



Генеральная Ассамблея

Distr.: General
28 October 2019
Russian
Original: English

Комитет по использованию космического пространства в мирных целях

Доклад о практикуме по Международной инициативе по космической погоде

(Триест, Италия, 20–24 мая 2019 года)

I. Введение

1. Международная инициатива по космической погоде была выдвинута в 2009 году по итогам успешного проведения в 2007 году Международного гелиофизического года (A/64/20, пункт 155). Программа Инициативы зарекомендовала себя как основа для сотрудничества между группами ученых и служит примером замечательной международной работы в области эксплуатации измерительных приборов, сбора и анализа данных и публикации научных результатов. В рамках Инициативы была создана платформа для применения принципа «снизу вверх» в целях формирования сообществ, осведомленных в вопросах космической погоды, в частности в развивающихся странах, совместной работы в качестве сети для обмена идеями, информацией и данными и разработки совместных проектов.

2. В рамках Инициативы продолжается расширение и развертывание новых и существующих сетей измерительных приборов. В настоящее время в мире насчитывается 19 сетей измерительных приборов, в которых почти 1 045 установок регистрируют данные о солнечно-земном взаимодействии — от выбросов корональной массы до колебаний показателей общего содержания электронов в ионосфере. Подробную информацию о различных сетях можно найти на веб-сайте Инициативы (www.iswi-secretariat.org). Эти приборы предоставлены принимающим учреждениям организациями Армении, Бразилии, Германии, Израиля, Соединенных Штатов Америки, Франции, Швейцарии и Японии. Как правило, инструментарий и данные предоставляет ведущий научный сотрудник или главный исследователь Инициативного проекта. Принимающие страны предоставляют людские ресурсы, помещения и оперативную поддержку для осуществления проекта с использованием инструментария, как правило, на базе одного из местных университетов. Принимающие ученые входят в состав научной группы; участники группы обмениваются между собой всеми данными и результатами их анализа и предоставляют доступ к ним всем пользователям.

3. Действуя при поддержке секретариата Инициативы, расположенного в Национальном управлении по авиации и исследованию космического пространства (НАСА) в Центре космических полетов имени Годдарда в Соединенных Штатах, Руководящий комитет Инициативы координирует практикумы, учебные занятия и информационно-просветительские мероприятия по всему



миру. В ходе осуществления своей деятельности секретариат поддерживает связь с Управлением по вопросам космического пространства.

4. Деятельность в рамках Инициативы направлена на содействие сотрудничеству между учеными-исследователями в областях, представляющих научный интерес, и на содействие проведению исследований в странах, обладающих опытом в области создания научного инструментария. Развитие и объединение научных знаний помогает формулировать научные объяснения явлений космической погоды в околоземном пространстве, а также восстанавливать и прогнозировать их.

5. Руководящий комитет Инициативы проводит свои ежегодные совещания параллельно с сессиями Научно-технического подкомитета Комитета по использованию космического пространства в мирных целях. Участники совещаний обсуждают вопросы текущего функционирования и координации различных сетей измерительных приборов Инициативы, а также оперативного использования данных космической погоды.

6. Международный научно-образовательный центр по космической погоде Университета Кюсю, Япония, издает бюллетень, посвященный Инициативе, а работу веб-сайта Инициативы обеспечивает Академия наук Болгарии.

7. 20–24 мая 2019 года в Международном центре теоретической физики имени Абдуса Салама в Триесте, Италия, был проведен практикум Инициативы, посвященный обзору результатов функционирования сетей измерительных приборов Инициативы и обсуждению путей и средств продолжения исследований и образования в области космической погоды. Практикум был совместно организован Международным центром, НАСА, Бостонским колледжем и Международным комитетом по глобальным навигационным спутниковым системам. Управление по вопросам космического пространства, Европейское космическое агентство, Научный комитет по солнечно-земной физике, Бостонский колледж и Институт навигации, Европейский союз и Соединенные Штаты оказали практикуму поддержку и предоставили финансирование, действуя через Международный комитет, Международный союз геодезии и геофизики и Центр атмосферных исследований Национального агентства космических исследований и разработок Нигерии.

8. В настоящем докладе содержится описание предыстории, целей и программы практикума и приводится резюме замечаний и рекомендаций, сделанных участниками. Доклад был подготовлен для представления Комитету по использованию космического пространства в мирных целях на его шестьдесят третьей сессии и его Научно-техническому подкомитету на его пятьдесят седьмой сессии; обе сессии состоятся в 2020 году.

А. Предыстория и цели

9. В последнее десятилетие космическая погода, обусловленная изменением солнечной активности и ее воздействием на климат, атмосферу и космическую среду Земли, является предметом международного внимания, хотя ее изучение началось еще в 1957 году в рамках Международного геофизического года. Проводимая космическими агентствами политика открытого доступа к данным и международное сотрудничество в области космических полетов вносят чрезвычайно полезный вклад в достижение значительного научного прогресса в сфере солнечно-земной физики.

10. Международный комитет по глобальным навигационным спутниковым системам играет важную роль в программе Инициативы, поскольку приемники глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) имеют большое значение для лучшего понимания динамичных процессов, происходящих в атмосфере Земли в результате экстремальной космической погоды и солнечно-земного взаимодействия, и их воздействия на спутники.

11. По итогам состоявшихся в Научно-техническом подкомитете обсуждений по космической погоде (A/AC.105/1202, пункты 191–209) перед практикумом были поставлены следующие цели: а) повысить осведомленность государств-членов о воздействии космической погоды; б) сосредоточиться на развертывании новых инструментов, в частности в развивающихся странах; в) обсудить методы анализа данных космической погоды; д) уделить пристальное внимание новым результатам и выводам исследований; и е) поощрять более широкое сотрудничество в развитии партнерских связей между сетями измерительных приборов, созданными в рамках Инициативы.

В. Программа

12. На открытии практикума с приветственными заявлениями и основными докладами выступили директор Международного центра теоретической физики имени Абдуса Салама и представитель НАСА. С вступительным словом и основным докладом также выступил представитель Управления по вопросам космического пространства.

13. Программа практикума была широкой и разнообразной: каждое заседание по техническим вопросам начиналось с обширного доклада, за которым следовали сообщения. На заседаниях по техническим вопросам был рассмотрен широкий круг тем в следующих областях: а) приборы и данные по наблюдению за космической погодой; б) моделирование космической погоды; в) региональные исследования космической погоды; д) физика Солнца; е) связь между магнитосферой, ионосферой и термосферой; ф) воздействие космической погоды; г) деятельность международных учреждений в области космической погоды; д) информационно-просветительская деятельность и образование; и и) национальные программы по космической погоде. В рамках практикума было также организовано заседание с представлением стендовых докладов. В целом на практикуме было сделано 62 сообщения и представлено 36 стендовых докладов.

14. Программа практикума была разработана Управлением по вопросам космического пространства и Международным центром теоретической физики имени Абдуса Салама в сотрудничестве с НАСА и Бостонским колледжем.

15. С докладами, представленными на практикуме, рефератами представленных документов, программой практикума и справочными материалами можно ознакомиться на веб-сайтах Управления по вопросам космического пространства (www.unoosa.org) и Международного центра (<http://indico.ictp.it/event/8682/>).

С. Участники

16. Управление по вопросам космического пространства, Международный центр теоретической физики имени Абдуса Салама, НАСА и Бостонский колледж пригласили принять участие в работе практикума и выступить с докладами ученых, инженеров и преподавателей из развивающихся и промышленно развитых стран всех экономических регионов. Состав участников подбирался на основе их научной, инженерной и преподавательской специализации и опыта осуществления программ и проектов, в которых ведущее место отводилось целям Инициативы. Подготовка к практикуму осуществлялась международным научным организационным комитетом и местным организационным комитетом.

17. Для покрытия путевых расходов, расходов по размещению и других расходов 44 участников из 31 страны использовались средства, предоставленные Управлением по вопросам космического пространства, Международным центром и другими спонсорами. В работе практикума приняли участие в общей сложности 115 экспертов.

18. На практикуме были представлены следующие 47 государств-членов: Азербайджан, Алжир, Аргентина, Бангладеш, Болгария, Босния и Герцеговина,

Бразилия, Буркина-Фасо, Венгрия, Гана, Германия, Грузия, Египет, Замбия, Индия, Индонезия, Иран (Исламская Республика), Испания, Италия, Казахстан, Кения, Китай, Колумбия, Коста-Рика, Кот-д'Ивуар, Малайзия, Непал, Нигерия, Норвегия, Пакистан, Перу, Российская Федерация, Руанда, Словения, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии, Соединенные Штаты, Судан, Турция, Уганда, Украина, Фиджи, Франция, Хорватия, Чили, Шри-Ланка, Эфиопия и Япония. В работе практикума также приняли участие представители Управления по вопросам космического пространства, Европейского космического агентства и Научного комитета по солнечно-земной физике.

II. Замечания и рекомендации

19. Участники приняли к сведению текущее состояние и перспективы многочисленных распределенных сетей мониторинга космической погоды. Было отмечено, что неблагоприятная космическая погода является одной из главных угроз для технологических систем. Выбросы корональной массы, обширные солнечные вспышки и высокоскоростные потоки солнечного ветра нередко приводят к последовательному возникновению разрушительных возмущений в магнитосфере Земли, в атмосфере и даже на поверхности Земли.

20. Участники напомнили о том, что Система поддержки принятия решений на основе сцинтилляционной сети — это функционирующая на базе данных система прогнозирования нарушений связи и оповещения о них в режиме реального времени. Было отмечено, что необходимо восстановить потенциал сети (в целях обновления существующей глобальной системы определения местоположения и высокочастотных датчиков) и обеспечить последовательный сбор данных (доступ к данным в режиме реального времени должен предоставляться участникам сети или в рамках сотрудничества с основными исследователями). Полезным подспорьем для участников Инициативы станут дополнительная подготовка и обучение на следующем этапе работы сети в целях улучшения поддержки системы на местах.

21. Участники отметили, что измерения очень низких частот позволяют получить ценную информацию о реакции ионосферы на солнечные рентгеновские вспышки и что мониторинг нижней ионосферы в рамках образовательного проекта «Солнечные вспышки, обнаруженные ионосферным воздействием» и системы мониторинга космической погоды «Глобальная система обнаружения ионосферных вспышек» посредством таких измерений позволяет получить информацию о воздействии солнечных вспышек. Отмечалось, что принять участие в вышеупомянутом проекте могут все заинтересованные образовательные и научно-исследовательские учреждения и для выявления и анализа последствий выпадения осадков следует использовать метод измерения очень низких частот.

22. Участники напомнили, что Сеть непрерывного получения H-alpha снимков представляет собой сеть наземных телескопов для наблюдения вспышек на Солнце. Отмечалось, что в целях совершенствования измерения физических величин явлений солнечной активности инструментарий Сети будет дополнен солнечными спектроскопами и для развития навыков анализа данных, включая анализ новых спектроскопических данных, будут организованы мероприятия по наращиванию потенциала.

23. Участники узнали о разработке Сети мониторинга космической погоды в авроральных зонах Аляски и Канады в целях восполнения пробелов в данных о космической погоде. Эта система представляет собой подключенную к интернету сеть датчиков, передающих данные ГНСС — как накопленные, так и в режиме реального времени — об общем содержании электронов, дифференцированном общем содержании электронов и о сцинтилляции. Все данные будут вводиться в базу данных «Мадригал»; к ним будет открыт доступ для обработки в режиме, близком к режиму реального времени.

24. Участники также узнали об использовании интерференционных фильтров для выбора оптико-эмиссионных функций в компактных многоцветных видеокамерах. Эти камеры, ввиду их низкой стоимости и минимальных потребностей в ресурсах, являются надежным вариантом для внедрения по всему миру в целях проведения наземных и суборбитальных наблюдений, а также для включения в оборудование малых спутников. Подчеркивалось, что эти камеры будут способствовать созданию потенциала для разработки современных оптических приборов, сбора, обработки и анализа данных, интерпретации параметров космической погоды, а также для международного сотрудничества.

25. В рамках обсуждения будущих приборов для мониторинга космической погоды были изложены возможности и процесс разработки нового датчика коронографа, который будет использоваться в предстоящей миссии спутника Solar Orbiter, а также научный и оперативный потенциал наблюдений за солнечной короной вблизи солнечного диска как в плане качества прогнозирования воздействия корональной массы на Землю, так и с точки зрения дополнительного времени упреждения, необходимого для этих прогнозов. В ходе последующего обсуждения участники перешли от рассмотрения оптических наблюдений в космосе к вопросам наземных наблюдений за радиоволнами. Они подчеркнули большое значение радиоизлучения и его поляризации для изучения гелиосферы и воздействия всплесков радиоизлучения на антропогенные системы.

26. Участники обратили внимание на наблюдения за ионосферными ультрафиолетовыми выбросами, проводимые с помощью чувствительного оборудования на Международной космической станции. Интенсивность этих выбросов была пропорциональна квадрату концентрации электронов и, таким образом, создавала условия для тщательных измерений плотности плазмы в верхних слоях атмосферы. Были обнародованы и обобщены многочисленные результаты — от морфологических характеристик до наблюдений вертикальной структуры; при этом отмечалось, что из этого богатого и уникального набора данных предстоит еще многое почерпнуть.

27. Участники также отметили использование сетей датчиков ГНСС в странах Западной Африки и относительные преимущества имеющихся данных. Несмотря на достигнутый прогресс в плане увеличения числа датчиков, было указано на относительную ограниченность имеющихся данных из некоторых источников. Было подчеркнуто, что сеть, использующая для размещения датчиков в первую очередь аэропорты, обеспечивает, благодаря наличию более надежных источников питания и средств связи, наиболее согласованные данные по сравнению с данными, поступающими с других объектов. Это важные соображения, которые необходимо учитывать при установке датчиков в будущем.

28. Участники рассмотрели вопросы наличия и распространения данных в рамках деятельности финансируемого НАСА Центра хранения данных, полученных при проведении практикумов по скоординированному анализу данных. Было подчеркнуто, что этот виртуальный цифровой инструмент является важным вкладом в деятельность сообщества специалистов по космической погоде и служит центральным хранилищем многих видов данных, для доступа к которым в противном случае пользователям потребовалось бы проводить многочисленные поиски с использованием различных интерфейсов и форматов данных.

29. Участники признали, что удобство и своевременность, обеспечиваемые таким центральным стандартизированным пунктом распространения данных, каковым является вышеупомянутый Центр хранения данных, существенным образом способствовали разработкам в области изучения космической погоды, а благодаря открытому веб-интерфейсу и распространению свободного доступа на все страны эти преимущества были обеспечены всем пользователям.

30. Участники отметили, что технология ГНСС является относительно удобным средством мониторинга активности ионосферы. Поэтому одной из важных задач является агрегирование и стандартизированное сокращение объемов таких данных в регионах. Участники подчеркнули необходимость создания

консолидированных и доступных стандартизированных архивов данных ГНСС, таких как наборы данных о Солнце, которые можно получить в ходе практикумов по скоординированному анализу данных. Именно этот вопрос поднял Международный центр теоретической физики имени Абдуса Салама, объявив о плане выверки и загрузки глобального архива собранных за последние 20 лет данных ГНСС по общему содержанию электронов и о предоставлении сообществу исследователей космической погоды свободного доступа к этим данным.

31. Участники отметили, что для зондирования различных районов — от окрестностей поверхности Солнца до нижних слоев атмосферы — используется широкий спектр измерительных приборов и методов зондирования. Вместе с тем некоторые участники высказали мнение о том, что было бы желательно провести в рамках программы Инициативы практикум, непосредственно посвященный этой теме.

32. Участники отметили последние достижения в области моделирования космической погоды, включая совершенствование существующих кодов и алгоритмов, охватывающих широкий спектр вопросов, связанных с прогнозированием космической погоды от Солнца до Земли. Они приняли к сведению региональные исследования космической погоды, проводившиеся на основе наблюдений, анализа данных и моделирования в целях понимания и в конечном счете прогнозирования сложного состояния и взаимодействия Солнца, солнечного ветра, магнитосферы и ионосферы и их воздействия на технологические системы.

33. Участники ознакомились с оценками размеров и энергии наиболее экстремальных солнечных вспышек и выбросов корональной массы, составленными на основании имеющихся данных о прошлых солнечных явлениях в других звездах солнечного типа. На основании изученных явлений были составлены статистические графики, на которых хвосты кривой распределения высокой энергии позволяют оценить возможную энергию явления. Например, знаменитые вспышка и выброс корональной массы, известные как «событие Кэррингтона», позволяют сделать предположение о том, что вспышка с энергией 10^{33} эргов может происходить каждые 150 лет, а вспышка с энергией 10^{34} эргов — каждые 125 000 лет.

34. Участники отметили, что наземные наблюдения H-альфа за мелкомасштабными движениями солнечных протуберанцев, как представляется, предшествовали нескольким сильным вспышкам. Также наблюдались доплеровские смещения сигналов в красном и синем крыльях линии H-альфа. Эти движения происходили за несколько минут или часов до вспышки и, таким образом, могли быть использованы в качестве прекурсоров с прогностическим потенциалом для крупных вспышек и связанных с ними выбросов корональной массы.

35. Участники также обратили внимание на темпы выброса гало-корональной массы в 23-м и 24-м солнечных циклах. Выбросы гало-корональной массы возникли в результате явлений вблизи центра солнечного диска и заметно коррелировали с космической погодой на Земле. Эти данные взяты из каталога практикумов по скоординированному анализу данных о выбросах корональной массы, полученных из наблюдений спектрометрического коронографа с большим углом наклона, установленного в Солнечно-гелиосферной обсерватории. Пиковые показатели в этих двух циклах были одинаковыми, хотя показатели распределения в течение каждого цикла варьировались. Данные также включали межпланетные радиовспышки типа II, которые свидетельствовали о возникновении энергетических выбросов корональной массы, создающих ударные волны.

36. В рамках практикума студенты и молодые исследователи получили возможность выступить с кратким импровизированным изложением своих докладов в ходе устного заседания, опробовав на практике свои навыки устных выступлений. Некоторые участники заметили, что в программе следующих практикумов, возможно, следовало бы отвести время на выступления студентов с кратким изложением их стендовых докладов, чтобы тем самым привлечь молодежь к участию в мероприятиях Инициативы и в проектах, способствующих

расширению границ научных исследований, разработок и экспериментальной деятельности.

37. Участники признали, что успешному проведению исследований космической погоды способствуют эффективная международная координация и сотрудничество в области обмена имеющимися данными наблюдений и их использования; оценка возможностей прогнозирования и анализа космической погоды; развитие знаний, теории и моделирования; а также использование научных достижений в прикладных исследованиях космической погоды.

38. Участники отметили две глобальные инициативы, которые выиграют от координации с Инициативой за счет использования синергии: международные группы действий в области космической погоды Комитета по исследованию космического пространства и Альянс гелиофизической информационной среды. Было отмечено, что международные группы действий в области космической погоды открыты для всех лиц и групп, желающих принимать активное участие в их деятельности.

39. Участники напомнили, что одной из целей Инициативы является стимулирование роста численности ученых в области космонавтики во всем мире. Например, в Африке сотни аспирантов и молодых ученых прошли подготовку по вопросам космической погоды и овладели навыками, необходимыми для проведения научных исследований в области космической погоды. В настоящее время многие национальные и региональные группы обращают особое внимание на укрепление потенциала своих учреждений в области мониторинга космической погоды, разработки измерительных приборов, образования и проведения в своих институтах научных исследований в области космической погоды.

40. Участники отметили необходимость дальнейшего предоставления странам, желающим заниматься наукой и образованием в области космической погоды, рекомендаций в отношении наращивания потенциала и решения технических вопросов. Для этого также необходимо, чтобы технические специалисты и инженеры приобретали более подробные знания о наземных станциях и приборах, предназначенных для наблюдений за космической погодой. Было отмечено, что следует и далее расширять возможности для продолжения партнерских отношений с субъектами, оказывающими помощь в области наращивания потенциала, и проведения соответствующих мероприятий в рамках Организации Объединенных Наций.

41. Деятельность в рамках Инициативы также координировалась с региональными центрами подготовки в области космической науки и техники, связанными с Организацией Объединенных Наций, и программой по применению ГНСС Международного комитета по глобальным навигационным спутниковым системам. В связи с этим участники отметили, что в 2020 году в Африканском региональном учебном центре космической науки и техники в Рабате будет проведен Африканский практикум по ГНСС и космической погоде, рабочим языком которого будет французский. Практикум будет совместно организован Управлением по вопросам космического пространства, Международным центром теоретической физики имени Абдуса Салама и Бостонским колледжем.

42. Участники выразили признательность Управлению по вопросам космического пространства, Международному центру теоретической физики имени Абдуса Салама и спонсорам за содержательную программу и отличную организацию практикума.