



# Генеральная Ассамблея

Distr.: General  
15 January 2001

Russian  
Original: English

## Комитет по использованию космического пространства в мирных целях

### Доклад о работе Практикума Организации Объединенных Наций/Европейского космического агентства/Комитета по исследованию космического пространства по методам уплотнения и анализа данных (Дехрадун, Индия, 27–30 ноября 2000 года)\*

## Содержание

<i>Глава</i>	<i>Пункты</i>	<i>Стр.</i>
I. Введение .....	1–11	3
А. Предыстория и цели .....	1–7	3
В. Организация и программа .....	8–11	4
II. Резюме докладов .....	12–47	5
А. Науки о космосе и об атмосфере .....	12–18	5
1. Методы гармонического и Фурье-анализа .....	12	5
2. Выборка данных об озоне из совокупности спутниковых данных .....	13–14	5
3. Получение временных характеристик рентгеновских источников с помощью индийской экспериментальной аппаратуры для рентгеноастрономических исследований на борту спутника IRS-P3 .....	15	6
4. Выделение и анализ спектров ультрафиолетового излучения звезд из данных, получаемых с международного космического аппарата "Эксплорер" для исследований в ультрафиолетовом диапазоне .....	16–18	6
В. Дистанционное зондирование и метеорология .....	19–46	8

\* Для настоящего доклада потребовалось, чтобы выступавшие на практикуме подготовили резюме своих докладов. Этот процесс занял несколько недель, и поэтому доклад был представлен с опозданием.

---

1.	Деятельность Азиатского центра исследований по дистанционному зондированию в области получения, автоматической обработки и распространения данных . . . . .	19–25	8
2.	Разработка методов геометрической коррекции спутниковых снимков с многовременным разрешением . . . . .	26–29	10
3.	Рациональное использование природных ресурсов на основе применения спутникового дистанционного зондирования . . . . .	30–31	11
4.	Основы и особенности спутниковых снимков и обработки изображений . . . . .	32	11
5.	Уплотнение спутниковых снимков и радиометрических данных для применения в метеорологии . . . . .	33–36	12
6.	Извлечение информации из исходных спутниковых данных для вывода полезных параметров . . . . .	37–38	13
7.	Применение дистанционного зондирования Главным управлением Земельной администрации Вьетнама . . . . .	39	13
8.	Обработка радиолокационных данных для океанографии . . . . .	40–44	14
9.	Проектирование и создание небольшой наземной станции (прямого считывания) и компьютерной сети для приема, обработки и распространения изображений S-VISSR с геометеорологического спутника GMS-5 . . . . .	45–46	15
C.	Демонстрация применения дистанционного зондирования и географических информационных систем . . . . .	47	16

## **I. Введение**

### **A. Предыстория и цели**

1. Третья Конференция Организации Объединенных Наций по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях (ЮНИСПЕЙС–III), в частности в своей Венской декларации о космической деятельности и развитии человеческого общества, рекомендовала Программе Организации Объединенных Наций по применению космической техники поощрять совместное участие государств–членов в космической деятельности как на региональном, так и на международном уровне, делая упор на развитии знаний и навыков в развивающихся странах<sup>1</sup>.

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 конференций<sup>2</sup>. 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), Комитет по исследованию космического пространства (КОСПАР) и правительство Индии организовали на базе регионального Учебного центра космической науки и техники для Азии и района Тихого океана и Индийского института дистанционного зондирования (ИИДЗ) в Дехрадуне, Индия, 27–30 ноября 2000 года Практикум Организации Объединенных Наций/ЕКА/КОСПАР по методам уплотнения и анализа данных. Принимающей стороной практикума от имени правительства Индии выступала Индийская организация космических исследований (ИСРО).

4. Главная цель практикума состояла в том, чтобы дать возможность для обмена информацией преподавателям и ученым, занимающимся вопросами получения, анализа и интерпретации спутниковых данных. Спутниковые данные находят научное применение в самых различных областях, включая экологический мониторинг, астрономию, метеорологию и дистанционное зондирование, однако в целом применяются одни и те же основные методы обработки спутниковых данных с помощью соответствующих программных средств. Участники практикума рассмотрели методы уплотнения и анализа спутниковых данных, с тем чтобы большее число ученых в развивающихся странах могли пользоваться существующими обширными банками таких данных.

5. Практикум позволил обменяться идеями ученым, занимающимся генерацией спутниковых данных для различных научно-прикладных программ, и специалистам (особенно из развивающихся стран), участвующим в обеспечении доступа к спутниковым данным и в их обработке, анализе и интерпретации для использования в научных исследованиях и прикладных программах в рамках их специализации. Участники практикума были ознакомлены с имеющимися средствами доступа, анализа и интерпретации данных, получаемых системами сбора цифровой информации для различных учебно-образовательных и научных

целей. Представленные базовые и усовершенствованные принципы и методы были проиллюстрированы взятыми из повседневной практики примерами операций по получению, анализу и интерпретации данных. Практикум способствовал также общению разработчиков и пользователей, обладающих обширным опытом в области производства и использования систем программного обеспечения, по вопросам, касающимся управления данными в таких областях, как дистанционное зондирование, спутниковая метеорология, уменьшение опасности стихийных бедствий и науки о космосе.

6. Практикум дал также возможность приступить к подготовке следующего практикума данной серии, который будет проведен правительством Сирийской Арабской Республики на базе Генеральной организации по дистанционному зондированию (ГОДЗ) в Дамаске 25–29 марта 2001 года.

7. Настоящий доклад подготовлен для представления Комитету по использованию космического пространства в мирных целях на сорок четвертой сессии и его Научно–техническому подкомитету на тридцать восьмой сессии в 2001 году. Участники практикума доложили соответствующим органам правительств своих стран, своим университетам и исследовательским институтам о приобретенных ими знаниях и проведенной работе в ходе практикума.

## **В. Организация и программа**

8. Практикум проходил в Учебном центре космической науки и техники для Азии и района Тихого океана и в ИИДЗ в Дехрадуне, Индия, с 28 по 30 ноября 2000 года. В его работе приняли участие 59 исследователей и специалистов по прикладным программам из 21 страны: Бангладеш, Бутан, Вьетнам, Индия, Индонезия, Исламская Республика Иран, Испания, Камбоджа, Китай, Кыргызстан, Лаосская Народно–Демократическая Республика, Монголия, Мьянма, Непал, Республика Корея, Сирийская Арабская Республика, Таиланд, Узбекистан, Филиппины, Шри–Ланка и Япония, а также представители Организации Объединенных Наций и ЕКА.

9. Организация Объединенных Наций и ЕКА обеспечили финансовую поддержку для покрытия расходов на международные авиабилеты и проживание 16 участников из развивающихся стран. Жилье, питание и местный транспорт для тех же участников, а также необходимые для проведения практикума помещения и оборудование были предоставлены ИСРО.

10. Программа практикума была разработана совместно Управлением по вопросам космического пространства и ИСРО. Представленные на практикуме доклады были посвящены методам уплотнения и анализа спутниковых данных и методам обработки изображений применительно к таким областям, как дистанционное зондирование, метеорология и науки о космосе. В рамках практикума была представлена также информация по вопросам получения, интерпретации и архивирования спутниковых данных, а также были продемонстрированы соответствующие программные средства.

11. На открытии практикума выступили представители ИСРО (также от имени КОСПАР), Управления по вопросам космического пространства, ЕКА, Учебного

центра космической науки и техники для Азии и района Тихого океана, ИИДЗ и Национального агентства по дистанционному зондированию Индии.

## **II. Резюме докладов**

### **A. Науки о космосе и об атмосфере**

#### **1. Методы гармонического и Фурье–анализа**

12. Было сообщено, что применительно к дистанционному зондированию, метеорологии, связи и наукам о космосе гармонический и Фурье–анализ используются в качестве математического средства для таких целей, как освобождение звуковых сигналов от шумов, сжатие сигнала, обнаружение объекта, освобождение изображения от шумов, повышение качества изображения, распознавание изображений и анализ с помощью временных рядов. Трансформанта Фурье действует как математическая призма, разбивая функцию на составляющие ее частоты подобно тому, как призма разбивает свет на цвета. В результате функция, которая изменяется во времени (или в пространстве), трансформируется в новую функцию, которая является частотно–зависимой. Трансформанта Фурье преобразует сигнал с одной переменной (временной или пространственной) в другую функцию с одной переменной (частотной), в то время как волновая трансформанта дает преобразование с двумя переменными (временной и частотной). В обоих случаях преследуется цель преобразовать содержащуюся в сигнале информацию в коэффициенты, с которыми можно работать и которые можно хранить, передавать, анализировать, уплотнять или использовать для реконструкции первоначального сигнала. Для демонстрации применения трансформанты Фурье и волновой трансформанты для анализа временных рядов были использованы имеющиеся в сети World Wide Web астрофизические данные и программные средства.

#### **2. Выборка данных об озоне из совокупности спутниковых данных**

13. Был отмечен общеизвестный факт, что атмосферный озон играет важную роль в поглощении смертельно опасного ультрафиолетового (УФ) солнечного излучения и в происходящих в атмосфере химических реакциях. Приходит также понимание роли озона как парникового газа. Значительным открытием стало наблюдаемое в весенний период над Антарктидой заметное истощение озонового слоя. Хлорфторуглероды, даже несмотря на почти полное прекращение их использования, будут оставаться в атмосфере в течение еще долгого времени. Кроме того, повышается концентрация многих парниковых газов (таких, как двуокись углерода, закись азота, метан и т.д.), что заставляет беспокоиться по поводу изменения климата. Мониторинг озона и других газов в атмосфере необходим для понимания изменения химических процессов и последствий для окружающей среды.

14. Для долговременного глобального мониторинга озона и других соответствующих газов наиболее подходит спутниковая техника. Дистанционное исследование атмосферных газов основано на измерении поглощающих и/или эмиссионных свойств этих газов. Полоса поглощения озона лежит в УФ,

видимом и инфракрасном (ИК) диапазонах спектра, а полосы поглощения других малых газовых примесей лежат в ИК и микроволновой области спектра. Измерения общего содержания озона в атмосферном столбе широко проводились в течение длительного периода с помощью спектрометра для сплошного картирования озонового слоя (TOMS), который выводился на орбиту на борту различных спутников, что обеспечивало непрерывность наблюдений. Полезные данные были получены с помощью спутника для исследования верхних слоев атмосферы (UARS). Япония, Соединенные Штаты Америки и ЕКА планируют запуск спутников с различной аппаратурой для измерения озона, а также множества малых газовых составляющих. В ходе представления доклада были обсуждены основные методы спутниковых измерений и выборки данных.

**3. Получение временных характеристик рентгеновских источников с помощью индийской экспериментальной аппаратуры для рентгено–астрономических исследований на борту спутника IRS-P3**

15. Было сообщено, что индийская экспериментальная аппаратура для рентгено–астрономических исследований (IXAE) представляет собой набор из трех коллимированных пропорциональных счетчиков излучения, которые используются для исследования характеристик космических источников рентгеновского излучения, а именно нейтронных звезд и черных дыр. Аппаратура IXAE была выведена на орбиту на борту индийского спутника IRS-P3 21 марта 1996 года и с тех пор успешно функционирует. За последние четыре с половиной года с помощью IXAE было проведено около 60 точечных наблюдений, в рамках которых удалось наблюдать около 40 галактических точечных рентгеновских источников. Были получены весьма интересные и важные результаты, касающиеся различных характеристик этих компактных объектов и их взаимодействия с окружающей их средой. В рамках практикума была представлена информация об аппаратуре и полученных к настоящему времени результатах и были подробно обсуждены различные методы анализа, используемые для получения этих результатов. Наряду с информацией о методах анализа данных были представлены также другие интересные научные данные, которые можно получить на основе существующих наблюдений с помощью IXAE.

**4. Выделение и анализ спектров ультрафиолетового излучения звезд из данных, получаемых с международного космического аппарата "Эксплорер" для исследований в ультрафиолетовом диапазоне**

16. ЕКА сообщило об успешном осуществлении в рамках своей Научной программы уникальных космических проектов, благодаря которым были созданы крупные массивы данных в различных областях фундаментальной космической науки. Вследствие особого характера программ космических исследований по сравнению с деятельностью наземных обсерваторий (устойчивая эксплуатация аппаратуры, значительные возможности по сбору данных и т.д.) информационные фонды этих проектов значительно изменили концепцию архивов как основного средства ученых для проведения исследований. В течение прошедшего десятилетия предпринимались значительные усилия для обеспечения прямого доступа научного сообщества к

данным и результатам этих космических проектов. Что касается таких архивов ЕКА, то они связаны со следующими научными проектами:

КА "Эксплорер" для исследований в УФ-диапазоне (IUF)	УФ-спектры астрономических объектов
Космическая обсерватория для исследований в ИК-области спектра (ISO)	ИК-спектры и снимки астрономических объектов
Hipparcos	Собственное движение и параллаксы астрономических объектов
Космический телескоп Хаббла (HST)	УФ, оптические и ИК-снимки и спектры астрономических объектов
Солнечно-гелиосферная обсерватория (SOHO)	УФ- и рентгеновские снимки Солнца и его короны
Ulysses	Гидромагнитное картирование и картирование потоков частиц в гелиосфере

17. Поскольку области исследований в рамках этих космических полетов отличаются по своему характеру, каждый из архивов имеет собственную структуру и сферу применения. Был обсужден вопрос о важности ограничения архивных продуктов и было указано на то, что при подготовке архивов, ввиду значительного объема имеющихся данных, действуют иные требования, чем при обычной сжатии данных. Было подчеркнуто, что для конечных пользователей одним из главных аспектов является стабильность архивов, поскольку лишь в этом случае ученые могут сосредоточить усилия на толковании результатов, а не на обработке данных. Стабильные архивы служат также необходимой основой для успешного осуществления таких инициатив, как создание виртуальных обсерваторий. Были даны разъяснения в отношении того, почему использование архивов прошлых и нынешних программ космических полетов является исключительно эффективным средством для общин, которые лишь начинают открывать для себя выгоды, которые может дать деятельность в области космических наук. В плане подготовки молодых ученых использование архивов служит важным стимулом и эффективным средством для подготовки высокообразованных научно-технических кадров. Это является необходимым условием, для того чтобы начать получать выгоды от космической деятельности в глобальном масштабе. Использование космических архивов в развивающихся странах является важным шагом на пути к общему использованию связанных с космонавтикой выгод во многих областях жизни общества.

18. Были подробно обсуждены два архива ЕКА, с тем чтобы проиллюстрировать различия в их структуре и, следовательно, в их использовании и ведении. Была продемонстрирована важность правильно организованных архивов, с помощью которых развивающиеся страны могут принимать участие в космических научно-исследовательских и прикладных программах. В качестве примера были взяты архив новых выделенных спектров на основе данных международного космического аппарата "Эксплорер" для исследований в УФ-диапазоне (INES) и архив данных космической

обсерватории для исследований в ИК–области спектра. Состоялось подробное обсуждение этих примеров с целью продемонстрировать различия между двумя подходами и последствия для конечных пользователей, а также для долгосрочных потребностей в поддержке этих архивов. Доступ к обоим архивам полностью обеспечивается через Интернет и World Wide Web. Архив INES является примером полностью распределенного архива всего лишь с двумя главными центрами в Канаде и Испании, при этом он обслуживает общемировую систему национальных хост–узлов в 22 странах и обеспечивает доступ для конечных пользователей. Архив космической обсерватории для исследований в ИК–области спектра является архивом с высокой степенью централизации при двух главных центрах в Испании и Соединенных Штатах, при этом основное внимание в деятельности архива уделяется совершенствованию выходных продуктов. Состоялось подробное обсуждение последствий, связанных с использованием различных структур в рамках этих двух подходов.

## **В. Дистанционное зондирование и метеорология**

### **1. Деятельность Азиатского центра исследований по дистанционному зондированию в области получения, автоматической обработки и распространения данных**

19. Азиатский институт технологии (АИТ), который был создан в Таиланде в 1959 году, играет в качестве аспирантуры важную роль в подготовке высококвалифицированных специалистов в различных технических областях для Азиатского региона. Одним из элементов АИТ является Программа исследований и применения космической техники (STAR), которая предоставляет возможности для учебы, подготовки специалистов и проведения исследований в области космических технологий, особенно в области применения дистанционного зондирования, географических информационных систем (ГИС) и глобальных навигационных спутниковых систем.

20. Учитывая расширение сфер применения космической техники, в 1999 году программа STAR заново определила свои задачи по двум направлениям деятельности в целях более эффективного содействия использованию космической техники в регионе. Одно из направлений связано с ролью программы как разработчика технологий, а другое – как технического партнера. В качестве разработчика технологий STAR организует учебу студентов, проявивших способности к разработке прикладных технологий в рамках их специализации, а также, создав собственный исследовательский центр, содействует проведению исследований. Что касается роли технического партнера, то в рамках STAR была создана общеинститутская лаборатория ГИС и дистанционного зондирования, которую в учебных и исследовательских целях использует весь АИТ. Кроме того, STAR обеспечивает распространение опыта и знаний в регионе посредством учебной, исследовательской и консультативной деятельности.

21. Для решения вышеуказанных задач программа STAR разделена на три компонента: обучение, подготовка кадров и исследования. Для обеспечения максимальной эффективности программы в целом эти три компонента



используют общие людские ресурсы, оборудование и опыт исследовательской деятельности.

22. Основной функцией STAR является обучение в рамках программ подготовки магистров и докторов. Курс подготовки к получению степени магистра длится 20 месяцев и состоит из пяти семестров. Первые три семестра предусматривают освоение базовых и углубленных знаний. Последние два семестра предназначены для работы над диссертацией, в ходе которой студентам предлагается участвовать в разработке прикладных технологий. В рамках программы подготовки к степени получения доктора, которая длится 36 месяцев, студенты посвящают все свое время исследовательской работе.

23. Что касается подготовки кадров, то в рамках STAR был создан Центр по применению ГИС с целью передачи опыта пользователям. Основной деятельностью Центра является организация пяти курсов при поддержке со стороны Национального агентства по освоению космического пространства Японии. Три курса, посвященные таким вопросам, как управление ресурсами водосборного бассейна, управление ресурсами прибрежных зон и использование РЛС с синтезированной апертурой, проводятся на базе АИТ. Эти курсы направлены на углубленное изучение комплексного использования технологий дистанционного зондирования и ГИС. Два других курса относятся к категории выездных и проводятся за пределами Таиланда в целях предоставления конечным пользователям в регионе более широких возможностей для обучения. Центр приступил также к организации нового типа курсов, предусматривающего после завершения обычных интенсивных курсов проведение программы по реализации одно-двухмесячного мини-проекта. Это позволит повысить эффективность обычных интенсивных курсов.

24. STAR совместно с Азиатской ассоциацией по дистанционному зондированию (ААДЗ) создали Азиатский центр исследований по дистанционному зондированию в целях содействия проведению исследований и оказания технической поддержки в регионе. Центр организует исследовательские проекты и предоставляет возможности для проведения исследований, в том числе приглашенным ученым. Центр получил от Национального управления по исследованию океанов и атмосферы (НОАА) Соединенных Штатов усовершенствованный радиометр с очень высоким разрешением (AVHRR), с помощью которого оперативно производит составные безоблачные снимки для десятидневного стандартизованного индекса различий растительного покрова (NDVI) и распространяет через Интернет информацию для ее прикладного использования в близком к реальному масштабе времени. Предполагается, что к марту 2001 года будет создана станция приема данных со спутника MODIS (спектрометр с формированием изображения со средним разрешением).

25. Планирует создать центр по применению данных в целях предоставления более широкой информации и технической помощи пользователям в регионе. Создание такого центра будет способствовать практическому применению данных дистанционного зондирования, а также развитию исследований в регионе.

## 2. Разработка методов геометрической коррекции спутниковых снимков с многовременным разрешением

26. Было сообщено о том, что в последнее время было получено множество естественных снимков, синтезированных изображений и данных с привязкой к координатной сетке и что становится доступной информация, поступающая с таких спутников, как ERS (европейский спутник дистанционного зондирования), Landsat (спутник дистанционного зондирования Земли), RADARSAT и SPOT (спутник наблюдения Земли). К 2005 году планируется вывести на орбиту более 100 спутников наблюдения Земли. Еще одной областью, в которую в настоящее время вкладываются значительные финансовые средства и которая производит большой объем растровых данных, является картирование по цифровым ортофотоснимкам. Несомненно, что включение различного типа данных в единую базу данных могло бы значительно расширить возможности. Создание такой системы баз данных позволит эффективно использовать эти данные для различных целей, в частности для экологического мониторинга Земли.

27. Основное внимание в рамках исследований уделялось двум методам построения систем баз данных для управления большим количеством геокодированных спутниковых снимков и растровых данных. Эти методы описываются ниже.

28. Для высокоточной геометрической коррекции требуются наземные контрольные точки (НКТ), однако для регистрации координат снимка порой не просто найти НКТ на местности. Кроме того, выполнение геометрической коррекции с помощью НКТ является весьма трудоемкой работой, и поэтому в отсутствие четких НКТ на местности могут использоваться традиционные методы геометрической коррекции. Учитывая это, требуется одновременная геометрическая коррекция всех спутниковых снимков, которые планируется использовать в автоматическом режиме. Был предложен метод автоматического определения НКТ и реперных точек и коррекции геометрических ошибок на всех снимках, который основан на идее блочной корректировки, используемой в фотограмметрии. Этот метод позволяет повысить эффективность и сократить общее число НКТ, необходимых для геометрической коррекции.

29. Во-первых, формы отпечатков элементов изображения (пикселей) представляются в определенной системе координат. Путем проектирования границ или четырех углов пикселя на плоскости изображения на наземную систему координат, создающую координатную сетку, можно получить точную и ясную взаимосвязь между пикселем и координатной сеткой. Этот процесс требует значительной вычислительной мощности, однако спроектированная граница пикселя может использоваться неоднократно, если координатные клетки определяются в одной и той же системе координат. Второй шаг состоит в представлении отпечатков границ пикселя на основе комбинации линейных характеристик. Пиксельные границы и линейные границы можно аппроксимировать линейными сегментами с равными интервалами. Благодаря этому можно очень быстро рассчитывать точки пересечения с границами координатных клеток.

### **3. Рациональное использование природных ресурсов на основе применения спутникового дистанционного зондирования**

30. Было отмечено, что для обеспечения экономической и продовольственной безопасности человечества принятие стратегий устойчивого развития уже рассматривается не как возможный вариант, а как безусловная необходимость. Это является центральной темой Повестки дня на XXI век, которая была принята на Конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию в 1992 году. Реализации стратегий устойчивого развития должны содействовать современные научно-технические знания. Удивительный прогресс в области космонавтики в течение четырех последних десятилетий убедительно продемонстрировал, что Земля является нашим общим домом, требующим бережного отношения, и что выживание Земли в целом зависит от обеспечения разумного качества жизни на основе гармоничных отношений с природой и окружающей средой. Это предусматривает мониторинг, сохранение и рациональное использование имеющихся природных ресурсов. Важнейшую роль в определении, оптимизации и обеспечении мониторинга степени использования природных ресурсов, играет применение спутникового дистанционного зондирования в сочетании с географическими информационными системами. Их применение помогает также разрабатывать соответствующие планы действий в целях устойчивого развития.

31. Применение космической техники не только приносит прямые выгоды, но и ясно демонстрирует взаимосвязь (через изменения в погоде, климате, геосфере и биосфере) природных и антропогенных явлений, происходящих на Земле, и указывает на то, что судьба каждой страны связана с судьбой мира в целом. В качестве примеров были приведены такие виды деятельности, как картирование лесного покрова и пустошей, оценка площадей, занятых сельскохозяйственными культурами, оценка и мониторинг урожая. Был приведен пример комплексного рационального использования ресурсов в целях устойчивого развития на основе разработки планов действий для конкретных районов. Было обращено особое внимание на использование геоинформатики для проведения экологического анализа и на использование данных спутникового дистанционного зондирования для уменьшения ущерба от стихийных бедствий. В качестве вывода было указано на необходимость закрепления практики использования космических технологий, а также на необходимость развития механизмов, создания потенциала и обмена данными между развивающимися странами. Обеспечить экологическую безопасность в ближайшие десятилетия можно лишь в том случае, если в общемировом масштабе будут приняты стратегии развития и рационального использования ресурсов, отвечающие потребностям общества и культурной практике и основанные на применении спутникового дистанционного зондирования и других возможностей информационной технологии.

### **4. Основы и особенности спутниковых снимков и обработки изображений**

32. Смысл различных изображений, получаемых с помощью дистанционного зондирования в различных диапазонах частот электромагнитного спектра, заключается во взаимодействии между электромагнитным излучением и зондируемым материалом. Каждое изображение состоит из массива чисел, обозначающих дискретные уровни яркости (пиксели). Обработка изображения

начинается с радиометрической и геометрической коррекции, а затем изображение может регистрироваться в системе географических координат, с тем чтобы можно было добавить другие пространственные данные. Для более успешной расшифровки и анализа изображений их дополнительно корректируют и относят к различным категориям объектов. В ходе состоявшегося обсуждения были приведены примеры различных методов повышения качества изображений и их классификации.

#### **5. Уплотнение спутниковых снимков и радиометрических данных для применения в метеорологии**

33. Было сообщено, что прогнозирование погоды осуществляется в трех основных масштабах времени: краткосрочном, среднесрочном и долгосрочном. Краткосрочное и среднесрочное прогнозирование связано с проблемой исходных значений и требует точного описания исходных условий. Благодаря периодически повторяемому зональному покрытию с помощью метеорологических спутников можно получать глобальную картину ветров на четырех уровнях, а также профили температуры и влажности в тропосфере. Эти параметры используются в синоптических цифровых моделях для прогнозирования погоды и осадков. Одним из наиболее важных граничных параметров, получаемых с помощью спутников, является температура поверхностного морского слоя.

34. Существуют два класса метеорологических спутников: геостационарные спутники (обеспечивают повторяемое покрытие определенной части земного шара) и орбитальные спутники (обеспечивают глобальное покрытие приблизительно дважды в день). На борту спутников установлена аппаратура как пассивного типа (например, формирователи изображений, ИК и микроволновые радиометры, а также приборы вертикального и лимбового зондирования), так и активного типа (радиовысотометры, рефлектометры, РЛС с синтезированной апертурой, лидары и т.д.).

35. В течение почти двух десятилетий для исследования основных метеорологических систем Индии, включая тропические циклоны, юго-западные муссоны и западные атмосферные возмущения, используются геостационарные спутники серии INSAT (индийский национальный спутник) и гелиосинхронные спутники на полярной орбите серии NOAA. Со спутников INSAT поступают данные о переносе ветрами облачного покрова, о количестве осадков и уходящей длинноволновой радиации, а со спутников NOAA – о температуре поверхностного морского слоя. Были продемонстрированы методы получения этих информационных продуктов.

36. Индия недавно осуществила запуск спутника Oceansat-1 с многоканальным сканирующим СВЧ радиометром для измерения параметров морской атмосферы и поверхности океана.

## 6. Извлечение информации из исходных спутниковых данных для вывода полезных параметров

37. Было обращено внимание на обратную задачу, связанную с тематической классификацией получаемых с помощью дистанционного зондирования изображений, с тем чтобы указать на невозможность существования единственного решения, а также на то, что одним из методов решения такой некорректно поставленной задачи является введение ограничения по максимальному правдоподобию (МП). На примере тематического исследования было продемонстрировано, что применение МП может обеспечить точность классификации приблизительно на уровне 72 процентов. Для повторного определения априорной вероятности (в виде отношения площади под установленным тематическим классом к общей площади изображения) используется основанная на перечне ГИС графическая накладка местности с описанием различных классов для данного изображения и в итеративном режиме проводится классификация с учетом МП до тех пор, пока не достигается точность совпадения с накладкой ГИС в пределах 3 процентов. Даже использование этого метода при пятикратной итерации позволяет довести степень точности классификации лишь до 87 процентов. Причины такого ограничения были разъяснены с помощью гистограмм и диаграмм рассеяния различных диапазонов.

38. Поскольку сельскохозяйственные и почвенные системы и метеорологические системы в масштабах 10 м и 100 км, соответственно, можно принять в качестве однородных, а происходящие в них процессы являются интермодулирующими, то масштаб 1 км (геометрическое среднее 10 м и 100 км) может использоваться в качестве масштаба для космических наблюдений в интересах агрометеорологии. В масштабе района была продемонстрирована зависимость (при 98-процентном доверительном уровне) между временным профилем NDVI, основанным на данных AVHRR, и суммой активных температур за вегетационный период, что является общепринятым агрометеорологическим индикатором роста. Для решения проблем, связанных с изменением коэффициента излучения и изменением относительной степени облучения почвы и сельскохозяйственных культур в течение цикла их роста, значение температуры пикселя ( $T_s$ ) оценивается при двух крайних допущениях – при голой почве ( $T_g$ ) и при сплошном растительном покрове ( $T_v$ ) – на основе использования соответствующего значения коэффициентов излучения в рабочих диапазонах AVHRR 4 (10,3–11,3 мкм) и 5 (11,5–12,5 мкм); значения  $NDVI_g$  и  $NDVI_v$  применительно к использованию коэффициентов излучения для расчета  $T_g$  и  $T_v$  берутся из литературы. Оценка  $T_s$  производится на основе формулы  $T_s = T_g(1 - NDVI_n) + T_v * NDVI_n$ , где  $NDVI_n = (NDVI - NDVI_g)/(NDVI_v - NDVI_g)$ . В данном случае NDVI – это наблюдаемый NDVI для пикселя, имеющего температуру  $T_s$ .

## 7. Применение дистанционного зондирования Главным управлением Земельной администрации Вьетнама

39. Было сообщено, что в 1985 году при Главном управлении Земельной администрации Вьетнама был создан Центр по дистанционному зондированию на основе действующего с 1980 года Отдела дистанционного зондирования.

Основное внимание в деятельности Центра по дистанционному зондированию уделяется обработке изображений для предоставления пользователям спутниковых данных с различным уровнем обработки, включая уровень 3, а также для совершенствования топографических карт. Другим направлением деятельности Центра является создание тематических карт, включая карты землепользования различного масштаба. До настоящего времени все прикладные работы были основаны на оптических данных, получаемых с таких спутников, как SPOT и Landsat, а также на снимках, получаемых с различных российских спутников. Новый импульс деятельности Центра должен придать проект по использованию технологии дистанционного зондирования применительно к управлению ресурсами прибрежной зоны, который осуществляется при техническом содействии со стороны Департамента по экономическим и социальным вопросам, Управления по вопросам космического пространства и ЕКА. Проект направлен на расширение возможностей Центра применять технологию дистанционного зондирования в своей оперативной деятельности по составлению карт, особенно для прибрежной зоны Вьетнама, а также на создание условий для использования микроволнового дистанционного зондирования. Были представлены первые результаты, полученные в ходе осуществления этого проекта.

#### **8. Обработка радиолокационных данных для океанографии**

40. Была представлена информация о радиолокационных методах и технике (РЛС с реальной апертурой и с синтезированной апертурой и интерферометрия) и было обсуждено значение спутниковой радиолокационной аппаратуры для решения прикладных океанографических задач.

41. Первая часть представленного доклада касалась РЛС с реальной апертурой, а также различий в воспроизведении изображений между оптическими и радиолокационными снимками. После краткого изложения концепции проекции по наклонной дальности было проведено ее сопоставление с классической оптической проекцией изображения. В конце этой части выступления были даны определения разрешающей способности по дальности и по азимуту. В связи с тем, что рефлектометр, установленный на спутнике ERS, по существу является РЛС с реальной апертурой, были изложены некоторые концепции применения рефлектометрии. Были обсуждены стратегии по улучшению разрешающей способности по дальности и по азимуту (для радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА)) и было разъяснено значение доплеровского эффекта для получения радиолокационных изображений. Были описаны некоторые характеристики получаемых с помощью РСА изображений, в частности эффекты, обусловленные неровностью поверхности, углом падения, диэлектрическими характеристиками цели, которые связаны с глубиной проникновения и поляризацией падающего излучения. Общее рассмотрение вопроса о радиолокационных снимках завершилось обсуждением изображения Дехрадуна.

42. В рамках второй темы выступления, посвященной интерферометрии, были кратко объяснены основные используемые уравнения. На примере интерферограммы Дехрадуна и основанного на ней изображения были проиллюстрированы некоторые основные сферы применения интерферометрии (топография, составление карт склонов, классификация землепользования,

выявление изменений, определение перемещения льдов и изучение факторов, связанных с землетрясениями и поведением вулканов).

43. Использование спутниковой радиолокационной аппаратуры в интересах океанографии имеет важное значение, учитывая, что океан играет ключевую роль во многих аспектах жизни, причем не только в геофизическом, но и в социально-экономическом плане. Одним из главных элементов измерений над океаном является определение параметров ветра с помощью рефлектометра, который обеспечивает глобальное покрытие с достаточным разрешением по времени, что помогает метеорологам и океанографам лучше понять взаимосвязь между океаном и атмосферой. С помощью радиолокаторов измеряется неровность поверхности океана. Были описаны методы определения скорости и направления ветра по неровности поверхности океана, которая напрямую связана с дующим над поверхностью ветром.

44. Применение радиовысотомеров имеет долгую историю. Впервые радиовысотомер был использован на борту космической станции Skylab в 1973 году; затем была создана серия других более высокоточных приборов. Применение приборов такого типа для различных целей зависит не только от точности временных измерений на борту, но и от охвата, различных характеристик аппаратуры, характеристик задач полета и применения различных методов геофизической коррекции. Получаемые с помощью радиовысотомера данные используются в океанографии для изучения течений, среднего уровня моря, явления Эль-Ниньо, топографии уровня моря и приливно-отливного цикла. Среди множества других прикладных областей можно отметить, в частности, мониторинг внутренних вод (например, наблюдение за эволюцией озера Чад или Каспийского моря) или топографию материкового ледяного покрова.

**9. Проектирование и создание небольшой наземной станции (прямого считывания) и компьютерной сети для приема, обработки и распространения изображений S-VISSR с геометеорологического спутника GMS-5**

45. Была представлена информация о созданной Институтом физики Национального центра по естественным наукам и технике Вьетнама системе приема, обработки и распространения изображений S-VISSR, получаемых с японского геосинхронного метеорологического спутника GMS-5, который эксплуатируется с июня 1995 года. Спутник GMS-5 размещен над Экватором в точке 140° в.д. на удалении приблизительно 35 800 км от Земли. Система создана на основе локальной сети персональных компьютеров, причем как аппаратные, так и программные средства являются удобными для пользователей. В аппаратуру системы входят антенна, усилитель с низким уровнем шумов, приемник/преобразователь, битовый/кадровый синхронизатор и персональный компьютер с ингесторной картой. Один персональный компьютер в локальной сети был выделен для обслуживания всего процесса. Система предусматривает несколько функций по обработке изображений, которые можно свести в четыре основные группы: получение изображений, предварительная обработка изображений и вывод их на экран, стандартная обработка данных изображения и его применение. Для решения любых конкретных вопросов со стороны пользователей имеются различные приложения. Архитектура открытых файлов

позволяет пользователям системы считывать и анализировать практически любой тип изображений и обмениваться данными с другими пользователями программных средств.

46. Вышеописанная система способна принимать также сигналы с китайских геометеорологических спутников серии FY-2. В рамках этой серии 25 июня 2000 года был запущен спутник FY-2В, первые изображения с которого были получены системой в сентябре 2000 года.

### **С. Демонстрация применения дистанционного зондирования и географических информационных систем**

47. Основополагающим требованием Повестки дня на XXI век является содействие обеспечению устойчивого развития при сохранении экологии Земли. Эта задача требует оптимальных решений по рациональному использованию природных ресурсов, которые в свою очередь зависят от наличия достоверной и своевременной информации на национальном и региональном уровнях. Все более важную роль в качестве источника надежной и своевременной информации, необходимой для рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, играют данные дистанционного зондирования. Через ГИС эти данные могут объединяться с данными из других источников, что облегчает поиск и получение соответствующей необходимой информации руководителями, плановиками и лицами, принимающими решения по вопросам использования ресурсов. Для содействия рациональному использованию ресурсов в развивающихся странах Учебный центр космической науки и техники для Азии и Тихого океана проводит курсы для аспирантов по использованию дистанционного зондирования и ГИС применительно к различным дисциплинам, касающимся ресурсов Земли. ИИДЗ, на базе которого проводятся эти курсы, является ведущим учебным заведением в регионе, в течение уже трех десятилетий готовящим специалистов из Индии и других стран. Институт оборудован современными вычислительными средствами, включая персональные компьютеры и рабочие станции с современными периферийными устройствами и программным обеспечением. Институт располагает также лабораториями для изучения оборудования и технологии наземного контроля данных. В ходе наглядных демонстраций методов уплотнения, обработки и анализа спутниковых данных и их прикладного применения участники практикума имели возможность ознакомиться с аппаратными и программными средствами, имеющимися в Институте и Учебном центре космической науки и техники для Азии и района Тихого океана.

#### *Примечания*

<sup>1</sup> Доклад третьей Конференции Организации Объединенных Наций по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях (ЮНИСПЕЙС-III), глава I, резолюция I, часть I, раздел 1 (e)(ii), и глава II, пункт 409 (d) (i).

<sup>2</sup> Официальные отчеты Генеральной Ассамблеи, пятьдесят четвертая сессия, Дополнение № 20 (A/54/20), пункт 52.