



# Методы и средства наблюдений за космической погодой и ее влияние на полеты воздушных судов

Соколова А.П., Волобуева О.В.

Российский Государственный Гидрометеорологический Университет

**Аннотация.** Целью данной работы является анализ методов и средств прогноза космической погоды и оценивается ее прикладная ценность для авиационной метеорологии. Рассматриваются механизмы появления опасных гелиогеофизических явлений, их влияние на полеты воздушных судов. Особое внимание уделено влиянию космической погоды на высокочастотную связь, системы навигации и на здоровье летного экипажа.

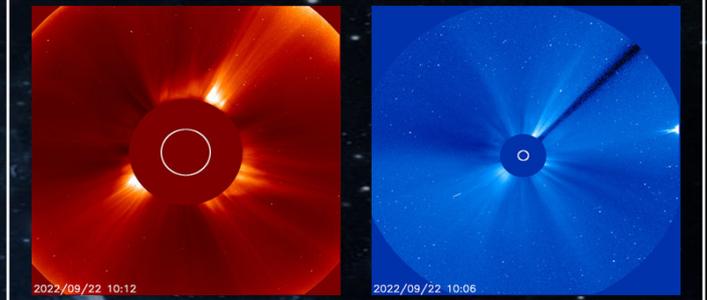
**Ключевые слова:** космическая погода, авиационная метеорология, опасные гелиогеофизические явления.

## ВВЕДЕНИЕ

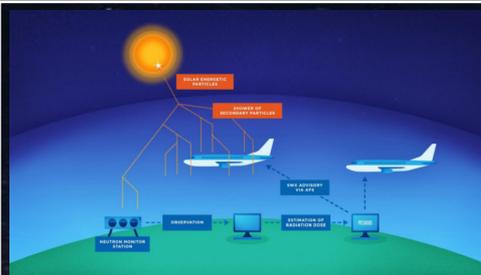
Космическая погода — совокупность явлений, происходящих на поверхности Солнца, в межпланетной среде, в околоземном космическом пространстве и в атмосфере Земли. Существенное влияние на возникновение так называемых опасных гелиогеофизических явлений (ОГЯ) оказывают солнечные вспышки, корональные выбросы массы, солнечный ветер — взаимодействуя с магнитосферой Земли, перечисленные явления вызывают возмущения, более знакомые нам как суббури и магнитные бури. Эти возмущения приводят к неполадкам в системах связи и навигации, особенно в спутниковом позиционировании, и представляют угрозу для здоровья летного экипажа.

В России мониторингом космической погоды занимается ИПГ им. Фёдорова. Институт обладает обширной наблюдательной сетью и составляет прогностическую продукцию по космической погоде в виде среднесрочных (2-5 дней), краткосрочных (сутки) прогнозов, штормовых предупреждений, проводит мониторинг развития состояния космической погоды и возможных возмущений, получает данные о появлении геомагнитных бурь, различных ионосферных возмущений и о появлении солнечных протонов. ИПГ имени Фёдорова также использует информацию, полученную со спутников других стран-партнеров, состоящих в ISES.

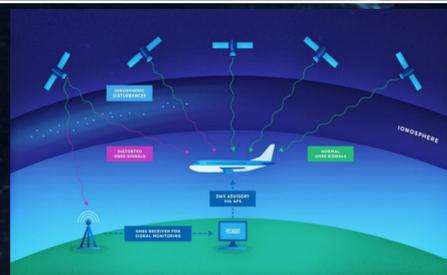
Пример данных о состоянии солнечной короны, основанные на снимках с коронографа LASCO C2 и C3



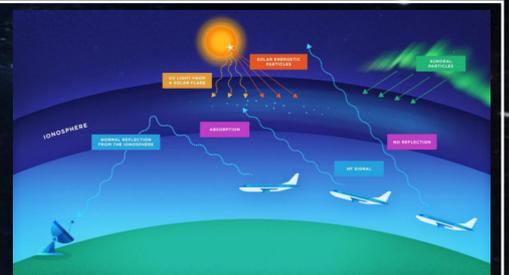
## ВЛИЯНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ НА ПОЛЕТЫ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ



Радикация на уровне полета особенно опасна при полетах в высоких широтах. Измерения поступивших в атмосферу галактических космических лучей (ГКЛ) проводятся наземными нейтронными мониторами, предназначенными для измерения количества высокоэнергетических заряженных частиц. Во время сильной геомагнитной бури эти частицы попадают в нашу атмосферу и создают вторичные частицы, улавливаемые мониторами. Когда более трех станций регистрируют значительное увеличение радиации, подразумевается, что доза облучения будет критической и на высотах полетов самолетов.



На спутниковую связь, навигацию и наблюдения значительно влияют солнечные вспышки и солнечный ветер. Данные явления создают в ионосфере возмущения, достигающие масштаба от десятков метров до десятков километров. Возмущения препятствуют прохождению спутниковых сигналов: радиоволна сильно меняет свою амплитуду и фазу, а создаваемое мерцание может помешать приемнику зафиксировать сигнал и сделать невозможным вычисление местоположения самолета. Неполадки в системах связи со спутниками улавливает наземный приемник для мониторинга сигналов.



На спутниковую связь, навигацию и наблюдения значительно влияют солнечные вспышки и солнечный ветер. Данные явления создают в ионосфере возмущения, достигающие масштаба от десятков метров до десятков километров. Возмущения препятствуют прохождению спутниковых сигналов: радиоволна сильно меняет свою амплитуду и фазу, а создаваемое мерцание может помешать приемнику зафиксировать сигнал и сделать невозможным вычисление местоположения самолета. Неполадки в системах связи со спутниками улавливает наземный приемник для мониторинга сигналов.

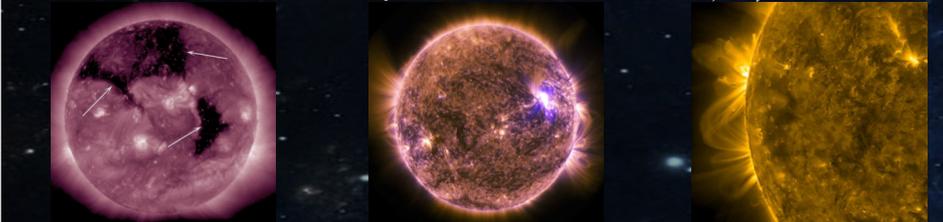
## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА НАБЛЮДЕНИЙ ЗА КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДОЙ

За состоянием Солнца ведутся наблюдения с помощью различных телескопов, коронографов, спектрогелиографов и спектрогелиоскопов. Наблюдения за космической погодой проводятся комплексно и представляют собой систему космической и наземной аппаратуры. Различные ионосферные станции, обсерватории, телескопы, GNSS-приемники обеспечивают информацией с поверхности Земли; средства измерений ультрафиолетового и рентгеновского солнечного излучения, устройства слежения за потоком заряженных частиц и показаниями магнитного поля установлены в составе гелиогеофизического комплекса отечественных метеорологических космических аппаратов «Метеор-М», «Электро-М», SDO. Всё это обеспечивает непрерывный мониторинг и анализ космической погоды.

Снимок SDO, на котором видны корональные дыры на Солнце

Снимок с SDO солнечной вспышки класса M7.9, произошедшей 25 июня 2015 года

Пример возмущений на поверхности Солнца, полученные SDO



В обязанности каждого глобального центра космической погоды также входит составление консультативного сообщения (SWX ADVISORY). SWX ADVISORY выпускаются открытым текстом и, согласно нормативным документам ИКАО, с утвержденными сокращениями и цифровыми значениями. Используется максимально сжатый и информативный открытый текст на английском языке.

Таблица по консультативным сообщениям о космической погоде

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

Слежение за космической погодой производится Международной службой окружающей космической среды (ISES). В список задач данной службы входят наблюдения, сбор, составление и обмен данными о состоянии ионосферы, магнитосферы и различных гелиогеофизических параметров. Четыре глобальных центра космической погоды: «PECASUS» (Консорциум Финляндия-Соединенное королевство); «ACFJ» (Консорциум Австралия-Канада-Франция-Япония); «NOAA/SWPC» (США); Российская Федерация-Китай. В России эти функции осуществляет ФГБУ «Институт прикладной геофизики имени академика Е.К. Фёдорова» (ФГБУ «ИПГ»).

## ВЫВОДЫ

Технический прогресс не стоит на месте — постоянно развивающаяся отрасль авиации приводит к тому, что вслед за электронной техникой и различными навигационными системами возрастает спрос и на метеорологическое обеспечение полетов. Современные методы и средства метеорологических наблюдений должны включать в себя не только наземные станции и прогностическую работу синоптика, но и слежение за космической погодой и ее возможными эффектами.

Особое влияние космическая погода оказывает на высокочастотную связь, системы навигации и на здоровье летного экипажа. В соответствии с решением ИКАО в 2016 г. данные о возмущениях космической погоды должны включаться в авиационный бюллетень.

Вклад России в обеспечение безопасности полетов в данном аспекте на нынешнее время крайне недостаточен, что наиболее заметно при сравнении с работой консультативных центров США и Канады. ИПГ им. Фёдорова обладает достаточным потенциалом для развития научной деятельности в этом аспекте и на 2022 г. обладает обширной наблюдательной сетью и предоставляет различные виды информации как для обычных пользователей, так и для авиационных служб.

## ССЫЛКИ

- Бернгардт О.И. Влияние факторов космической погоды на работу радиосредств. — Солнечно-земная физика — 2017. Т.3, № 3 — 21 стр.
- Буров В.А., Лапшин В.Б., Сыроечкин А.В. Космическая погода и авиаперевозки. — Мир измерений — февраль 2013 — 6 стр.
- Тлатов А.Г., Тертышников А.В. Прогнозирование параметров космической погоды на основе данных наземных наблюдений солнечной активности. — Гелиогеофизические исследования в Арктике. Труды второй всероссийской конференции, Мурманск — 24-26 сентября 2018 — стр. 94-97
- Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Временный инструктивный материал по космической погоде. — Москва — 2019 — 61 стр.
- Kirsti Kauristie, Jesse Andries, Peter Beck, Jens Berdermann. Space Weather Services for Civil Aviation—Challenges and Solutions. User's guide to Space Weather Advisories for Pilots. — Remote Sens — 2021. №13 — 24 стр.