоды на фиксированный срок действия</p>	<p><b>FCST SWX +12 HR:</b> nn/nnnnZ <b>DAYLIGHT SIDE</b></p> <p><i>или</i> HNN <i>и/или</i> MNH <i>и/или</i> EQN <i>и/или</i> EQS <i>и/или</i> MSH <i>и/или</i> HSH</p> <p><i>и</i> Wnnn(nn) <i>или</i> Ennn(nn) – Wnnn(nn) <i>или</i> Ennn(nn) <i>и/или</i> ABV FLnnn <i>или</i> FLnnn–nnn <i>или</i> Nnn[nn] <i>или</i> Snn[nn] Wnnn[nn] <i>или</i> Ennn[nn] – Nnn[nn] <i>или</i> Snn[nn] Wnnn[nn] <i>или</i> Ennn[nn] – Nnn[nn] <i>или</i> Snn[nn] Wnnn[nn] <i>или</i> Ennn[nn] – [Nnn[nn] <i>или</i> Snn[nn] Wnnn[nn] <i>или</i> Ennn[nn] –</p>	<p>FCST SWX +12 HR:08/1300Z DAYLIGHT SIDE</p> <p>FCST SWX +12 HR: 08/1300Z HNN HSH W18000 – W09000 ABV FL350</p> <p>FCST SWX +12 HR: 08/1300Z HNN HSH E18000 - W18000</p>

			<p>Nnn[nn] <i>или</i> Snn[nn]  Wnnn[nn] <i>или</i> Ennn[nn]]  <i>или</i>  NO SWX EXP  <i>или</i>  NOT AVBL</p>	
11.	<p>Прогноз явления на следующие 18ч. (М)</p>	<p>День, время в UTC (18 ч со времени начала явления, указанного в п. 8, округленного до следующего часа).  Прогнозируемая протяженность и/или абсолютная высота области воздействия возмущения космической погоды на фиксированный срок действия</p>	<p><b>FCST SWX +18 HR:</b>  nn/nnnnZ  DAYLIGHT SIDE  <i>или</i>  HNH  <i>и/или</i>  MNH  <i>и/или</i>  EQN  <i>и/или</i>  EQS  <i>и/или</i>  MSH  <i>и/или</i>  HSH  <i>и</i>  Wnnn(nn) <i>или</i>  Ennn(nn) –  Wnnn(nn) <i>или</i>  Ennn(nn) <i>и/или</i>  ABV FLnnn <i>или</i>  FLnnn–nnn <i>или</i>  Nnn[nn] <i>или</i> Snn[nn]  Wnnn[nn] <i>или</i></p>	<p>FCST SWX +18 HR: 08/1900Z  DAYLIGHT SIDE  FCST SWX +18 HR:  08/1900Z HNH HSH W18000 –  W09000 ABV FL350  FCST SWX +18 HR:  08/1900Z HNH  HSH E18000 - W18000</p>

			<p>Ennn[nn] – Nnn[nn] <i>или</i>  Snn[nn] Wnnn[nn] <i>или</i>  Ennn[nn] – Nnn[nn] <i>или</i>  Snn[nn] Wnnn[nn] <i>или</i>  Ennn[nn] – [Nnn[nn] <i>или</i>  Snn[nn] Wnnn[nn] <i>или</i>  Ennn[nn] – Nnn[nn] <i>или</i>  Snn[nn] Wnnn[nn] <i>или</i>  Ennn[nn]]</p> <p><i>или</i>  NO SWX EXP  <i>или</i>  NOT AVBL</p>	
12.	Прогноз явления на следующие 24ч. (M)	<p>День, время в UTC (24 ч со времени начала явления, указанного в п. 8, округленного до следующего часа).  Прогнозируемая протяженность и/или абсолютная высота области воздействия возмущений космической погоды на фиксированный срок действия</p>	<p><b>FCST SWX +24 HR:</b>  nn/nnnnZ  <b>DAYLIGHT SIDE</b></p> <p><i>или</i>  HNN  <i>и/или</i>  MNH  <i>и/или</i>  EQN  <i>и/или</i>  EQS  <i>и/или</i>  MSH  <i>и/или</i>  HSH</p> <p><i>и</i>  Wnnn(nn) <i>или</i>  Ennn(nn) –  Wnnn(nn) <i>или</i>  Ennn(nn) <i>и/или</i>  ABV FLnnn <i>или</i>  FLnnn–nnn <i>или</i>  Nnn[nn] <i>или</i> Snn[nn]  Wnnn[nn] <i>или</i> Ennn[nn] –  Nnn[nn]  <i>или</i> Snn[nn] Wnnn[nn]</p>	<p>FCST SWX +24 HR: 09/0100Z  DAYLIGHT SIDE</p> <p>FCST SWX +24 HR: 09/0100Z  HNN HSH W18000 – W09000  ABV FL350</p> <p>FCST SWX +24 HR: 09/0100Z  HNN HSH E18000 - W18000</p>

			или Ennn[nn] – Nnn[nn] или Snn[nn] Wnnn[nn] или Ennn[nn] – [Nnn[nn] или Snn[nn] Wnnn[nn] или Ennn[nn] – Nnn[nn] или Snn[nn] Wnnn[nn] или Ennn[nn]] или NO SWX EXP или NOT AVBL	
13. <sup>4</sup>	Примечания (М)	Примечания, при необходимости	<b>RMK:</b> Свободный текст до 256 знаков или NIL	RMK: SWX EVENT HAS CEASED RMK: <a href="http://WWW.SPACEWEATHERPROVIDER.GOV">WWW.SPACEWEATHERPROVIDER.GOV</a>  RMK: NIL
14.	Следующее сообщение (М)	Год, месяц, день и время в UTC	<b>NXT</b> <b>ADVISORY:</b> nnnnnnnn/nnnnZ или NO FURTHER ADVISORIES или WILL BE ISSUED BY nnnnnnnn/nnnnZ (если всё спокойно - то время следующего суточного сообщения)	<b>NXT</b> <b>ADVISORY:</b> 20161108/0700Z  <b>NXT</b> <b>ADVISORY:</b> NO FURTHER ADVISORIES

## Примечания:

1. Название условное.
2. В консультативную информацию о космической погоде включается один или несколько широтных диапазонов для GNSS и РАДИАЦИИ.
3. Возможные варианты приведены в таблице 9.
4. Возможные варианты текста приведены в таблице 10.





**FCST SWX + 6 HR:**      *20180918/0700Z DAYLIGHT SIDE*  
**FCST SWX + 12 HR:**    *20180918/1300Z DAYLIGHT SIDE*  
**FCST SWX + 18 HR:**    *20180918/1900Z DAYLIGHT SIDE*  
**FCST SWX + 24 HR:**    *NO SWX EXP*  
**RMK:**                    *HF COM DEGRADED AND/OR UNAVAILABLE ON*  
                               *SUNLIT ROUTES. NEXT 24 HOURS MOST*  
                               *POSSIBLE, DECLINING THEREAFTER SEE*  
                               *WWW.SPACEWEATHERPROVIDER.WEB*  
**NXT ADVISORY:**        *20180918/0700Z=*

Содержание:

Консультативное сообщение о космической погоде.

Составлено 18 сентября 2018 в 01:00 UTC

Центр космической погоды – ИПГ Росгидромета

Первое консультативное сообщение в 2018

Консультативное сообщение содержит информацию о сильном воздействии на ВЧ-связь

Наблюдалось сильное воздействие 18 сентября 2018 в 01:00 UTC на дневной стороне

Прогноз на срок + 6 ч: 18 сентября 2018 в 07:00 UTC на дневной стороне

Прогноз на срок +12: 18 сентября 2018 в 13:00 UTC на дневной стороне

Прогноз на срок +18 ч: 18 сентября 2018 в 19:00 UTC на дневной стороне

Прогноз на срок +24 ч: Воздействие не прогнозируется

Примечание: Ухудшение и/или полное пропадание радиосвязи на маршрутах полета на освещенной стороне Земли. В последующие 24 часа ожидается ослабление эффекта, в течение следующего периода времени смотрите сайт [WWW.SPACEWEATHERPROVIDER.WEB](http://WWW.SPACEWEATHERPROVIDER.WEB)

Следующее консультативное сообщение ожидается 18 сентября 2018 в 07:00 UTC

б) Пример консультативного сообщения о космической погоде –  
радиационная обстановка

***SWX ADVISORY***

***DTG: 20181205/1041Z***

***SWXC: IAG ROSHYDROMET***

***ADVISORY NR: 2018/17***

***SWX EFFECT: RADIATION SEV***

***OBS SWX: HNH E00000 – E36000 FL250-280***

***FCST SWX +6: NO SWX EXP***

***FCST SWX +12: NO SWX EXP***

***FCST SWX +18: NO SWX EXP***

***FCST SWX +24: NO SWX EXP***

***RMK: RADIATION LEVEL GROWS HNH E00000 – E36000  
AT FL300 BACKGROUND LEVELS EXCEEDED IN 3 TIMES HSH E00000 -  
E36000 AT FL330 BACKGROUND LEVELS EXCEEDED IN 3 TIMES HSH  
E00000 - E36000 AT FL360 BACKGROUND LEVELS EXCEEDED IN 2  
TIMES HSH E00000 - E36000 AT FL390 BACKGROUND LEVELS  
EXCEEDED IN 2 TIMES HSH E00000 - E36000 AT FL430 BACKGROUND  
LEVELS EXCEEDED IN 2 TIMES HSH E00000 - E36000 AT FL470  
BACKGROUND LEVELS EXCEEDED IN 2 TIMES HSH E00000 - E36000 AT  
FL490 BACKGROUND***

***NXT ADVISORY: NO FURTHER ADVISORIES=***

Содержание:

Консультативное сообщение о космической погоде

Составлено 05 декабря 2018 в 10:41 UTC

Центр космической погоды – ИПГ Росгидромета

Семнадцатое консультативное сообщение в 2018

Консультативное сообщение о сильном возмущении радиационной обстановки

Наблюдалось в высоких широтах северного полушария в пределах 000 – 360 градусов в.д. на эшелонах полета FL250-280.

Прогноз на срок + 6 ч: Не прогнозируется

Прогноз на срок +12 ч: Не прогнозируется

Прогноз на срок +18 ч: Не прогнозируется

Прогноз на срок +24 ч: Не прогнозируется

Примечание: Уровень радиации возрастает в зоне высоких широт северного полушария в пределах 000 – 360 градусов в.д. для эшелона полета FL300

Фоновый уровень превзойден в 3 раза в зоне высоких широт северного полушария в пределах 000 – 360 градусов в.д. для эшелона полета FL330

Фоновый уровень превышен в 3 раза в зоне высоких широт северного полушария в пределах 000 – 360 градусов в.д. для эшелона полета FL360

Фоновый уровень превышен в 2 раза в зоне высоких широт северного полушария в пределах 000 – 360 градусов в.д. для эшелона полета FL390

Фоновый уровень превышен в два раза в зоне высоких широт северного полушария в пределах 000 – 360 градусов в.д. для эшелона полета FL430

Фоновый уровень превышен в два раза в зоне высоких широт северного полушария в пределах 000 – 360 градусов в.д. для эшелона полета FL470

Фоновый уровень превышен в два раза в зоне высоких широт северного полушария в пределах 000 – 360 градусов в.д. для эшелона полета FL490

Следующее консультативное сообщение не ожидается

в) Пример тестового консультативного сообщения о космической погоде  
– GNSS (навигация, основанная на GNSS)

<i>SWX ADVISORY</i>	<i>SWX ADVISORY</i>
<i>STATUS</i>	<i>TEST</i>
<i>DTG:</i>	<i>20180918/0100Z</i>
<i>SWXC:</i>	<i>IAG ROSHYDROMET</i>
<i>ADVISORY NR:</i>	<i>2018/1</i>
<i>SWX EFFECT:</i>	<i>GNSS SEV</i>
<i>OBS SWX:</i>	<i>20180918/0100Z MNH E04500 - E06000</i>
<i>FCST SWX +6 HR:</i>	<i>20180918/0700Z MNH E04500 - E06000</i>
<i>FCST SWX +12 HR:</i>	<i>20180918/1300Z MNH E04500 - E06000</i>
<i>FCST SWX +18 HR:</i>	<i>NO SWX EXP</i>
<i>FCST SWX +24 HR:</i>	<i>NO SWX EXP</i>
<i>RMK:</i>	<i>IONOSPHERIC STORM IS CAUSING LOSS-OF- LOCK OF GNSS IN THE MIDDLE LATITUDES OF THE NORTHERN HEMISPHERE.</i>
	<i>SEE WWW.SPACEWEATHERPROVIDER.WEB</i>
<i>NXT ADVISORY:</i>	<i>NO FURTHER ADVISORIES=</i>

Содержание:

Консультативное сообщение о космической погоде

Тестовое

Составлено 18 сентября 2018 в 01:00 UTC

Центр космической погоды – ИПГ Росгидромета

Первое консультативное сообщение в 2018

Консультативное сообщение содержит информацию о сильном воздействии на точность навигации, основанной на GNSS

Наблюдалось сильное воздействие 18 сентября 2018 в 01:00 UTC в средних широтах северного полушария в пределах 45 градусов в. д. - 60 градусов в. д.

Прогноз на срок+ 6 ч: 18 сентября 2018 в 07:00 UTC в зоне средних широт северного полушария в пределах 45 градусов в. д. - 60 градусов в. д. возмущение сохраняется

Прогноз на срок+12 ч: 18 сентября 2018 в 13:00 UTC в зоне средних широт северного полушария в пределах 45 градусов в. д. - 60 градусов в. д. возмущение сохраняется

Прогноз на срок +18 ч: Не прогнозируется

Прогноз на срок +24 ч: Не прогнозируется

Примечание: Ионосферная буря вызвала потерю захвата сигналов с GNSS в зоне средних широт северного полушария.

Смотрите сайт [WWW.SPACEWEATHERPROVIDER.WEB](http://WWW.SPACEWEATHERPROVIDER.WEB)

Следующее консультативное сообщение не ожидается

г) Пример учебного консультативного сообщения о космической погоде  
–умеренное возмущение радиационной обстановки

**SWX ADVISORY**      **SWX ADVISORY**  
**STATUS**              **EXER**  
**DTG:**                  **20180919/0300Z**  
**SWXC:**                **IAG ROSHYDROMET**  
**ADVISORY NR:**      **2018/2**  
**NR RPLC:**            **2018/1**  
**SWX EFFECT:**      **RADIATION MOD**  
**FCST SWX:**         **20180919/0300Z HNH HSH E18000 - W18000 ABV**  
                                 **FL370**  
**FCST SWX + 6 HR:**   **20180919/0900Z HNH HSH E18000 - W18000 ABV**  
                                 **FL370**  
**FCST SWX + 12 HR:** **20180919/1500Z HNH HSH E18000 - W18000 ABV**  
                                 **FL370**  
**FCST SWX + 18 HR:** **NO SWX EXP**  
**FCST SWX + 24 HR:** **NO SWX EXP**  
**RMK:**                 **RADIATION AT AIRCRAFT ALTITUDES ELEVATED**  
                                 **BY SMALL ENHANCEMENT JUST ABOVE**  
                                 **PRESCRIBED THRESHHOLD. DURATION TO BE**  
                                 **SHORT-LIVED.**  
                                 **SEE WWW.SPACEWEATHERPROVIDER.COM.**  
**NXT ADVISORY:**      **NO FURTHER ADVISORIES=**

Содержание:

Консультативное сообщение о космической погоде.

Учебное.

Составлено 19 сентября 2018 в 03:00 UTC

Центр космической погоды – ИПГ Росгидромета

Второе консультативное сообщение в 2018

Взамен первого в 2018 консультативного сообщения

Консультативное сообщение об умеренном возмущении радиационной обстановки

Прогнозируется 19 сентября 2018 в 03:00 UTC в высоких широтах северного и южного полушарий в пределах 180 градусов в.д.-180 градусов з.д. выше эшелона полета FL370

Прогноз на срок + 6 ч: 19 сентября 2018 в 09:00 UTC в высоких широтах северного и южного полушарий в пределах 180 градусов в.д.-180 градусов з.д. выше эшелона полетов FL370

Прогноз на срок +12 ч: 19 сентября 2018 в 15:00 UTC в высоких широтах северного и южного полушарий в пределах 180 градусов в.д.-180 градусов з.д. выше эшелона полетов FL370

Прогноз на срок +18 ч: Не прогнозируется

Прогноз на срок +24 ч: Не прогнозируется

Примечание: Возрастание радиации на высотах полетов самолетов носит кратковременный характер и лишь немного превышает установленный пороговый уровень. Смотрите сайт [WWW.SPACEWEATHERPROVIDER.COM](http://WWW.SPACEWEATHERPROVIDER.COM)

Следующее консультативное сообщение не ожидается

### **9. Пространственные диапазоны и дискретность величин для консультативных сообщений о космической погоде**

Пространственные диапазоны и дискретность величин для консультативных сообщений о космической погоде приведены в таблице 11.

Таблица 11.

<i>Элемент</i>	<i>Диапазон</i>	<i>Дискретность (градусы)</i>
Долгота (указывается по часовой стрелке) для консультативных сообщений: (градусы)	000–180	15
Широта (указывается с севера на юг) для консультативных сообщений: (градусы)	00–90	10



Широтные полосы для консультативных сообщений:	Высокие широты северного полушария (HNH)	N9000– N6000	30
	Средние широты северного полушария (MNH)	N6000– N3000	
	Экваториальные широты северного полушария (EQN)	N3000– N0000	
	Экваториальные широты южного полушария (EQS)	S0000–S3000	
	Средние широты южного полушария (MSH)	S3000–S6000	
	Высокие широты южного полушария (HSH)	S6000–S9000	

### Сокращения

#### 1. Термины и сокращения, используемые на русском и английском языках

ADVISORY	Advisory	Консультативное сообщение
АО (AR)	Активная область	Active region
ВИБ (SID)	Внезапное ионосферное возмущение	Sudden-ionospheric disturbance
ВМО (WMO)	Всемирная метеорологическая организация	World Meteorological Organization
ГКЛ (GCR)	Галактические космические лучи	Galactic Cosmic Rays
ГЛОНАСС (GLONASS)	Глобальная навигационная спутниковая система (Российской Федерации)	Global Navigation Satellite System
ИКАО (ICAO)	Международная организация гражданской авиации	International Civil Aviation Organization
ИСЗ (SAT)	Искусственный спутник Земли	Artificial satellite

КА (SK)	Космический аппарат	Spacecraft
КВМ(СМЕ)	Выброс корональной массы	Coronal mass ejections
ММП (IMP)	Межпланетное магнитное поле	Interplanetary magnetic field
ОКП (NSP)	Околоземное космическое пространство	Nearspace
ППШ(РСА)	Поглощение в полярной шапке	Polar cap absorption
ПЭС (TEC)	Полное электронное содержание	Total electron content
РПЗ (VARB)	Радиационный пояс Земли	Van Allen radiation belt
СПС (SPE)	Солнечное протонное событие	Solar proton event
СА (SA)	Солнечная активность	Solar activity
СКЛ(SCR)	Солнечные космические лучи	Solar cosmic ray
Электро-Л (GOMS)	Геостационарный метеорологический КА Российской Федерации	Geostationary Operational Meteorological Satellite

## 2. Используемые сокращения на английском языке

DAYLIGHT SIDE	DAYLIGHT SIDE	Освещенная дневная сторона
EQN	Equatorial latitudes of the northern hemisphere	Экваториальные широты северного полушария
EQS	Equatorial latitudes of the southern hemisphere	Экваториальные широты южного полушария
ESA	European Space Agency	Европейское космическое агентство
GNSS	Global Navigation Satellite System	Глобальная система спутниковой навигации

GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite	Метеорологический геостационарный КА США
GPS	Global Positioning System	Спутниковая навигация США
HNH	High latitudes of the northern hemisphere	Высокие широты северного полушария
HSH	High latitudes of the southern hemisphere	Высокие широты южного полушария
ICRP	International Commission on Radiological Protection	Международная комиссия по радиологической защите
ISES	International Space Environment Service	Международная служба окружающей космической среды
MNH	Middle latitudes of the northern hemisphere	Средние широты северного полушария
MSH	Middle latitudes of the southern hemisphere	Средние широты южного полушария
MOD	Moderate	Умеренное (возмущение)
MUF	Maximum usable frequency	Максимально применимая частота радиосвязи
NASA	National Aeronautics and Space Administration	Национальное управление по воздухоплаванию и исследованию космического пространства США
NMDB	Neutron Monitor Data Base	База данных нейтронных мониторов с высоким разрешением

NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	Национальное управление океанических и атмосферных исследований США
NO SWX EXP	NO SWX EXP	Возмущение закончилось
NOT AVBL	NOT AVBL	Не доступно
SEV	Severe	Сильное (возмущение)
SWX	Space weather	Космическая погода
SWXC	Space weather centre	Центр космической погоды

### 3. Используемые единицы измерений

AA, Ap, Dst, Kp	Индексы геомагнитной активности
Зв (мЗв, мкЗв) Sv (mSv, Sv)	Зиверт (миллизиверт, микрозиверт), Sievert (millisievert microsievert) - единица измерения эффективной и эквивалентной доз ионизирующего излучения
МэВ	Миллион электронвольт, единица измерения энергии
nТл(nT)	Нанотесла Nanotesla - единица напряжённости магнитного поля, равная $10^{-9}$ тесла или $10^{-5}$ гаусса
Эрг (Erg)	Единица работы и энергии в системе единиц СГС (сокращение от слов сантиметр-грамм-секунда, система СГС широко используется в физике)
Эрстед (Oersted)	Единица измерения напряжённости магнитного поля в системе СГС (сантиметр-грамм-секунда)



