

Информационное обеспечение при возникновении опасных явлений космической погоды

Минлигареев В.Т., *д. т. н., ФГБУ «Институт прикладной геофизики им. академика Е.К. Федорова», Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), зам. директора по научной работе, г. Москва, Россия*

SPIN-код: 9709-7919

Коломин В.Ю., *ФГБУ «Институт прикладной геофизики им. академика Е. К. Федорова», Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), зам. директора по общим и техн. вопросам, г. Москва, Россия*

Вишняков Д.Д., *ФГБУ «Институт прикладной геофизики им. академика Е. К. Федорова», Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), г. Москва, Россия*

Калишин А.С., *к. т. н., Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ФГБУ «ААНИИ»), г. Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация

В работе рассмотрены опасные явления космической погоды (опасные гелиогеофизические явления), влияние их на: технические средства и системы, включая космические аппараты, технические средства навигации, связи, электроэнергетики; радиационную безопасность при авиаперелетах, эксплуатацию трубопроводов, аэромагнитную съемку, бурение скважин и др. Описаны пути снижения влияния космической погоды на технические средства и системы, основанные на решении задач получения оперативной априорной информации о таких воздействиях и предупреждения соответствующих служб заинтересованных организаций, министерств и ведомств о надвигающихся угрозах.

Ключевые слова: концепция; снежные лавины; средства активного воздействия; противолавинные мероприятия; космическая погода; опасные гелиогеофизические явления; факторы; околоземное космическое пространство; магнитосфера; ионосфера; информационное обеспечение; технические средства и системы.

Опасные явления космической погоды иначе называют опасными гелиогеофизическими явлениями (ОГЯ). В стране за диагностику и прогнозы таких событий отвечает Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) Минприроды. Научно-методической организацией, ведущей это направление, является Институт прикладной геофизики имени академика Е. К. Федорова (ФГБУ «ИПГ»).

Опасные явления космической погоды, ОГЯ характеризуются совокупностью гелиогеофизических явлений и процессов на Солнце, в межпланетном и околоземном космическом пространстве (ОКП), магнитосфере, ионосфере и верхней атмосфере Земли, влияющих на функционирование технических средств и систем и имеющих биомедицинские последствия. Термин «космическая погода» ввел в 70-х годах XX века академик Евгений Константинович Федоров.

Стремительный технологический рост радиоэлектроники, микросистемотехники, высокотехнологичных средств измерений, средств связи, радиолокации и энергетических систем выявил еще одну угрозу для современных технических средств и систем военного и двойного назначения — это воздействие ОГЯ или факторов космической погоды.

Под термином «космическая погода» понимается совокупность гелиогеофизических явлений и процессов на Солнце, в межпланетном и ОКП, магнитосфере, ионосфере и верхней атмосфере Земли, влияющих на функционирование технических средств и систем (навигации, связи, электроэнергетики, радиационной безопасности при авиаперелетах, эксплуатации трубопроводов, аэромагнитной съемки, бурения скважин и пр.) и имеющих биомедицинские последствия (рис. 1).

Факторы космической погоды. Солнечные, галактические и магнитосферные энергичные частицы создают радиационную опасность для космонавтов на МКС. Сильные авроральные токи в периоды геомагнитных бурь могут разрушить и повредить современные линии электропередачи, вызвать повышенную коррозию нефте- и газопроводов. Ионосферные неоднородности, порожденные магнитной бурей,

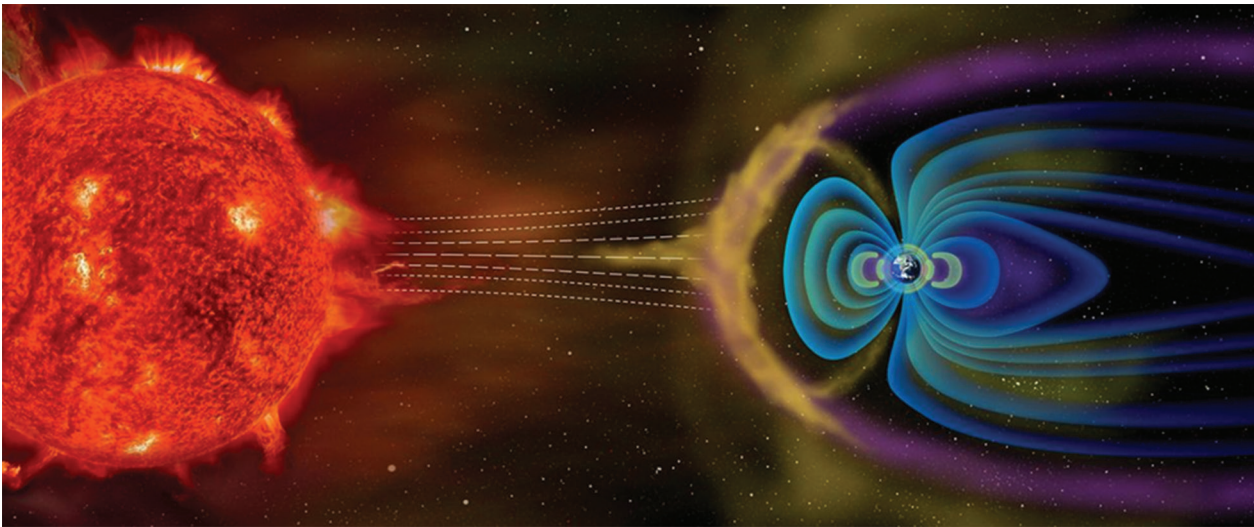


Рис. 1. Иллюстрация солнечно-земных связей и влияния космической погоды на Землю и ОКП

влияют на высокочастотную радиосвязь и навигационные сигналы спутников ГНСС, нарушая их работу. События поглощения радиоволн в полярной шапке во время протонных вспышек на Солнце и магнитных бурь могут приводить к ослаблению, а во время мощных событий — к полному прекращению высокочастотной радиосвязи, сбоям в радиолокации (рис. 2) [1]. Облучение спутников энергичными частицами во время протонных событий с солнечными энергичными частицами и повышения радиации в радиационных поясах могут вызвать аномалии в их работе, разрушить важные элементы электроники, привести к деградации солнечных батарей и «слепоте» оптических систем как телескопов, так и звездных датчиков ориентации (рис. 2).

Учет этих факторов, прогнозирование и парирование их негативного воздействия, оперативное информационное обеспечение при возникновении опасных явлений космической погоды становятся необходимой составной частью обеспечения национальной безопасности страны.

Космическая погода создает опасность для человека и его деятельности, порождая многочисленные риски и потери, связанные с выходом из строя и прекращением функционирования технических средств и систем.

Начиная с события Керрингтона 1859 г., идет отсчет влияния космической погоды на технические средства и системы. Солнечный супершторм вылился в огромный двойной выброс корональных масс и достиг Земли 1 сентября. Индекс геомагнитной активности Dst был

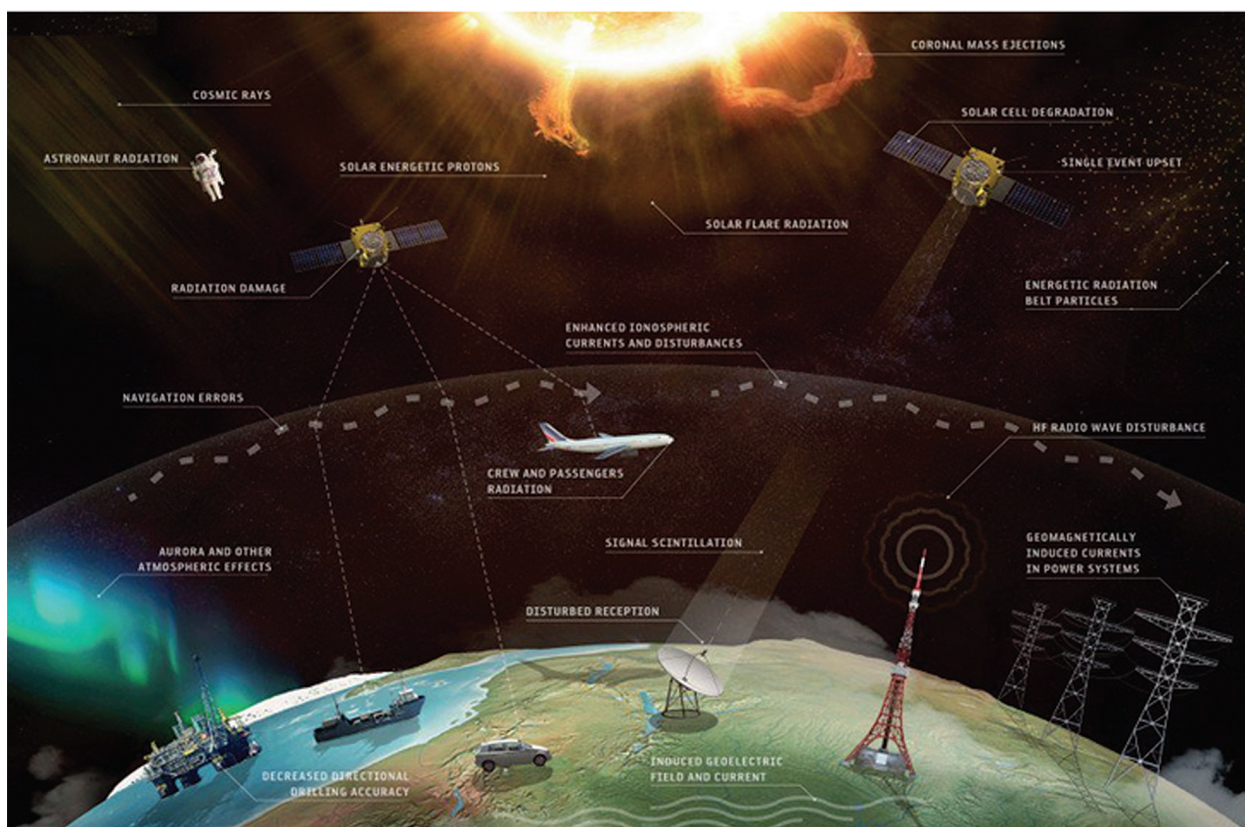


Рис. 2. Иллюстрация влияния факторов космической погоды на технические средства и системы

на уровне 900 нТл. Радиационные пояса Земли, окружающие нашу планету, на время оказались сорванными; огромная масса электронов и протонов была вброшена в верхние слои атмосферы, что прида- ло полярному сиянию интенсивный красный оттенок. В результате 1 и 2 сентября 1859 года отказала вся телеграфная система в Северной Америке и Европе. Искрили линии электропередачи, спонтанно возгоралась телеграфная бумага, а некоторые технические устройства продолжали свою работу, будучи уже отключенными от источника питания. Северное сияние наблюдали жители всей планеты, даже над Карибским бассейном.

Произожди ситуация с такой интенсивностью в наши дни, по- следствия были бы куда катастрофичнее в целом для мировой эко- номики: сбой радиосвязи; континентальные отключения электриче- ства; проблемы со спутниковой навигацией планетарного значения; переоблучение экипажей и пассажиров на высоте авиаперелетов. Это схоже с разрушениями мощного урагана или небывалой мощи земле- трясения. Восстановление всех повреждений заняло бы долгие годы

в планетарном масштабе. В наше время подобные явления в меньшем масштабе проявлялись с начала 30-х годов с развитием средств связи.

Современные события говорят об учащении случаев сбоев и выхода из строя технических средств и систем на пике 11-летних циклов солнечной активности. Так, 10–11 января 1997 г. в северной Канаде пришлось почти на сутки отменить полеты пассажирских самолетов из-за неполадок с радиосвязью. 24 марта 1991 г. произошли крупная авария в Нью-Йорке и одновременные сбои электроснабжения в Финляндии вследствие возникновения наводимых индукционных полей больших (до нескольких сотен ампер) перегрузок в длинных (особенно вытянутых вдоль параллелей) линиях электропередачи.

С началом космической эры и открытием радиационных поясов накоплена значительная статистика, свидетельствующая о наличии многочисленных фактов временной или безвозвратной потери работоспособности космических аппаратов (КА). В ходе анализа выборки около 3000 аномальных состояний спутников в период с 1971 по 1989 год было подсчитано, что до четверти всех сбоев в работе КА было вызвано состоянием космической погоды. Для КА самой известной катастрофой стал внезапный выход из строя американского телевизионного ретранслятора TELSTAR-401A 10 января 1997 г. Целой серией нарушений в работе бортовых систем (в частности, на научном спутнике Polar) и даже выходом из строя (научный спутник Equator-S и коммуникационный спутник Galaxy 4) «ознаменовался» приход к Земле магнитной бури 1–4 мая 1998 года.

Недавние события с микроспутниками подтверждают полученную статистику. 8 февраля 2022 года SpaceX потеряла 40 из 49 недавно запущенных спутников Starlink. Они не вышли на рабочую орбиту, из-за солнечной вспышки произошло резкое увеличение плотности атмосферных слоев. Спутники разрушились и сгорели в атмосфере.

По мере увеличения космических группировок проявлялось влияние состояния солнечной активности и параметров ионосферы Земли на функциональные характеристики КА различного назначения. Установлено, что на эффективность решения задач в космосе в значительной степени оказывает влияние космическая погода. Для КА это прежде всего выражается в следующем (рис. 3):

- появление «фальшивых» звезд, вызывающее сбои систем астроориентации;



Рис. 3. Влияние космической погоды на космические аппараты

- снижение мощности солнечных панелей после радиационного повреждения поверхности КА после воздействия на него космической радиации;
- сбой микроэлектроники, снижение срока эксплуатации элементов питания электронного оборудования после получения большой дозы радиации;
- появление дугового разряда на солнечных панелях;
- возникновение электромагнитных импульсов от разрядов на тонкой экранированной поверхности КА или глубоко внутри него;
- накопление радиации в компонентах КА.

Воздействие солнечного ветра и магнитных бурь негативно влияет не только на работоспособность аппаратуры КА. Состояние космической погоды оказывает отрицательное влияние на наземную инфраструктуру и каналы связи с КА.

Таким образом, проанализировав перечисленные случаи влияния космической погоды на технические средства и системы, однозначно можно выделить необходимость консолидированного учета влияния факторов космической погоды на технические средства и системы

и информационное обеспечение населения и организаций при возникновении опасных явлений космической погоды.

Проблема информационного обеспечения об ОГЯ оказывается тесно связанной с широким кругом задач различного значения в Арктической зоне, наиболее подверженной воздействию магнитных бурь и других последствий солнечной активности.

В Российской Федерации создана система мониторинга геофизической обстановки, которая входит в наблюдательную сеть Росгидромета. Геофизическая информация с наблюдательных платформ передается в аналитические центры ФГБУ «ИПГ» [2] и ФГБУ «ААНИИ» [3]:

- с наземного сегмента — ионосферные станции, магнитные обсерватории, ГНСС-приемники, солнечные и радиотелескопы;
- с космических аппаратов — от бортовых гелиогеофизических комплексов, установленных на КА серий «Метеор-М», «Электро-Л» «Арктика-М», а также с перспективного геофизического КА «Ионосфера»;
- с международных каналов обмена гелиогеофизической информацией.

За мониторинг и прогнозы космической погоды, выдачу оперативной информации об ОГЯ в системе Росгидромета отвечает ФГБУ «ИПГ», в Арктической зоне — ФГБУ «ААНИИ». С их информационно-аналитических центров после обработки поступающая информация с наблюдательных платформ оповещения об ОГЯ передается в более чем 200 организаций федеральных органов исполнительной власти и зарубежных организаций.

Пути снижения влияния космической погоды на технические средства и системы прежде всего связаны с решением задачи получения оперативной априорной информации о таких воздействиях и предупреждения соответствующих служб заинтересованных организаций, министерств и ведомств о надвигающихся угрозах. Особенно важным и актуальным становится решение данной проблемы, пик которого ожидается в середине 2025 года.

Список использованных источников

1. Space weather effects. European Space Agency [Электронный ресурс] // URL: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2017/11/Space_weather_effects (дата обращения: 02.02.2023).
2. Минлигареев В. Т., Репин А. Ю., Хотенко Е. Н. и др. Влияние космической погоды на технические средства и системы // XI Всероссийская научно-техническая конференция «Метрология в радиоэлектронике»: Материалы конференции. Менделеево, 19–21 июня 2018 г. Менделеево: ФГУП «ВНИИФТРИ», 2018. Т. 1. С. 44–46.
3. Калишин А. С., Благовещенская Н. Ф., Трошичев О. А., Франк-Каменецкий А. В. ФГБУ «ААНИИ». Геофизические исследования в высоких широтах // Вестник РФФИ. 2020. № 3–4. С. 60–78.