



Генеральная Ассамблея

Distr.: General
5 October 2000

Russian
Original: English

Комитет по использованию космического
пространства в мирных целях

**Доклад о работе девятого Практикума Организации
Объединенных Наций/Европейского космического
агентства по фундаментальной космической науке:
спутники и сети телескопов как средство обеспечения
глобального участия в исследовании Вселенной
(Тулуза, Франция, 27-30 июня 2000 года)**

Содержание

<i>Глава</i>	<i>Пункты</i>	<i>Стр.</i>
I. Введение	1-11	2
A. Предыстория и цели	1-6	2
B. Программа	7-8	3
C. Участники	9-11	3
II. Замечания и рекомендации	12-27	3
III. Резюме докладов	28-71	5
A. Космическая астрономия, текущие программы полетов и тенденции развития в следующем тысячелетии	28-29	5
B. Группа разработки перспективных проектов	30-35	6
C. Исследование Солнца	36-39	6
D. Планета Марс	40-43	7
E. Концепция виртуальной обсерватории	44-46	8
F. Архивы данных космических полетов	47-51	8
G. Система астрофизических данных	52-53	9
H. Сети оптических астрономических телескопов	54-56	9

I.	Практическая астрофизика	57–61	9
J.	Астрофизика для университетских курсов по физике: учебная программа, разработанная для практикумов Организации Объединенных Наций/Европейского космического агентства по фундаментальной космической науке	62–71	10
IV.	Всемирная космическая обсерватория	72–73	12

I. Введение

A. Предыстория и цели

1. В рамках третьей Конференции Организации Объединенных Наций по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях (ЮНИСПЕЙС-III) и Венской декларации о космической деятельности и развитии человеческого общества Программе Организации Объединенных Наций по применению космической техники было рекомендовано поощрять совместное участие государств-членов в космической деятельности как на региональном, так и на международном уровне, делая упор на развитие знаний и навыков в развивающихся странах¹.

2. На своей сорок второй сессии в 1999 году Комитет по использованию космического пространства в мирных целях одобрил запланированную на 2000 год программу практикумов, учебных курсов, симпозиумов и конференций². Впоследствии Генеральная Ассамблея в своей резолюции 54/67 от 6 декабря 1999 года одобрила Программу Организации Объединенных Наций по применению космической техники на 2000 год.

3. Во исполнение резолюции 54/67 и в соответствии с рекомендацией ЮНИСПЕЙС-III Организация Объединенных Наций, Европейское космическое агентство (ЕКА) и правительство Франции организовали в Национальном центре космических исследований (КНЕС) в Тулузе, Франция, с 27 по 30 июня 2000 года девятый Практикум Организации Объединенных Наций/Европейского космического агентства по фундаментальной космической науке: спутники и сети телескопов как средство обеспечения глобального участия в исследовании Вселенной. В организации практикума приняли участие Австрийское космическое агентство, КНЕС, Комитет

по исследованию космического пространства, ЕКА, Германское космическое агентство, Международный астрономический союз, Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) Соединенных Штатов Америки и Организация Объединенных Наций. Принимающей стороной практикума от имени правительства Франции выступал КНЕС.

4. Этот практикум продолжил серию практикумов Организации Объединенных Наций/ЕКА по фундаментальной космической науке, проводившихся в интересах развивающихся стран в 1991 году в Индии и в 1996 году в Шри-Ланке для Азии и района Тихого океана (см. A/AC.105/489 и A/AC.105/640); в 1992 году в Колумбии и Коста-Рике и в 1997 году в Гондурасе для Латинской Америки и Карибского бассейна (см. A/AC.105/530 и A/AC.105/682); в 1993 году в Нигерии для Африки (см. A/AC.105/560/Add.1); в 1994 году в Египте и в 1999 году в Иордании для Западной Азии (см. A/AC.105/580 и A/AC.105/723); и в 1996 году в Германии для Европы (см. A/AC.105/657).

5. Главная цель практикума состояла в том, чтобы ознакомить участников с последними результатами научных исследований звезд и дальних просторов Вселенной с помощью выведенных в космос крупных обсерваторий. Такие спутниковые обсерватории предоставляют ученым широкие возможности для проведения исследований по всем аспектам фундаментальной космической науки из космоса в дополнение к исследованиям, проводимым с Земли. Обсуждался вопрос о крупных массивах данных, получаемых в ходе этих полетов, с учетом изменений стоящих перед учеными-исследователями задач, а также возможность облегчения доступа к имеющим важное значение базам данных, которыми располагают крупные космические агентства. Говорилось о важности исследований на основе имеющихся данных и использования информации о

космических полетах в сфере образования, а также об увязке задач таких полетов с нуждами развивающихся стран, стремящихся активно участвовать в раскрытии загадок Вселенной. Отмечалась важность обеспечения в будущем доступа к космическим исследованиям, например, с помощью всемирной космической обсерватории. С точки зрения долгосрочной перспективы уже в ближайшем будущем необходимо будет заняться планированием и определением возможностей, связанных с эксплуатацией такой обсерватории.

6. Настоящий доклад был подготовлен для представления Комитету по использованию космического пространства в мирных целях на его сорок четвертой сессии и Научно-техническому подкомитету на его тридцать восьмой сессии.

В. Программа

7. На открытии практикума к участникам обратились представители КНЕС, ЕКА и Организации Объединенных Наций. Работа практикума проходила в форме научных заседаний, каждое из которых было посвящено конкретному вопросу. После докладов приглашенных специалистов, в которых они делились своими мыслями по проблемам исследований и образования, устраивались краткие обсуждения. Было заслушано 60 докладов приглашенных специалистов как из развивающихся, так и из промышленно развитых стран.

8. Заседания практикума были посвящены следующим темам: а) архивы данных космических полетов и новых наблюдений из космоса и возможности доступа к ним; б) системы обработки астрофизических данных и методы их использования; в) непосредственное и дистанционное исследование Солнечной системы; г) опыт и результаты использования и необходимость сетей оптических астрономических телескопов; и е) выгоды космической науки для общества. Выставки плакатов позволили привлечь внимание к конкретным проблемам и проектам в области фундаментальной космической науки. Накануне практикума 26 июня 2000 года было проведено Информационное совещание по Всемирной космической обсерватории/исследования в ультрафиолетовой области спектра (WSO/UV).

С. Участники

9. Для участия в работе практикума Организацией Объединенных Наций и ЕКА были приглашены ученые и преподаватели из развивающихся и промышленно развитых стран всех экономических регионов и в первую очередь из Западной Азии и Африки. Это были сотрудники университетов, научно-исследовательских институтов, обсерваторий, национальных космических агентств, международных организаций и частных промышленных предприятий, занимающиеся всеми теми аспектами фундаментальной космической науки, которым посвящен практикум. Состав участников подбирался на основе их научной специализации и опыта работы в программах и проектах, в которых ведущая роль отводится фундаментальной космической науке.

10. Средства, выделенные Организацией Объединенных Наций, ЕКА и КНЕС, были использованы на покрытие путевых расходов и затрат на пребывание участников из развивающихся стран. В работе практикума приняли участие около 80 специалистов в области фундаментальной космической науки.

11. На практикуме были представлены следующие 34 государства-члена: Австрия, Алжир, Вьетнам, Германия, Дания, Израиль, Индия, Иордания, Испания, Йемен, Кувейт, Ливан, Маврикий, Малайзия, Пакистан, Парагвай, Перу, Польша, Российская Федерация, Румыния, Саудовская Аравия, Сирийская Арабская Республика, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии, Соединенные Штаты Америки, Судан, Таджикистан, Того, Тунис, Уганда, Украина, Франция, Эфиопия, Южная Африка и Япония.

II. Замечания и рекомендации

12. Учитывая высокий уровень развития средств связи и быстрое расширение соответствующих возможных выгод благодаря расширению предоставляемых услуг, важно сохранить динамику развивающихся стран в области фундаментальной космической науки в последнее десятилетие путем расширения возможностей в сфере связи, с тем чтобы не упустить выгоду использования услуг, предоставляемых миру ведущими космическими агентствами.

13. Благодаря улучшению конструкции телескопов и другой аппаратуры в последние десять лет и росту в геометрической прогрессии возможностей компьютеров и техники связи характер астрономических исследований существенно изменился. В настоящее время крупномасштабные съемки звездного неба из космоса и с Земли ведутся в диапазоне от радио до рентгеновских волн, что позволяет впервые получать панхроматическую картину Вселенной. Эти новые возможности открывают теперь путь реализации концепции "виртуальной обсерватории" для освоения массивов астрономических данных. По этой концепции астрономы не только получают доступ к объемам данных, исчисляемых терабайтами и петабайтами, но и смогут использовать эти данные благодаря целому набору инструментов. Для создания такого рода виртуальной обсерватории потребуются качественно новое сотрудничество между учеными в области астрономии и в области информатики. Это расширит также возможности сотрудничества с представителями других дисциплин, перед которыми стоят аналогичные задачи, и станет основой для деятельности в области образования. Виртуальная обсерватория должна быть глобально ориентированной как в смысле доступа к архивам, так и в плане взаимодействия исследователей.

14. Для реализации концепций, касающихся сети телескопов, расположенных в развивающихся странах, необходимо уделять больше внимания международному и региональному сотрудничеству. Без дальнейшего расширения такого сотрудничества в деле укрепления фундаментальной космической науки будет крайне трудно преодолеть различия в уровнях регионального развития, которые могут затруднить процесс устойчивого развития многих развивающихся стран.

15. Участники практикума с удовлетворением отметили, что в рамках ЮНИСПЕЙС-III было признано стимулирующее воздействие этой серии практикумов на развитие фундаментальной космической науки и положительно оценена роль фундаментальной космической науки в создании прочной основы для дальнейшего устойчивого и ускоренного развития.

16. Участники отметили также прогресс в обеспечении более активного приобщения развивающихся стран к передовой космической науке, что

было особо подчеркнуто в оценке концепции всемирной космической обсерватории, проведенной в отношении WSO/UV.

17. Участники согласились с тем, что WSO/UV позволит сделать серьезный шаг вперед, что может стать новым стимулом для устойчивого развития фундаментальной космической науки во всемирном масштабе, а также откроет новые уникальные перспективы для всемирного сотрудничества. Эти перспективы могут не зависеть от уровня индустриализации участвующих стран, учитывая особенности современного мира.

18. Участники рекомендовали воспользоваться открывающейся возможностью создания условий для интеллектуального развития параллельно с обеспечением устойчивого экономического развития.

19. Важнейшее значение имеет создание любительских астрономических обществ в тех странах, где они пока отсутствуют, причем на важность этой задачи следует обратить внимание тех органов, которые способны помочь ее решению.

20. Участники с удовлетворением восприняли решения, которые были приняты Международным союзом электросвязи (МСЭ) на проведенной в Стамбуле в 2000 году Всемирной конференции по радиосвязи, относительно расширения диапазонов частот в интересах международного астрономического сообщества³.

21. Ограничения по ширине полосы частот серьезно сужают возможности для широкого распространения качественных учебно-просветительских материалов в области фундаментальной космической науки и их регулярного обновления.

22. По мнению участников, реализация проекта по объединению баз астрономических данных и обеспечение доступа к такой информации для исследователей-астрономов и преподавателей во всем мире создаст ценнейший ресурс для международного сообщества.

23. Международному сообществу астрономов следует рекомендовать рассмотреть вопрос о включении в программы будущей виртуальной обсерватории информации, содержащейся в архивах фотопластин, путем ее сканирования и калибровки. Это расширит исторические рамки знаний для

пользователей такой системы, поскольку существует информация, полученная более века назад.

24. Участники признали важность мероприятий, организуемых Рабочей группой по космической науке в Африке с 1996 года (см. A/AC.105/657, пункт 19), указали на необходимость расширения этих мероприятий и настоятельно рекомендовали и далее оказывать поддержку работе Группы.

25. Участники с удовлетворением отметили прогресс, достигнутый в осуществлении проекта по созданию Сети роботизированных телескопов в странах Востока (НОРТ).

26. Участники с удовлетворением отметили ряд проектов по созданию национальных обсерваторий, которые свидетельствуют о растущем интересе к этой области знаний в странах Западной Азии. Их включение в будущем в проект НОРТ является весьма желательным, поскольку это будет способствовать улучшению образования и исследований в области астрономии в этом регионе и повышению интереса к астрономии во всех слоях общества.

27. Участники признали важность деятельности Арабского союза по астрономии и космическим наукам (AUACC), которая позволяет удовлетворять частные и групповые интересы во всем регионе Западной Азии.

III. Резюме докладов

А. Космическая астрономия, текущие программы полетов и тенденции развития в следующем тысячелетии

28. Космическая астрономия сделала доступной такие диапазоны волн, которые не могут использоваться наземными обсерваториями. Четыре "великие обсерватории" НАСА, призванные выявлять и анализировать вызванное различными явлениями излучение в рамках всего электромагнитного спектра, будут проводить астрономические исследования в различных диапазонах волн, которые будут совпадать по времени, т.е. будет обеспечиваться одновременность наблюдений. Выведенная в космос в июле 1999 года рентгеновская обсерватория Chandra будет наблюдать рентгеновские изображения и спектры актив-

ных высокотемпературных явлений и объектов, что будет способствовать пониманию природы черных дыр, квазаров и высокотемпературных газов. В декабре 2001 года планируется осуществить запуск космического инфракрасного телескопа (SIRTF), способного вести наблюдения в ближней ИК-области спектра в диапазоне волн длиной 3–180 микрон, который будет осуществлять съемку, а также фотометрические и спектроскопические исследования. Основными научными задачами программы полета этого телескопа являются обнаружение и исследование коричневых карликов и сверхпланет, дисков из протопланетарных и планетарных осколков, ультрасветящихся галактик и ядер активных галактик, а также углубленное исследование ранней Вселенной. Применение детекторных матриц позволило на несколько порядков улучшить характеристики по сравнению с прежними инфракрасными детекторами.

29. Развитие современной технологии позволяет планировать запуск астрономических аппаратов на 2005 год и последующий период. На космическом аппарате для интерферометрических исследований (SIM) будет использоваться технология оптической интерферометрии, а космический телескоп нового поколения (NGST) будет оснащен большим сверхлегким складным зеркалом и очень чувствительной аппаратурой. Космический аппарат SIM позволит определять положение и удаленность звезд в несколько сотен раз точнее, чем в рамках любой из предыдущих программ, что даст возможность исследовать ближние звезды на наличие у них планет, сопоставимых по размеру с Землей. Космический аппарат SIM опробует также технику затенения от света ярких звезд для получения изображений близких к этим звездам районов. В рамках полета космического телескопа NGST, который будет запущен в 2007 году, будет исследоваться процесс эволюции галактик, процесс формирования и эволюции звезд и планетарных систем, а также цикл жизни вещества во Вселенной. Проекты SIRTF, SIM и NGST являются частью программы "Истоки" (Origins) НАСА, а полет космической обсерватории Chandra является частью программы "Структура и эволюция Вселенной" НАСА.

В. Группа разработки перспективных проектов

30. Лаборатория активного движения (ЛРД) НАСА опробовала концепцию параллельного проектирования, создав в апреле 1995 года Группу разработки перспективных проектов (Группа Х).

31. Перед Группой Х стоят следующие задачи:

а) повышение темпов и качества разработки концепций проектов ЛРД и обеспечение непрерывного исследовательского процесса на основе использования специализированных установок, оборудования, процедур и технических средств для выработки наилучших предложений;

б) создание исходной базы данных относительно предъявляемых к проектам требований, которую можно постоянно обновлять и использовать на будущих этапах осуществления проектов;

с) подготовка из опытных инженеров универсальных специалистов по проектам.

32. Благодаря Группе Х главные исследователи по проектам и приданные им группы разработчиков могут эффективно работать над предложениями по новым проектам.

33. В Группу Х входят 15 разработчиков программ, руководитель группы и сотрудник по документации. Каждый из назначенных в группу инженеров является специалистом в своей области и отстаивает ее интересы. Руководитель группы координирует и направляет ход исследования и является главным посредником заказчика до начала, в ходе и после завершения исследовательской работы. Сотрудник по документации составляет электронную картотеку, записывает наиболее важные обсуждения технических вопросов и обеспечивает надлежащее документирование результатов исследования.

34. Группа Х готовит технико-экономические обоснования и обзоры проектов. По результатам исследования, длящегося одну-две недели, составляется 30-80-страничный доклад, включающий перечни оборудования, балансы массы и мощности, описания систем и подсистем и ориентировочную сметную стоимость проекта. Обзоры представляют собой одно-двухдневное обсуждение предложений, запросов на получение информации, запросов на получение предложений или

аналогичной деятельности. Завершая обсуждение, каждый член группы подытоживает свое мнение и затем составляется краткий доклад.

35. В ходе практикума была проведена прямая видеоконференция продолжительностью два с половиной часа с Группой Х в Пасадене по вопросам разработки программы запуска зондов к Марсу.

С. Исследование Солнца

36. В исследовании Солнца важную роль играют приборы, устанавливаемые на борту космических аппаратов, поскольку они позволяют изучать электромагнитное излучение, что невозможно для наземных обсерваторий из-за блокирующего воздействия атмосферы. Потоки излучаемых Солнцем частиц, в частности солнечный ветер, можно наблюдать лишь с космических аппаратов, находящихся вне пределов магнитосферы. Общие характеристики солнечной атмосферы выше фотосферы и общие характеристики солнечного ветра были в основном определены в начале 70-х годов с помощью нескольких исследовательских космических аппаратов (решающую роль в получении информации о солнечной короне и ее связи с солнечным ветром сыграли спутники серии OSO (орбитальная солнечная обсерватория) и оборудованная телескопами "Аполлон" орбитальная станция "Скайлэб" НАСА, а также космические аппараты для обнаружения плазмы и частиц, запущенные другими космическими агентствами).

37. С тех пор ведется подготовка космических полетов для изучения физики явлений, которые наблюдались в начальный период исследований. В 70-х и 80-х годах в результате исследования солнечных вспышек со спутника "Солар максимум" (SMM) было установлено, что суммарное солнечное излучение подвержено вариациям.

38. С 1991 года изучением раскаленной солнечной атмосферы занимается спутник *Yohkoh*, который обеспечивает получение изображений Солнца в рентгеновском и гамма-диапазонах спектра. С помощью спутника *Yohkoh* уже удалось наблюдать и произвести съемки всего солнечного цикла.

39. С 1996 года наиболее полное исследование Солнца из космоса осуществляет совместная Солнечная и гелиосферная обсерватория (SOHO)

ЕКА/НАСА, которая оснащена комплектом аппаратуры для изучения внутренней структуры и динамики Солнца методами гелиосейсмологии (солнечные осцилляции), солнечного излучения, физических явлений в солнечной атмосфере, вследствие которых раскаляется корона и зарождается солнечный ветер (получение изображений в крайней УФ-области спектра), состава раскаленной солнечной атмосферы и солнечного ветра (масс-спектроскопия и зарядная спектроскопия), а также формирования гелиосферы в результате растекания солнечного ветра (картирование звездного неба в линии водородной Лайман-альфа). В 1998 году был запущен космический аппарат серии "Эксплорер" для исследования переходной области и короны Солнца (TRACE), который дополняет проводимые SOHO наблюдения солнечной атмосферы в крайней УФ-области спектра и обеспечивает получение четких снимков в отдельных диапазонах волн.

D. Планета Марс

40. В ноябре 1996 года к Марсу был запущен орбитальный зонд Mars Global Surveyor (MGS) НАСА, который в сентябре 1997 года достиг цели. В течение следующих 18 месяцев происходило чередование периодов аэродинамического торможения и сбора научных данных, поскольку зонд выводился на необходимую для картирования приблизительно круговую околополярную орбиту с периодом обращения два часа. В настоящее время средняя высота орбиты зонда над поверхностью Марса составляет около 400 км. В марте 1999 года MGS приступил к систематическому картированию планеты с помощью комплекта научной аппаратуры, включая магнитометр/электронный рефлектометр (MAG), термоэмиссионный спектрометр (TES), лазерный высотомер марсианского орбитального зонда (MOLA) и камеру марсианского орбитального зонда (MOC). Прошло более года после начала картирования, но эти приборы по-прежнему помогают делать удивительные открытия относительно эволюции Марса как планеты.

41. Так, с помощью MAG были выявлены районы, для которых характерны полосы контрастной полярности, интенсивность которых местами превышает 1 500 нанотесла. В районе Sirenum протяженность этих линейных аномалий достигает 2 000 км;

применительно к истории Марса это подтверждает весьма раннее отключение "внутреннего генератора" планеты. С помощью TES измеряется излучаемая Марсом энергия в средней тепловой инфракрасной области электромагнитного спектра. Благодаря TES собрано более 44 миллионов образцов спектра Марса с пространственным разрешением до 3 километров. Анализ этих образцов указывает на наличие отдельных залегающих крупнозернистого гематита, которые, возможно, сформировались в стоячей воде. Кроме того, с помощью TES выявлены существенные различия между составами вулканической породы на северных равнинах (андезитные) и южных плато (базальтовые), что дает дополнительные ключи к разгадке эволюции планеты.

42. В течение первого года картирования с помощью прибора MOLA было получено более 330 миллионов топографических измерений Марса. Это позволило изучить региональный уклон в направлении северных долин, высочайший вулкан (Olympus Mons) в Солнечной системе высотой 26 км и один из крупнейших известных кратеров (Hellas) размером 2 100 км в поперечнике и глубиной 9 километров. Эти топографические данные играют важную роль в гравитологических исследованиях, подтверждающих наличие более тонкого и плотного поверхностного слоя в Северном полушарии, глубина которого в Южном полушарии не совсем коррелирует с топографической дихотомией планеты. Кроме того, гравитационные характеристики, присущие выпуклости Tharsis, не распространяются на вулкан Olympus Mons, что подтверждает его относительно молодой возраст. И наконец, характеристики, присущие району Chryse указывают на то, что погребенные участки крупных каналов заходят достаточно далеко на территорию равнин Северного полушария. С помощью MOC получено множество изображений участков поверхности Марса с разрешением 2–3 м/пиксель. К настоящему времени вниманию общественности представлено более 20 000 таких снимков, которые свидетельствуют об удивительном многообразии рельефа, включая причудливые полярные ландшафты, обширные территории, облик которых сформировался под воздействием ветра, и сильно видоизмененные долины древних водоемов, формировавшиеся в течение длительного периода времени.

43. Планируется, что текущая программа картирования с помощью MGS продлится до февраля 2001 года и что полученные данные в итоге позволят лучше понять процесс эволюции Марса. Руководство операциями марсианского зонда на протяжении всей программы полета осуществляет ЛРД.

Е. Концепция виртуальной обсерватории

44. Благодаря улучшению конструкции телескопов и другой аппаратуры в последнее десятилетие и росту в геометрической прогрессии возможностей компьютеров и техники связи характер астрономических исследований существенно изменился. В настоящее время крупномасштабные съемки звездного неба из космоса и с Земли ведутся в диапазоне от радио до рентгеновских волн, что позволяет впервые получать панхроматическую картину Вселенной. Эти новые возможности открывают путь реализации концепции "виртуальной обсерватории" для освоения массивов астрономических данных и создания нового средства для совершения открытий в астрономии.

45. Согласно этой концепции астрономы не только получают доступ к объемам данных, исчисляемых терабайтами и петабайтами, но и смогут использовать эти данные благодаря целому набору инструментов.

46. Для создания такого рода виртуальной обсерватории потребуется качественно новое сотрудничество между учеными в области астрономии и в области информатики. Это расширит также возможности сотрудничества с представителями других дисциплин, перед которыми стоят аналогичные задачи, и станет основой для деятельности в области образования. Виртуальная обсерватория должна быть глобально ориентированной как в смысле доступа к архивам, так и в плане взаимодействия исследователей.

Г. Архивы данных космических полетов

47. Сбором и распространением по всему миру астрономических данных и смежной информации

занимается Центр астрономических данных (CDS) в Страсбурге. Он расположен в Страсбургской астрономической обсерватории во Франции.

48. CDS ведет астрономическую базу данных под названием "Система обозначений, измерений и библиографии по астрономическим данным" (SIMBAD), которая является всемирной эталонной базой данных, касающихся обозначения астрономических объектов.

49. CDS решает следующие задачи:

a) сбор всей имеющейся в компьютеризированной форме полезной информации относительно астрономических объектов: данные наблюдений с наземных или космических обсерваторий всех стран мира;

b) обобщение этих данных путем критической оценки и сопоставления;

c) доведение полученных результатов до сведения ученых-астрономов;

d) проведение исследований на основе этих данных.

50. CDS имеет международные соглашения об обмене с Центром астрофизических данных НАСА; Национальной астрономической обсерваторией Японии в Токио; Российской академией наук; сетью "Старлинк" Научного совета по физике элементарных частиц и астрономии Соединенного Королевства; Пекинской обсерваторией; Порту-алегринским университетом Бразилии; Лаплатским университетом Аргентины; и Межуниверситетским центром по астрономии и астрофизике Индии.

51. CDS принимал или принимает участие в большинстве крупных космических программ в области астрономии, включая составление справочных каталогов звезд (EXOSAT (европейская спутниковая рентгеновская обсерватория), IRAS (ИК-астрономический спутник), Hipparcos (астрометрический спутник), HST (космический телескоп Хаббла), ISO (космическая обсерватория для исследований в ИК-области спектра) и SAX (рентгеноастрономический спутник), содействие в идентификации наблюдаемых источников (Hipparcos, Tycho и ROSAT (рентгеновский спутник)), обеспечение доступа к архивам IUE (международный спутник "Эксплорер" для исследований в УФ-области спектра) и т.д. Совместно с группой по физике высоких энергий Страсбургской

астрономической обсерватории CDS вносит вклад в работу Научного центра по наблюдениям с помощью рентгеновской обсерватории XMM.

Г. Система астрофизических данных

52. Система астрофизических данных (ADS) НАСА обеспечивает доступ к рефератам и просканированным статьям публикаций, касающихся астрономии. Благодаря этому проекту, который финансирует НАСА, любой имеющий доступ в Интернет может свободно ознакомиться с этими рефератами. В рамках ADS имеются три базы данных: а) база данных в области физики, содержащая почти 900 000 справок; б) база данных в области астрономии, содержащая почти 550 000 справок; и в) база данных о приборах, содержащая почти 600 000 справок. Для поиска рефератов используется современная поисковая система.

53. Архив просканированных статей в ADS постоянно пополняется. К настоящему времени ADS располагает почти 1 миллионом просканированных страниц. Все выпуски основных журналов и большинства менее крупных журналов были полностью просканированы вплоть до их первого выпуска. В настоящее время проводится сканирование всех прежних выпусков журнала *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. Это последний крупный журнал, который будет полностью сканирован и к которому будет обеспечен непосредственный доступ. В сотрудничестве с библиотеками Гарвардского университета, осуществляющими проект по сохранению культурного наследия, ADS в настоящее время проводит сканирование микрофильмов исторических публикаций, посвященных обсерваториям. Это обеспечит доступ к значительной части исторических публикаций.

Н. Сети оптических астрономических телескопов

54. Тенденция к созданию все более крупных телескопов породила дискуссии относительно перспектив множества малых телескопов. Научные исследования нельзя сводить лишь к нескольким ночным наблюдениям с помощью гигантского телескопа. Прогресс в области автоматизации и связи открывает возможности для применения более

эффективных и сберегающих время схем наблюдения, позволяющих получать и обрабатывать весьма крупные массивы данных. При этом гораздо более широкий круг людей может участвовать и вносить реальный вклад в науку. Любители и учащиеся становятся частью научного сообщества и способны вносить значительный вклад в развитие некоторых областей астрофизики. Этот фактор имеет особенно важное значение для современных исследований переменных звезд и для наблюдения на звездном небе околоземных объектов и других особых явлений.

55. В рамках осуществляемого под эгидой АУАСС проекта НОРТ в качестве первого шага предлагается в дополнение к университетским курсам по астрофизике и космическим наукам организовать обучение работе с телескопами на базе национальных обсерваторий, оборудованных телескопами диаметром 60 см – 1 метр. В качестве второго шага предлагается использовать сеть роботизированных телескопов диаметром 2 метра для фотометрических, спектрографических и поляриметрических исследований преимущественно переменных звезд и околоземных объектов.

56. Проект НОРТ готов к сотрудничеству с аналогичными сетями телескопов в других регионах. В рамках практикума информацию о проектах создания и результатах работы оптических астрономических обсерваторий представили следующие страны: Алжир, Индия, Иордания, Ливан, Маврикий, Малайзия, Пакистан, Парагвай, Перу, Саудовская Аравия, Сирийская Арабская Республика, Того, Тунис, Эфиопия и Южная Африка.

I. Практическая астрофизика

57. На основе уникальной базы данных о переменных звездах Американской ассоциации астрономов, наблюдающих переменные звезды (AAVSO), подготовлены материалы по практической астрофизике. Она представляет собой учебный курс, который может быть включен в институтские и университетские программы по естественным наукам, математике и информатике и который обеспечивает непосредственное вовлечение студентов и преподавателей в научную деятельность.

58. Практическая астрофизика помогает учащимся приобрести основополагающие навыки научной работы и усвоить основные концепции в области астрономии; она опирается на междисциплинарный подход и обеспечивает ознакомление учащихся, которые работают с реальными данными, со всеми аспектами научного процесса. Кроме того, в рамках этого курса учащиеся узнают о переменных звездах и об их значении для ученых-астрономов и приобретают необходимую информацию и навыки для изучения поведения переменных звезд или для проведения любительских наблюдений за ними.

59. Учащиеся приобретают навыки, необходимые для проведения наблюдений, анализа полученных данных с использованием графов и статистических методов, прогнозирования и сопоставления прогнозов с данными наблюдений, а также для разработки сложных математических моделей. Учащиеся узнают о переменных звездах, используя упражнения, программное обеспечение, диаграммы, наборы слайдов и видеофильмы, которые прилагаются к учебнику для преподавателей и учащихся. Учащиеся получают доступ к базе данных AAVSO и обмениваются информацией о своих исследованиях и наблюдениях с другими учащимися через специально созданный для этого проекта сайт в Интернете.

60. Исследование переменных звезд особенно подходит для программ обучения в области естественных наук, математики и информатики. Учащиеся могут наблюдать переменные звезды и анализировать изменение яркости наблюдаемых звезд, используя предоставляемую базу данных 600 000 наблюдений и компьютерную программу. Благодаря значительному объему данных и математическим методам уточнения удается получать довольно точные результаты. Это убеждает учащихся в достоверности их наблюдений и в том, что полученные ими данные могут быть достаточно полезны в работе профессиональных астрономов.

61. В 1999 году AAVSO предоставила материал по практической астрофизике ряду оборудованных телескопами центров, которые были открыты под эгидой или при поддержке со стороны практикумов Организации Объединенных Наций/ЕКА по фундаментальной космической науке, в целях его использования вместе с оптическими наблюдениями с помощью телескопов и в рамках учебных программ

(Гондурас, Иордания, Марокко, Парагвай, Филиппины и Шри-Ланка).

J. Астрофизика для университетских курсов по физике: учебная программа, разработанная для практикумов Организации Объединенных Наций/Европейского космического агентства по фундаментальной космической науке

62. Для практикумов Организации Объединенных Наций/ЕКА по фундаментальной космической науке была разработана учебная программа на основе блоков астрофизических задач, из которых можно отбирать один или несколько и включать в существующие курсы по таким разделам физики, как элементарная механика, теплота и излучение, кинетическая теория, электротоки, а также некоторые более сложные курсы. Наличие такой программы снимает затруднения с внедрением астрофизики в университетские курсы по физике, особенно в развивающихся странах.

63. Такие задачи по астрофизике призваны разнообразить и дополнить существующие курсы по физике, способствовать углублению понимания студентами физики путем ознакомления с ее новыми областями и развитию у них более богатого воображения. Для каждой задачи по астрофизике предоставляется краткое учебное пособие, с тем чтобы преподаватель мог осветить задачу в аудитории. Изложение задач более сложного уровня начинается с краткого введения в соответствующий раздел физики.

64. Учебная программа разбита на следующие основные разделы: орбиты и третий закон Кеплера; Солнечная система; нейтронные звезды и скопления галактик; тепловое излучение; жизнь звезд; космические магнитные поля; и астрофизика высоких энергий.

65. Для всех задач требуются сжатые алгебраические и цифровые решения, которые могут быть легко использованы в физике. Для многих задач решение является более коротким, чем сама постановка задачи.

66. Привлекательность астрофизики не только в том, что она обогащает воображение, но и в том, что она связана со множеством других дисциплин. Астрофизика сочетает в себе атомную физику, ядерную физику, газогидродинамику, физику плазмы, физику твердых тел, теорию неупорядоченности, органическую химию, специальную и общую теорию относительности и многое другое. Однако студенты учатся на решении конкретных задач, причем благодаря многообразию решаемых задач у них вырабатывается широкий научный кругозор. Таким образом, включенные в эту учебную программу задачи позволяют студентам ориентироваться в связанных с ними более широких проблемах астрофизики. Большинство сопровождающих каждую задачу текстов направлено на освещение более широких вопросов и проблем, которые затем отражаются в конкретных задачах, которые предлагается решать студентам.

Астрофизика как новая область науки

67. Даже студенты могут ставить интересные вопросы, перспективные с точки зрения исследований. Некоторые наблюдения с помощью космического телескопа Хаббла были проведены по просьбе учащихся старших классов с целью их анализа. Вместе с тем первопроходческий характер астрофизики затрудняет преподавание этой науки. Даже специалист-астрофизик скоро привыкает признавать в связи с некоторыми вопросами учащихся, что он не знает ответа, и, в оптимальном варианте, предлагать им вместе разобраться с проблемой. Обучать решению задач в рамках учебной программы будет действительно непросто, поскольку учащиеся неизбежно будут задавать вопросы, выходящие далеко за рамки конкретной задачи и предоставленного учебного пособия по астрофизике. Преподавателям будет затруднительно признавать, что они чего-то не знают, но обретение студентами навыков формулировать вопросы является гораздо более важным. Многие студенты, изучающие физику, лишь запоминают предлагаемый материал. Астрофизика заставляет их отойти от этой привычки и начать думать самостоятельно. Задаваемые студентами вопросы свидетельствуют об их прогрессе.

Дидактика

68. Приступая к теоретическому анализу новых наблюдаемых явлений, следует начинать не с компьютера, а с определения того, какой раздел физики является применимым. Необходимо выбрать несколько физических параметров и составить минимальное количество аналитических уравнений, отражающих суть физических явлений. Эти уравнения относятся к числу не требующих сложных расчетов. В астрофизике прежде всего учитываются соответствующие формы энергии, причем вначале не уделяется внимание тому, какие именно силы лежат в основе этой энергии. Необходимо установить, с какого рода энергией – гравитационной, ядерной, кинетической, электромагнитной или сочетанием двух из них – приходится иметь дело и каковы основные параметры, например размер или масса объекта, влияющие на эти виды энергии. Ответы иногда помогают получить применение анализа размерностей. Возможная ошибка в два-три раза относительно числовых коэффициентов в таких предварительных расчетах является несущественной. В нескольких задачах, включенных в учебную программу, особое внимание уделяется порядку величин при математическом анализе и анализе размерностей. В некоторых задачах студентам предлагается, в частности, решить дифференциальные уравнения, что позволяет наглядно выявить основные физические параметры.

Совместное обучение в группах

69. Новая область науки требует приложения совместных усилий. Неотъемлемым элементом изучения астрофизики и проведения исследований в этой области является обсуждение. Включенные в учебную программу задачи при необходимости можно излагать и решать в рамках лекции, однако они отобраны и написаны таким образом, чтобы их могли обсуждать и решать небольшие группы студентов, причем предпочтительно в ходе занятия. Эффективно работают группы в составе двух, трех или четырех студентов, что частично зависит от возможностей размещения их в аудитории.

70. Работа студентов в группах занимает много времени. За время, необходимое группам студентов для обсуждения одной задачи, преподаватель может изложить материал по трем задачам. По сравнению с чисто лекционными курсами в этом случае из-за

недостатка времени приходится опускать некоторые темы курса. Однако можно быть уверенным, что студенты поймут задачу, которую они решили, и что преподаватель получит доказательства тому. Это в конечном счете гораздо более полезно для студента, чем отрывочно запоминаемый им некоторый дополнительный материал.

71. В настоящее время учебная программа рассматривается в обсерваториях, которые были открыты под эгидой или при поддержке со стороны практикумов Организации Объединенных Наций/ЕКА по фундаментальной космической науке и принимавших их стран (Германия, Гондурас, Египет, Индия, Иордания, Колумбия, Коста-Рика, Маврикий, Нигерия, Парагвай, Филиппины, Франция и Шри-Ланка).

IV. Всемирная космическая обсерватория

72. Организация Объединенных Наций (через свое Управление по вопросам космического пространства) и ЕКА начиная с 1991 года совместно организуют серию практикумов по фундаментальной космической науке (см. пункт 3). Осуществление рекомендаций этих практикумов способствует укреплению научной инфраструктуры в развивающихся странах. Участниками практикумов была предложена, в частности, концепция всемирной космической обсерватории, которая предусматривает создание на основе международного участия, в том числе развивающихся стран, спутниковой обсерватории для исследований в ультрафиолетовой области электромагнитного спектра⁴.

73. Участникам практикума были представлены результаты оценки условного запуска Всемирной космической обсерватории (W SO/U V) (CDF-05(A)), которая была проведена в рамках Программы общих исследований (долгосрочное планирование) ЕКА. Согласно этим результатам проект W SO/U V может быть осуществлен приблизительно через шесть лет. Идея программы полета, представляющего интерес как для развивающихся, так и для более развитых стран, несомненно, является более продуктивной, чем идея программы полета в интересах лишь развивающихся стран. Такая предусматривающая более широкий охват программа полета реально обеспечит полезное взаимодействие специалистов в

области фундаментальной космической науки во всем мире, что явится дополнительным эффективным стимулом для ее реализации. Модель обсерватории W SO/U V, которую планируется вывести в точку Лагранжа L₂, включает в себя телескоп диаметром 1,7 метра, спектрографы и формирователи изображений. Согласно результатам исследования в настоящее время имеется реальная возможность подготовить такую программу с возможным запуском аппарата в 2006 году. Для того чтобы использовать эту возможность, необходимо безотлагательно продолжить поиск путей для скорейшей мобилизации широкого участия, продолжить работу над подробным планом реализации проекта, а также продолжить поиск соответствующих источников финансирования. Будущие практикумы могут внести важный вклад в дальнейшее изучение практических аспектов, связанных с обеспечением широкого участия различных стран, особенно развивающихся стран, как на этапе разработки проекта, так и на этапах практического использования обсерватории W SO/U V.

Примечания

¹ См. Доклад третьей Конференции Организации Объединенных Наций по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях, Вена, 19-30 июля 1999 года (издание Организации Объединенных Наций, в продаже под № R.00.I.3), глава I, резолюция I, пункт 1(e)(ii), и глава II, пункт 409(d)(i).

² Официальные отчеты Генеральной Ассамблеи, пятьдесят четвертая сессия, Дополнение № 20, и исправление (A/54/20 и Corr.1), пункт 52.

³ См. See J. Andersen, "Astronomy and the degrading environment", *Science*, vol. 288, 21 April 2000, pp. 443 and 444.

⁴ См. Доклад третьей Конференции Организации Объединенных Наций по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях, Вена, 19-30 июля 1999 года (издание Организации Объединенных Наций, в продаже под № R.00.I.3), глава II, пункт 207.

Библиография

1. *Документы Комитета по использованию космического пространства в мирных целях*

Доклад о работе первого Практикума Организации Объединенных Наций/Европейского космического агентства по фундаментальной космической науке, Бангалор, Индия, 30 апреля – 3 мая 1991 года (A/AC.105/489)

Доклад о работе второго Практикума Организации Объединенных Наций/Европейского космического агентства по фундаментальной космической науке, Сан-Хосе и Богота, 2–13 ноября 1992 года (A/AC.105/530)

Доклад о работе третьего Практикума Организации Объединенных Наций/Европейского космического агентства по фундаментальной космической науке, Лагос, 18–22 октября 1993 года (A/AC.105/560/Add.1)

Доклад о работе четвертого Практикума Организации Объединенных Наций/Европейского космического агентства по фундаментальной космической науке, Каир, 27 июня – 1 июля 1994 года (A/AC.105/580)

Доклад о работе пятого Практикума Организации Объединенных Наций/Европейского космического агентства по фундаментальной космической науке: от малых телескопов к космическим полетам, Коломбо, 11–14 января 1996 года (A/AC.105/640)

Доклад о работе шестого Практикума Организации Объединенных Наций/Европейского космического агентства по фундаментальной космической науке: астрономические исследования с использованием наземной и космической аппаратуры, Бонн, 9–13 сентября 1996 года (A/AC.105/657)

Доклад о работе седьмого Практикума Организации Объединенных Наций/Европейского космического агентства по фундаментальной космической науке: малые астрономические телескопы и спутники в сфере образования и научных исследований, Тегусигальпа, 16–20 июня 1997 года (A/AC.105/682)

Доклад о работе восьмого Практикума Организации Объединенных Наций/Европейского космического

агентства по фундаментальной космической науке: научные исследования из космоса, Мафрак, Иордания, 13–17 марта 1999 года (A/AC.105/723)

Доклад третьей Конференции Организации Объединенных Наций по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях, Вена, 19–30 июля 1999 года (A/AC.184/6) (издание Организации Объединенных Наций, в продаже под № R.00.I.3)

2. *Документы, представленные на девятом Практикуме Организации Объединенных Наций/Европейского космического агентства по фундаментальной космической науке: спутники и сети телескопов как средства для обеспечения всеобщего участия в исследованиях Вселенной*

American Association of Variable Star Observers. Hands-on astrophysics. Cambridge, MA, 1998.

Wentzel, D. G. Astrophysics for university physics courses. College Park, MD, University of Maryland.

Bahcall, J. N., and J. P. Ostriker, eds. Unsolved problems in astrophysics. Princeton, NJ, Princeton University Press, 1997.

European Space Agency. Ultraviolet astrophysics beyond the IUE final archive; proceedings of the Conference, held at Sevilla, Spain, 11-14 November 1997. W. Wamsteker and R. Gonzalez Riestra, eds.

-----Assessment study report WSO/UV, CDF-05(A). May 2000.

National Research Council. The decade of discovery in astronomy and astrophysics. Washington, D.C., National Academy Press, 1991.

-----Working papers; astronomy and astrophysics panel reports. Washington, D.C., National Academy Press, 1991.

-----Astronomy and astrophysics in the new millennium; panel reports. Washington, D.C., National Academy Press, 2000.

Research and education in basic space science; the approach pursued in the UN/ESA workshops. Working paper presented at the International

Astronautical Federation Specialists Symposium
Bringing Space into Education, Bischenberg,
France, 3-5 April 2000.

Spaceguard Foundation. Spaceguard integrated system
for potentially hazardous object survey; final
report. ESOC Contract No. 13265/98/D/IM.
28 April 2000.

3. *Контактные адреса астрономических обсерваторий, которые были открыты под эгидой или при поддержке со стороны практикумов Организации Объединенных Наций/Европейского космического агентства по фундаментальной космической науке*

Centro Internacional de Física, Universidad de los
Andes, Apartado Postal 49490, Bogotá, Colombia.
<http://aether.lbl.gov/www/projects/GEM/>

National Research Institute of Astronomy and
Geophysics, Kottamia Observatory, Helwan, Cairo,
Egypt.
<http://www.sti.sci.eg/scrci/nriag.html>

Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Apartado
Postal 4432, Tegucigalpa M.D.C., Honduras.
<http://www.unah.hn>

Higher Institute of Astronomy and Space Sciences, Al
al-Bayt University, P.O. Box 130302, Mafraq, Jordan.
<http://www.aabu.edu.jo/>

Universidad Nacional de Asunción, Ciudad
Universitaria, San Lorenzo, Paraguay.
<http://www.una.py/>

Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical
Services Administration, Asia Trust Building, 1424
Quezon Avenue, Quezon City, The Philippines.
<http://w3.itri.org.tw/k0000/apec/Philipin/P14.htm>

Arthur C. Clarke Institute for Modern Technologies,
Katubedda, Moratuwa, Sri Lanka.
<http://www.slt.lk/accimt/>