



Генеральная Ассамблея

Distr.: General
25 September 2024
Russian
Original: English

Комитет по использованию космического пространства в мирных целях

Доклад о работе Практикума Организации Объединенных Наций/Германии по Международной инициативе по космической погоде: подготовка к максимуму солнечной активности

(Нойштрелиц, Германия, 10–14 ноября 2024 года)

I. Введение

1. Космическая погода становится одной из центральных тем, и в этой связи требуется наладить более тесную и устойчивую международную координацию в целях реагирования на опасные явления космической погоды, включая улучшение международного обмена данными. Существует также необходимость в разработке более совершенных моделей и средств прогнозирования космической погоды для содействия удовлетворению потребностей пользователей и скоординированного обмена информацией о результатах моделирования и прогнозирования космической погоды и ее распространения.
2. Благодаря реализуемой с 2009 года Международной инициативе по космической погоде ученые получили возможность использовать данные глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) в исследованиях космической погоды. Наличие таких данных стало основой для взаимодействия ученых из разных дисциплин (таких, как сейсмология и исследование ионосферы и атмосферы) в изучении космической погоды и позволило применять законы фундаментальной физики в сфере солнечно-земных связей к повседневной жизни, что весьма важно для лиц, принимающих решения.
3. Созданный в 2005 году Международный комитет по глобальным навигационным спутниковым системам (МКГ) играет важную роль в проводимой в рамках Инициативы работе, поскольку геомагнитные бури, солнечные вспышки и неоднородности ионосферной плазмы могут ухудшать качество услуг глобальных навигационных спутниковых систем по координатно-временному и навигационному обеспечению. Вместе с тем данные, получаемые со станций ГНСС, имеют важное значение для оценки различных аспектов реакции ионосферы на магнитные бури и другие виды воздействия космической погоды.
4. Информация о всех результатах, достигнутых благодаря международному сотрудничеству и координации в рамках Инициативы, в том числе относительно инструментальной базы, анализа данных, моделирования, образования, подготовки кадров и работы с общественностью, публикуется в электронном ин-



формационном бюллетене Инициативы и на ее веб-сайте (www.iswi-secretariat.org).

5. Практикум Организации Объединенных Наций по Международной инициативе по космической погоде на тему «подготовка к максимуму солнечной активности» был организован Управлением по вопросам космического пространства при поддержке Германского аэрокосмического центра (ДЛР). Практикум был проведен в Нойштрелице, Германия, 10–14 ноября 2024 года. Финансовую поддержку практикуму оказал МКГ.

6. В настоящем докладе изложены предыстория, цели и программа практикума и приводится резюме высказанных участниками замечаний и сделанных ими выводов. Доклад подготовлен для представления Комитету по использованию космического пространства в мирных целях на его шестьдесят восьмой сессии и для рассмотрения Научно-техническим подкомитетом на его шестьдесят второй сессии, которые обе состоятся в 2025 году.

A. Цели

7. С учетом рассмотрения Научно-техническим подкомитетом пункта повестки дня «Космическая погода» (см. [A/AC.105/1307](#), пп. 132–143) практикум решал следующие цели: а) уделить особое внимание развертыванию новых приборов, особенно в развивающихся странах; б) обсудить методы анализа данных по космической погоде и интерпретацию данных; в) уделить пристальное внимание новым результатам и выводам исследований; и д) содействовать укреплению международной координации и сотрудничества при создании продуктов и услуг в области космической погоды.

8. Обсуждения на практикуме были также увязаны с Повесткой дня в области устойчивого развития на период до 2030 года и с задачами, поставленными в рамках целей в области устойчивого развития. Обсуждение было посвящено следующим темам и связанным с ними целям:

а) продолжение усилий в области преподавания космической погоды с целью более точного определения характеристик опасных явлений космической погоды и их вероятности и оценки их последствий для технических систем (Цель 4: Обеспечение качественного образования);

б) благоприятное воздействие исследований космической погоды для обеспечения устойчивого развития посредством предупреждения случаев катастрофического нарушения работы важнейших объектов наземной и космической инфраструктуры и космических служб, особенно во время опасных явлений космической погоды (Цель 9: Промышленность, инновации и инфраструктура);

в) международная координация оперативных служб космической погоды, включая мониторинг, прогнозирование и повышение осведомленности, с общей целью защиты жизни людей, имущества и важнейшей инфраструктуры (Цель 17: Налаживание партнерских отношений в интересах достижения целей).

B. Программа

9. На открытии практикума с приветственным словом выступили директор Управления по вопросам космического пространства, представители государственного органа по науке и исследованиям федеральной земли Мекленбург-Передняя Померания (Германия), ДЛР и Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) Соединенных Штатов Америки, а также мэр города Нойштрелиц (Германия).

10. Основной доклад на тему «Солнечная активность и ионосферная погода», с которым выступил представитель Германии, был посвящен связи между солнечной активностью и ионосферой Земли, а также влиянию солнечной активности на распространение радиоволн — теме, которая изучается в Нойштрелице уже более столетия. Было отмечено, что процессы в ионосфере являются важным компонентом сложной области космической погоды и что понимание этих процессов и их моделирование имеют важное значение для смягчения воздействия космической погоды на современные объекты технической инфраструктуры. Было подчеркнуто, что Международная инициатива по космической погоде, перенявшая эстафету у Международного гелиофизического года, создала новые возможности для более глубокого понимания солнечно-земных связей и воздействия космической погоды на повседневную жизнь.

11. Программа практикума предусматривала проведение 11 заседаний по техническим вопросам и обсуждение замечаний и выводов с последующим заключительным словом организаторов и участников. На технических заседаниях были представлены 18 стендовых докладов и 52 презентации по следующим темам: вспышки на Солнце, их источники и воздействие на геопространство (магнитосферу, ионосферу, атмосферу и землю); вспышки и их влияние на ионосферу/атмосферу; связь между солнечными вспышками и выбросами корональной массы; экстремальные явления космической погоды; средства и методы образования и просвещения по вопросам космической погоды; корональные дыры и высокоскоростные потоки, связанные с областями взаимодействия потоков; солнечные частицы высокой энергии и связанные с ними явления, такие как корональные и межпланетные радиовсплески; ионосферные неоднородности и их влияние на ГНСС, а также нарушение нормального функционирования космических аппаратов; геомагнитные бури и изменчивость радиационного пояса из-за корональных выбросов массы и областей взаимодействия потоков; прогнозирование космической погоды, используя различные методы, включая машинное обучение; аппаратура для изучения космической погоды; и оперативное использование данных о космической погоде.

12. Заседания, в ходе которых были представлены стендовые доклады и состоялись дискуссии, дали участникам возможность обсудить конкретные проблемы и проекты, связанные с космической погодой, в частности с сетями измерительных приборов и их эксплуатацией и координацией, и оперативным использованием данных о космической погоде.

13. Для участников практикума было организовано посещение технического музея.

14. Программа практикума была разработана Управлением по вопросам космического пространства, ДЛР и НАСА в сотрудничестве с международным научным организационным комитетом. Для подготовки настоящего доклада председатели и докладчики, назначенные на технические заседания, представили свои замечания и комментарии.

15. С презентациями, представленными на практикуме, рефератами представленных документов, программой практикума и справочными материалами можно ознакомиться на веб-сайте Управления по вопросам космического пространства (www.unoosa.org).

C. Участники

16. Управление по вопросам космического пространства пригласило принять участие в работе практикума и выступить с докладами ученых, инженеров и преподавателей из развивающихся и промышленно развитых стран всех 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.

17. Средства, предоставленные Организацией Объединенных Наций и МКГ, были использованы для покрытия путевых расходов, расходов на проживание и других расходов 23 участников из 20 стран. Для участия в практикуме были приглашены в общей сложности 80 специалистов.

18. На практикуме очно или онлайн было представлено 31 государство-член: Австрия, Аргентина, Бразилия, Гана, Германия, Греция, Индия, Индонезия, Италия, Канада, Китай, Кения, Кот-д'Ивуар, Непал, Нигерия, Норвегия, Пакистан, Республика Корея, Руанда, Сербия, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии, Соединенные Штаты Америки, Таиланд, Турция, Украина, Финляндия, Франция, Чехия, Шри-Ланка, Южная Африка и Япония. В работе практикума также приняли участие представители Управления по вопросам космического пространства.

II. Замечания и выводы

19. Участники практикума отметили, что корональные выбросы массы — это огромные выбросы замагниченной плазмы из нижних слоев солнечной атмосферы в межпланетное пространство. Вместе с часто сопровождающими их вспышками они являются крупнейшими процессами высвобождения энергии в Солнечной системе и основным фактором возмущений космической погоды на Земле и других планетах. Соответственно, корональные выбросы массы вызывают самые жесткие проявления космической погоды, такие как геомагнитные бури, которые могут индуцировать токи в линиях электропередач, следствием чего могут быть широкомасштабные сбои в работе электросетей и повреждения инфраструктуры. Геомагнитные бури также могут приводить к искажению сигналов глобальных навигационных спутниковых систем, вызывая снижение точности. Поэтому для защиты техники, инфраструктуры и деятельности человека на Земле и в космосе необходимы интенсивные исследования и более глубокое понимание физических процессов в сложной и междисциплинарной области космической погоды.

20. Участники практикума отметили, что прогнозирование влияния корональных выбросов массы остается непростой задачей из-за их сложной и изменчивой природы и отсутствия точных измерений самого фонового солнечного ветра. Для улучшения прогнозов важнейшее значение имеют усовершенствованные корональные и гелиосферные модели, включающие данные о солнечном ветре в реальном времени и подробные измерения магнитного поля. Кроме того, измерения, проведенные в ходе таких миссий, как Parker Solar Probe НАСА и Solar Orbiter Европейского космического агентства (ЕКА), позволят получить подробную информацию об околосолнечной среде, что улучшит понимание процессов зарождения корональных выбросов массы и их взаимодействия с солнечным ветром.

21. На практикуме было отмечено, что солнечные пятна представляют собой временные темные области на поверхности Солнца, темнота которых объясняется более низкой температурой, чем у окружающей области, и что эти структуры указывают на сильное магнитное поле. Связь между пятнообразовательной деятельностью Солнца и вспышечной активностью, а также физические принципы, лежащие в основе солнечных вспышек, стали серьезным предметом для обсуждения из-за влияния этих активных явлений на космическую погоду. Понимание природы солнечных вспышек и связанной с ними активности важно потому, что такое понимание даст инструмент для прогнозирования космической погоды, которая влияет на межпланетное пространство и верхние слои атмосферы Земли, а значит, и на погодную систему.

22. Участники практикума обратили внимание на то, как различные типы солнечных пятен соотносятся с различными уровнями солнечной активности. Были обсуждены классификация интенсивности вспышек на Солнце и ее связь с различными классификациями интенсивности солнечной активности. Было

отмечено, что группы солнечных пятен классифицируются двумя различными способами: на основе их морфологии и эволюции (модифицированная Цюрихская классификация) и на основе магнитных свойств групп солнечных пятен (Маунт-Вильсоновская магнитная классификация). Было также отмечено, что Маунт-Вильсоновская магнитная классификация активных областей может использоваться в качестве основного предиктора для создания более обоснованной модели прогнозирования солнечных вспышек.

23. Участники практикума отметили, что экстремальные явления космической погоды считаются событиями, характеризующимися высоким уровнем воздействия и малой вероятностью, которые начинаются на Солнце в виде экстремальных солнечных вспышек и корональных выбросов массы. Участники приняли к сведению проведение Большого года гелиофизики — всемирное празднование науки о Солнце, его влиянии на Землю и всю солнечную систему — и его мероприятия в 2024 и 2025 годах, которые будут посвящены изучению элементов взаимодействия Солнце–геокосмос, потенциально способных спровоцировать крупные и экстремальные явления космической погоды.

24. Участники практикума приняли к сведению инициативу Комитета по исследованию космического пространства (КОСПАР) по созданию международных инициативных групп по космической погоде в качестве глобального центра сотрудничества в решении задач в области космической погоды. Одной из задач такой инициативной группы S2-01 было изучение и сравнение различных автоматизированных схем обнаружения корональных дыр и разработка стратегий количественной оценки неопределенности местоположения границ корональных дыр. Также было отмечено, что цифровой комплект корональных изображений находится в открытом доступе для анализа (<https://iswat-cospar.org/S2-01>).

25. Участники практикума узнали, что Центр моделирования, координируемый сообществом, — межведомственное партнерство для проведения исследований в поддержку создания передовых моделей космической науки и космической погоды — предлагает механизм, с помощью которого экспериментальные модели могут быть проверены, испытаны и усовершенствованы для использования в прогнозировании космической погоды. Центр также предоставляет доступ к большому количеству современных исследовательских моделей. Постоянно расширяющийся набор моделей включает в себя модели во всех областях научных исследований, от солнечной короны до верхних слоев атмосферы Земли. Доступ к этой научной службе предоставляется через интернет (<http://ccmc.gsfc.nasa.gov>).

26. Участники практикума также узнали о первых результатах, полученных с помощью недорогого ионозонда на основе SDR (программно-определяемая радиосистема) технологии в африканском экваториальном регионе. Результаты сравнения показали, что недорогой ионозонд на основе SDR технологии с низким энергопотреблением продемонстрировал уровень качества функционирования, эквивалентный или превышающий уровень обычных ионозондов, имеющих в регионе, с точки зрения надежности, гибкости и точности определения основных параметров ионосферы.

27. Участники практикума подтвердили, что извержение протуберанцев может оказывать существенное влияние на солнечно-земную среду. Было отмечено, что анализ результатов наблюдений космического аппарата STEREO (Обсерватория солнечно-земных связей) выявил корреляцию между увеличением высоты протуберанца и частотой колебаний, что указывает на потенциальную связь с последующим извержением. Таким образом, эти результаты позволили по-новому взглянуть на динамику протуберанцев и, возможно, помогут точнее прогнозировать извержения, помогая прогнозированию космической погоды в будущем.

28. Участники практикума отметили, что к основным ионосферным явлениям, потенциально вызывающим воздействие космической погоды на ГНСС, относятся большие градиенты концентрации электронов в ионосфере, ионосферные неоднородности, вызывающие быстрые изменения амплитуды и/или фазы сигнала (сцинтилляция), и внезапное увеличение фонового шума или общего содержания электронов из-за всплесков радиоизлучения Солнца или солнечных вспышек. Эти явления были продемонстрированы с помощью ГНСС-наблюдений общего содержания электронов, результаты которых имеются в базе данных Madrigal (<http://cedar.openmadrigal.org/>). В настоящее время ежедневно загружается и обрабатывается информация с более чем 6 000 сайтов ГНСС. Этот комплекс данных использовался для мониторинга изменений величины плотности ионосферы, усиленных бурями, солнечных вспышек, геомагнитных пульсаций, авроральных структур, стратосферных потеплений и извержения вулкана Тонга.

29. Кроме того, в базу данных Madrigal теперь включены наблюдения вспышек, полученные с помощью сетей специализированных сцинтилляционных счетчиков ГНСС. В настоящее время данные о вспышках за 2023–2024 годы доступны онлайн. Эта база данных включает в себя данные из различных сетей, включая Сеть мониторинга космической погоды в авроральных зонах Аляски и Канады (MACAWS), Канадскую сеть ионосферных наблюдений в Арктическом регионе (CHAIN), Низкоширотную сеть ионосферных датчиков (LISN) и сеть Национального института геофизики и вулканологии (INGV) в Италии.

30. Участники практикума отметили, что для внесения полезного вклада в развитие второго поколения европейской спутниковой системы функционального дополнения (EGNOS V3) была создана широкая сеть распределенных по миру приемников для анализа данных об общем содержании электронов и данных о сцинтилляциях. Кроме того, была предпринята попытка зарегистрировать потоки данных о сильных сцинтилляциях, поступающие из низко- и высокоширотных регионов. Такие потоки данных можно было бы использовать во взятых в качестве примера сценариях для различных ГНСС-приемников в целях проверки их устойчивости к сильным фазовым и амплитудным сцинтилляциям.

31. Участники практикума также отметили, что в рамках Инициативы насчитывается 19 видов измерительных средств, два из которых используются в Германии: спектрометр CALLISTO (недорогостоящий низкочастотный астрономический прибор для спектроскопической переносной обсерватории) и GIFDS (глобальная система детектирования ионосферных эффектов солнечных вспышек). Было отмечено, что ДЛР в Нойштрелице эксплуатирует несколько приемников CALLISTO (10–80 МГц, 100–800 МГц и 1000–1600 МГц), а также приемники GIFDS для мониторинга всплесков радиоизлучения Солнца и солнечных вспышек. Было подчеркнуто, что первоначальные приемники были доработаны с точки зрения аппаратного и программного обеспечения для минимизации шума и упрощения технического обслуживания, чтобы можно было наблюдать динамику различных траекторий распространения. В результате были созданы компактные приемники со встроенным экраном и персональным компьютером, ставшие основой для анализа широкого спектра явлений космической погоды.

32. Участники практикума отметили, что по всему миру развернуто несколько спектрометров CALLISTO, которые вместе составляют сеть e-Callisto. Данные с отдельных приборов автоматически загружаются по протоколу передачи файлов на центральный сервер Университета прикладных наук и искусств северо-западной Швейцарии; вместе с технической документацией CALLISTO эти данные доступны по адресу (www.e-callisto.org/).

33. Участники практикума обсудили проблему использования традиционных подходов для прогнозирования космической погоды, а также преимущества применения методов машинного обучения для выявления и описания явлений, определяющих космическую погоду.

34. Что касается оперативных аспектов космической погоды, то было отмечено, что Центр передового опыта по исследованию космической погоды и применению технологий (SPARTA) намерен использовать компьютерные модели для воспроизведения возмущений космической погоды и использовать эксперименты, искусственный интеллект и машинное обучение для разработки решений, которые помогут улучшить работу спутников и другой навигационной техники в неблагоприятных условиях.

35. Также было отмечено, что сеть служб космической погоды ЕКА предоставляет предоперационные услуги для эксплуатации космических аппаратов на основе объединенной модели предоставления услуг, предоставляя конечным пользователям очень широкий спектр продуктов и информации о текущих и предстоящих условиях космической погоды, а также поддержку проведению ретроспективного анализа. Эти услуги предоставляются вместе с первичными данными от системы распределенных приборов наблюдения космической погоды ЕКА через портал космической погоды ЕКА (<https://swe.ssa.esa.int>).

36. Обсуждения в ходе практикума помогли выявить а) те или иные существенные пробелы в типах аппаратуры и охвате измерениями; б) проблемы в обслуживании приборов и передаче потока данных с точки зрения непрерывности, сбора, анализа и моделирования данных; и с) возможности привлечения молодых ученых и оказания поддержки другим текущим международным инициативам по космической погоде.

37. Участники практикума пришли к выводу, что данные от сетей измерительных приборов Инициативы следует объединять с космическими и другими наземными данными в контексте моделирования и исследований в целях развития космической метеорологии, создавая тем самым условия для подготовки солидных исследовательских материалов и публикации научных трудов в международных журналах. Был сделан также вывод, что сообществам специалистов по космической погоде и по глобальным навигационным спутниковым системам следует обмениваться данными и сотрудничать в исследованиях космической погоды.

38. При поддержке государств-членов под эгидой Комитета по использованию космического пространства в мирных целях следует продолжать предпринимать усилия, направленные на достижение надежного прогнозирования космической погоды, и с этой целью привлекать как всех специалистов в области космической науки в целом, так и, в частности, специалистов в области космической погоды.

39. Участники практикума сформулировали следующие рекомендации:

а) следует и далее предоставлять странам, желающим заниматься наукой и образованием в области космической погоды, рекомендации в отношении наращивания потенциала и решения технических вопросов;

б) 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;

с) следует развивать международное сотрудничество для удовлетворения нынешних и будущих потребностей служб космической погоды и создать координационный механизм, который будет функционировать на основе добровольного участия и при поддержке, по мере необходимости, со стороны Управления по вопросам космического пространства.

40. Для обеспечения эффективной международной координации и международного сотрудничества в деле проведения исследований и оказания услуг в области космической погоды следует устранить любые факторы, препятствующие потокам данных и осуществлению связи. С этой целью следует поощрять на национальном уровне разработку политики открытых данных, предусматривающую правила оперативной деятельности и установление стандартов сбора и предоставления данных.

41. Участники были проинформированы о том, что материалы практикума будут опубликованы издательством Springer Publishing Company. В них будет освещен ход проводимых в мире исследований в области космической погоды, особенно в развивающихся странах. Всем участникам было предложено предоставить редакторам материалов результаты проведенных ими исследований по космической погоде.

42. Участники практикума приняли к сведению предложение Нигерии принять у себя практикум в 2025 году. Была также отмечена заинтересованность Республики Корея в проведении у себя практикума в 2026 году.

43. Участники практикума выразили признательность Организации Объединенных Наций, ДЛР, спонсорам и научному организационному комитету за содержательную программу, отличную организацию и успешное завершение практикума.
