Организация Объединенных Наций A/AC.105/1275

Генеральная Ассамблея

Distr.: General
24 November 2022
Russian
Original: English

Комитет по использованию космического пространства в мирных целях

Доклад о работе практикума Организации Объединенных Наций/Азербайджана по Международной инициативе по космической погоде: Солнце, космическая погода и геосфера

(Баку, 31 октября — 4 ноября 2022 года)

I. Введение

1. Космическая погода по своей природе имеет мировое значение. Солнечные и магнитные бури одновременно воздействуют на огромные районы Земли, а ионосферные возмущения регулярно возникают во всех частях мира. В этой связи Организации Объединенных Наций целесообразно содействовать повышению эффективности моделирования и прогнозирования космической погоды в интересах всех стран.

2. Международная инициатива по космической погоде, выдвинутая в 2009 году, способствовала развитию во многих странах мира исследовательского потенциала в научных дисциплинах, охватывающих солнечно-земные связи и космическую погоду. В рамках Инициативы была создана платформа, действующая по принципу «снизу вверх», в целях формирования сообществ, осведомленных в вопросах космической погоды, в частности в развивающихся странах, с тем чтобы эти сообщества могли совместно работать в качестве сети для обмена идеями, информацией и данными и для разработки совместных проектов.

3. В 2012 году Научно-технический подкомитет Комитета по использованию космического пространства в мирных целях официально завершил рассмотрение пункта повестки дня «Международная инициатива по космической погоде», однако мероприятия по реализации этой Инициативы продолжалась в рамках пункта повестки дня «Космическая погода» (см. A/AC.105/1001, п. 226).

4. В рамках Инициативы продолжается расширение существующих и развертывание новых сетей измерительных приборов. В настоящее время в мире насчитывается 19 таких сетей, в которых почти 1 045 измерительных приборов регистрируют данные о солнечно-земном взаимодействии — от выбросов корональной массы до колебаний показателей общего содержания электронов в ионосфере. У веб-сайта Инициативы следующий адрес: www.iswi-secretariat.org.

V.22-26752 (R) 141222 141222

Просьба отправить на вторичную переработку

5. Благодаря Инициативе ученые получили возможность использовать данные глобальной навигационной спутниковой системы 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.

6. Общее руководство Инициативой осуществляет руководящий комитет, который собирается раз в год на полях сессий Научно-технического подкомитета. На совещаниях руководящего комитета участники обсуждают функционирование и координацию различных сетей измерительных приборов, аналитическую обработку данных о космической погоде и деятельность Инициативы. Ежегодные отчеты, составляемые национальными координаторами и операторами сетей, представляются на совещании и публикуются в информационном бюллетене Инициативы.

7. Цель проведения Практикума Организации Объединенных Наций/Азербайджана по Международной инициативе по космической погоде: Солнце, космическая погода и геосфера заключалась в том, чтобы рассмотреть результаты функционирования сетей измерительных приборов Инициативы и обсудить возможности продолжения исследований космической погоды и образовательной деятельности. Практикум был совместно организован Управлением по вопросам космического пространства и Бакинским государственным университетом от имени правительства Азербайджана, а его соорганизатором и спонсором выступил Международный комитет по глобальным навигационным спутниковым системам. Практикум, принимающей стороной которого выступил Бакинский государственный университет, был проведен в смешанном формате в Баку 31 октября — 4 ноября 2022 года.

8. В настоящем докладе изложены предыстория, цели и программа практикума и приводится резюме замечаний и рекомендаций участников. Доклад был подготовлен для представления Комитету по использованию космического пространства в мирных целях на его шестьдесят шестой сессии и Научно-техническому подкомитету на его шестидесятой сессии; обе сессии состоятся в 2023 году.

A. Предыстория и цели

9. Инициатива состоит из трех элементов: a) программы создания сетей измерительных приборов для использования и развертывания с целью изучения космической погоды; b) программы согласования и анализа данных для разработки моделей прогнозирования с использованием данных, полученных в рамках Инициативы; и c) программ обучения, образования и просветительской деятельности.

10. Ученые и общество в целом все более ясно осознают влияние космической погоды на инфраструктуру мировой экономики, и поэтому исследования, проводимые в рамках Инициативы, должны координироваться на глобальном уровне, поскольку в конечном итоге они будут способствовать лучшему пониманию состояния Солнца и характеристик солнечного ветра, магнитосферы, ионосферы и термосферы, которые могут влиять на функционирование и надежность космических и наземных технических систем и угрожать жизни и здоровью людей.

11. Международный комитет по глобальным навигационным спутниковым системам играет важную роль в работе по реализации Инициативы, поскольку приемники глобальных навигационных спутниковых систем используются для лучшего понимания динамических процессов в атмосфере Земли,

обусловленных экстремальной космической погодой и солнечно-земным взаимодействием, и воздействия этих процессов на спутники.

12. С учетом рассмотрения Научно-техническим подкомитетом пункта повестки дня «Космическая погода» (см. A/AC.105/1258, пп. 158–172) перед практикумом были поставлены следующие цели: a) повысить осведомленность государств-членов о воздействии космической погоды; b) сосредоточиться на развертывании новых приборов, особенно в развивающихся странах; c) обсудить методы анализа данных по космической погоде; d) уделить пристальное внимание новым результатам и выводам исследований; и e) поощрять более широкое сотрудничество в развитии партнерских связей между поставщиками и пользователями измерительных приборов. Обсуждения на практикуме были также увязаны с Повесткой дня в области устойчивого развития на период до 2030 года и с целями 4, 9 и 17 в области устойчивого развития.

B. Программа

13. На открытии практикума с приветственным словом выступили ректор Бакинского государственного университета, министр науки и образования Азербайджана, заместитель министра молодежи и спорта Азербайджана, председатель правления Космического агентства Азербайджанской Республики «Азеркосмос», директор Шемахинской астрофизической обсерватории им. Насреддина Туси, почетный профессор Мэрилендского университета и представитель Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА). Со вступительным словом выступили представители Управления по вопросам космического пространства и Исполнительного секретариата Международного комитета по глобальным навигационным спутниковым системам. С основными докладами выступили почетный профессор Мэрилендского университета и представитель НАСА.

14. Программа практикума предусматривала проведение восьми заседаний по техническим вопросам и обсуждение замечаний и рекомендаций с последующим заключительным словом организаторов. На технических заседаниях было сделано 57 презентаций по тематике следующих областей: a) приборы и данные наблюдения за космической погодой; b) моделирование космической погоды; c) исследования космической погоды; d) физика Солнца; e) связь между магнитосферой, ионосферой и термосферой; f) влияние космической погоды; g) национальные и региональные программы по космической погоде; и h) конкретные исследования космической погоды, информационно-просветительская деятельность и образование.

15. Каждое заседание по техническим вопросам включало в себя обсуждение основных вызовов и проблем, затронутых в презентациях. Результаты обсуждений были обобщены и в краткой форме представлены на заключительном заседании, на котором состоялся итоговый обмен мнениями и были сформулированы выводы и рекомендации.

16. Для участников практикума также была организована содержательная техническая экскурсия в космическое агентство «Азеркосмос».

17. Программа была разработана Управлением по вопросам космического пространства и Бакинским государственным университетом в сотрудничестве с научным организационным комитетом. Для подготовки настоящего доклада председатели и докладчики, назначенные на технические заседания, предоставили свои замечания и комментарии.

18. 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

19. Управление по вопросам космического пространства и Бакинский государственный университет 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.

20. Для покрытия путевых расходов, расходов по размещению и других расходов 25 участников из 23 стран использовались средства, предоставленные Организацией Объединенных Наций, правительством Азербайджана и Международным комитетом по глобальным навигационным спутниковым системам. В работе практикума приняли участие в общей сложности 281 эксперт.

21. На практикуме были представлены следующие 65 государств-членов: Австрия, Азербайджан, Алжир, Бангладеш, Бахрейн, Бельгия, Бразилия, Буркина-Фасо, Венесуэла (Боливарианская Республика), Габон, Гаити, Гана, Гвинея, Германия, Демократическая Республика Конго, Замбия, Египет, Индия, Индонезия, Ирак, Иран (Исламская Республика), Испания, Италия, Йемен, Казахстан, Камерун, Кения, Китай, Колумбия, Конго, Кот-д'Ивуар, Кувейт, Лаосская Народно-Демократическая Республика, Латвия, Ливан, Малайзия, Мальта, Марокко, Мексика, Монголия, Мьянма, Непал, Нигерия, Пакистан, Перу, Польша, Республика Корея, Российская Федерация, Сенегал, Сербия, Словакия, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии, Соединенные Штаты Америки, Сомали, Судан, Таджикистан, Турция, Уганда, Филиппины, Хорватия, Чили, Шри-Ланка, Эстония, Эфиопия и Япония. В работе практикума также приняли участие представители Управления по вопросам космического пространства.

II. Замечания и рекомендации

22. Участники высказали мнение, что исследования космической погоды — это одно из первых действий в реализации более широкой программы мер, направленных на защиту Земли от исходящих от космоса опасностей. Обсуждались способы борьбы с потенциальными угрозами, включая экстремальные явления космической погоды и такие события, как сверхвспышки звезд и столкновения с астероидами, вероятность которых невелика, но если они произойдут, то последствия будут серьезными.

23. Участники отметили, что частота нарушений нормального функционирования космических аппаратов обычно достигает максимума через несколько дней после достижения солнечными частицами высокой энергии околоземного пространства или внезапного начала солнечной бури. В обоих случаях протоны и электроны высокой энергии в космической среде взаимодействовали с элементами систем космического аппарата, вызывая ухудшение их характеристик или повреждение.

24. Участники также отметили, что такие вызываемые солнечной активностью явления, как солнечные вспышки и корональные выбросы массы, могут оказать серьезное воздействие на земную среду. В рамках исследования выбросов корональной массы и электронов большой энергии, вызывающих радиовсплески, проводились совместные наблюдения с помощью радиоинтерферометра Low-Frequency Array (сеть низкочастотных радиотелескопов) и космических радиоприемников, которые позволили получить масштабную картину различных аспектов характеристик вспышек и способствовали оценке воздей-

ствия таких вспышек на Землю. Было подчеркнуто, что наблюдения Солнца в микроволновом диапазоне остаются одним из важнейших направлений в солнечной радиоастрономии и физике Солнца. Участникам было рассказано о спектральных и поляриметрических наблюдениях Солнца, проведенных с помощью радиотелескопа РТ-32 в Вентспилсском международном радиоастрономическом центре. Было сообщено о результатах исследования возмущений в области D ионосферы, проведенного с использованием сверхнизкочастотного приемника Системы электромагнитных наблюдений и моделирования атмосферной погоды в образовательных целях.

25. Участники отметили, что прогнозирование космической погоды — сложная задача, связанная с моделированием солнечной плазмы от солнечной короны до атмосферы Земли. Поэтому для моделирования переноса энергии от Солнца к Земле требуются модели короны Солнца, гелиосферы, ионосферы и магнитосферы. Чтобы соединить все эти модели на виртуальной интерактивной платформе для моделирования космической погоды, создается Виртуальный центр моделирования космической погоды, который объединит 19 отдельных моделей. Участники отметили, что осуществляется моделирование явления коронального выброса массы с использованием новой гелиосферной модели под названием «Икар» и моделирование общего содержания электронов над Африкой с использованием группировки спутников для метеорологических, ионосферных и климатических наблюдений (Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere and Climate).

26. Участники также отметили менее сложные, но более быстрые модели, такие как модель солнечного ветра EUHFORIA (European Heliospheric Forecast Information Asset) и трехмерная модель корональной магнитогидродинамики COCONUT, которые используются оперативными службами космической погоды для прогнозирования солнечного ветра и распространения выбросов корональной массы во внутренней гелиосфере и их возможное продвижение к Земле. Кроме того, было отмечено, что магнитогидродинамическая модель «Горгона» была адаптирована для моделирования глобальной магнитосферы быстрее, чем в режиме реального времени, что позволяет на основе смоделированного и измеренного солнечного ветра производить непрерывное прогнозирование геомагнитных условий.

27. Участники узнали о модели электронной плотности ионосферы NeQuick2, разработанной для прикладных программ распространения радиоволн через ионосферу, чтобы воспроизводить среднее поведение («климат») ионосферы и оценивать трехмерную электронную плотность ионосферы для текущих условий («погода»). Адрес сайта веб-модели NeQuick2: https://t-ict4d.ictp.it/nequick2/nequick-2-web-model.

28. Участники узнали также о разработке Сети мониторинга космической погоды в авроральных зонах Аляски и Канады в целях восполнения пробелов в данных о космической погоде. Эта Сеть представляет собой подключенную к интернету сеть датчиков, передающих данные глобальной навигационной спутниковой системы — как накопленные, так и в режиме реального времени — об общем содержании электронов, дифференцированном общем содержании электронов и о сцинтилляции. Все данные вводятся в базу данных «Мадригал»; к ним открыт доступ для обработки в близком к реальному режиму времени. Было отмечено, что вертикальные профили общего содержания электронов были составлены на основе данных примерно 6 000 двухчастотных приемников глобальной навигационной спутниковой системы во всем мире. Данные об общем электронном содержании доступны в интернете с 2000 года, а новый информационный продукт — файлы данных об общем содержании электронов в зоне прямой видимости — доступен последние три года. Эти файлы данных об общем содержании электронов по каждому спутнику и каждому приемнику предоставляются каждые 30 секунд. Сайт базы данных «Мадригал» доступен по адресу http://cedar.openmadrigal.org.

29. Участники отметили поступление огромных объемов данных от наземных и космических контрольно-измерительных приборов, предназначенных для наблюдения за системой Солнце-Земля. Эти массивы данных помимо расширения вычислительных возможностей используются для создания моделей прогнозирования и информационных продуктов, имеющих отношение к космической погоде. Было указано на возможность использования модели машинного обучения для определения функций, способных аппроксимировать процессы космической погоды и прогнозировать их проявление в магнитном поле и ионосфере Земли.

30. Относительно сфер применения исследований космической погоды было отмечено, что изменение состояния космической погоды способно влиять на технологические системы и деятельность современной цивилизации. Изучение всех аспектов от динамики Солнца и солнечной атмосферы до частиц и магнитных полей в околоземном космическом пространстве помогает лучше понять физические процессы, определяющие космическую среду, что в свою очередь помогает создать более совершенные имитационные и прогностические модели этой сложной системы и в конечном счете улучшить защиту технологий, а также обеспечить заблаговременное предупреждение операторов космических аппаратов об опасностях, связанных с повышенной активностью космической погоды.

31. 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.

32. Участникам было сообщено об исследовании временных и периодических изменений месячного индекса вспышек и отдельных параметров геомагнитной активности, таких как простой глобальный индекс геомагнитной активности и индекс повременного магнитного возмущения для 21–24 солнечных циклов (с 1976 года по 2019 год). Результаты показали, что все параметры сильно коррелировали с 11-летним циклом солнечной активности и что изменения индекса вспышек являются одним из основных факторов геомагнитной активности.

33. Участникам было рассказано о редких событиях, например о так называемом «событии Кэррингтона 1859 года» и гипотетических сверхвспышках, которые обычно происходят у солнцеподобных звезд с большими площадями пятен (более чем на порядок превышающими по размеру самые большие пятна на Солнце).

34. Участники отметили, что плазма в солнечной короне и солнечном ветре структурирована поперек магнитного поля, что позволяет предположить, что формирование одиночных вихрей может играть определенную роль в этих областях. Было отмечено, что в настоящее время осуществляется исследовательский проект по принципиально новому трехмерному численному моделированию распространения поперечных волн, чтобы лучше понять физику турбулентности, и что результаты будут проверены с помощью соответствующих данных наблюдений.

35. Участники признали, что механизм формирования крупномасштабных магнитных полей звезд, включая 11-летний период переменности Солнца, в целом понятен. Однако остается неизученным баланс гидродинамической и магнитной спиральности и ее перенос по спектру. В этой связи было высказано мнение, что может быть использован оболочечный подход для изучения в будущем мелкомасштабного переноса энергии по спектру и для решения проблемы стабилизации крупномасштабных звездных динамо-процессов.

36. Участники приняли во внимание деятельность, проводимую в рамках Международного комитета по глобальным навигационным спутниковым си-

стемам. Было отмечено, что рабочие группы Комитета рассматривают проблематичные аспекты явлений космической погоды, их последствия для пользователей глобальных навигационных спутниковых систем, изменчивость воздействий этих явлений и возможные меры по защите от них. Была особо отмечена деятельность рабочей группы по распространению информации и наращиванию потенциала и ее проектной группы по мониторингу космической погоды с использованием недорогих систем приемников глобальных навигационных спутниковых систем. Участники отметили, что в рамках проекта будут созданы опытные системы для изучения возможностей использования недорогих систем приемников для мониторинга космической погоды.

37. Участники приняли во внимание следующие три основных направления будущей работы проектной группы: a) проведение обзора недорогих приемников глобальных навигационных спутниковых систем, которые могут быть использованы для расчета параметров, связанных с общим содержанием электронов; b) проведение обзора программных средств, которые могут быть использованы для обработки данных с недорогих приемников глобальных навигационных спутниковых систем для расчета общего содержания электронов; и c) разработка прототипа недорогого приемника глобальных навигационных спутниковых систем для решения прикладных задач, связанных с космической погодой. Было подчеркнуто, что проектная группа открыта для всех лиц и групп, готовых принимать активное участие в ее деятельности. Несколько участников практикума выразили готовность содействовать этим усилиям.

38. Участники отметили, что для изучения различных районов — от области, близкой к поверхности Солнца, до самого низкого слоя ионосферы — используется широкий спектр измерительных приборов и методов зондирования. Некоторые участники высказали мнение о желательности включения в программы будущих практикумов большего числа практических исследований явлений космической погоды.

39. Было высказано мнение, что до проведения будущих практикумов по Международной инициативе по космической погоде следует организовать практические семинары с использованием учебных материалов и упражнений по конкретным дисциплинам, связанным с космической погодой. Была также подчеркнута важность последующей подготовки в целях непрерывного обучения и постоянного поддержания основных профессиональных навыков.

40. Участники рекомендовали продолжать содействовать наращиванию потенциала и решению технических вопросов странам, желающим заниматься наукой и образованием в области космической погоды, рекомендаций в отношении наращивания потенциала и решения технических вопросов. Необходимо также содействовать приобретению техническими специалистами и инженерами более подробных знаний о наземных станциях и приборах, используемых для наблюдения за космической погодой. Было высказано мнение, что следует и далее расширять возможности для продолжения партнерских отношений с субъектами, оказывающими помощь в наращивании потенциала, и проведения соответствующих мероприятий в рамках Организации Объединенных Наций.

41. Было отмечено, что деятельность в рамках Инициативы осуществляется в координации с региональными центрами подготовки в области космической науки и техники, связанными с Организацией Объединенных Наций, и с программой по применению глобальных навигационных спутниковых систем Международного комитета по глобальным навигационным спутниковым системам.

42. Участникам сообщили о том, что к концу 2022 года выйдет специальный выпуск журнала *Sun and Geosphere* («Солнце и геосфера»), посвященный влиянию Солнца на магнитосферу, ионосферу и атмосферу. Участникам было предложено предоставить журналу результаты проведенных ими исследований по космической погоде и солнечно-земной физике.

43. Участники выразили признательность Организации Объединенных Наций, правительству Азербайджана, Бакинскому государственному университету и спонсорам за содержательную программу, отличную организацию и успешное завершение практикума.