



Генеральная Ассамблея

Distr.
GENERAL

A/AC.105/529
15 January 1993
RUSSIAN
ORIGINAL: ENGLISH

КОМИТЕТ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

УЧЕБНЫЕ КУРСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ/ЕВРОПЕЙСКОГО
КОСМИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА ПО ПРИМЕНЕНИЮ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ В ГИДРОЛОГИИ И АГРОМЕТЕОРОЛОГИИ, ОРГАНИЗОВАННЫЕ
В СОТРУДНИЧЕСТВЕ С РЕГИОНАЛЬНЫМ ЦЕНТРОМ ОБСЛУЖИВАНИЯ В ОБЛАСТИ
СЪЕМКИ, КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

(Найроби, 12-30 октября 1992 года)

СОДЕРЖАНИЕ

	<u>Пункты</u>	<u>Стр.</u>
ВВЕДЕНИЕ	1 - 7	3
A. Предыстория и цели практикума	1 - 4	3
B. Организация и программа	5 - 7	3
I. ОБЗОР РАБОТЫ КУРСОВ	8 - 77	4
A. Введение и круг вопросов, рассмотренных в ходе работы курсов	8 - 13	4
B. Основы дистанционного зондирования	14 - 31	5
C. Концепции РЛС	32 - 38	9
D. Источники радиолокационных данных в дистанционном зондировании	39 - 45	11
E. Обработка и анализ цифровых изображений	46 - 49	13
F. Прикладное применение дистанционного зондирования	50 - 60	14

СОДЕРЖАНИЕ (продолжение)

	<u>Пункты</u>	<u>Стр.</u>
G. Аппаратное и программное обеспечение анализа изображений	61 - 63	16
H. Географические информационные системы	64 - 69	17
I. Характеристики метеорологических спутников и их прикладное применение в деле оперативного выявления проблем продовольственной безопасности и экологического мониторинга	70 - 77	19
II. ОЦЕНКА РАБОТЫ КУРСОВ	78 - 79	21
<u>Приложение.</u> Программа курсов		22

/ ...

ВВЕДЕНИЕ

A. Предыстория и цели практикума

1. В своей резолюции 37/90 от 10 декабря 1982 года, принятой на тридцать седьмой сессии, Генеральная Ассамблея одобрила рекомендации Второй Конференции Организации Объединенных Наций по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях (ЮНИСПЕЙС-82) и постановила, что Программе Организации Объединенных Наций по применению космической техники следует организовывать учебные курсы по применению последних новшеств космической науки и по новым достижениям в интересах государств-членов, в особенности развивающихся стран.
2. Учебные курсы Организации Объединенных Наций/Европейского космического агентства (ЕКА) по применению систем дистанционного зондирования в гидрологии и агрометеорологии были одним из мероприятий Программы по применению космической техники на 1992 год, которые были одобрены Генеральной Ассамблей в ее резолюции 46/45 от 9 декабря 1991 года. Учебные курсы были организованы в сотрудничестве с Региональным центром обслуживания в области съемки, картографирования и дистанционного зондирования (РЦОСКДЗ), который выступил и в качестве принимающей стороны; курсы были проведены в Найроби с 12 по 30 октября 1992 года в интересах участников из стран регионов Экономической комиссии для Африки (ЭКА) и Экономической и социальной комиссии для Западной Азии (ЭСКЗА).
3. Цель курсов состояла в обучении и практической подготовке участников по различным аспектам нынешних и будущих систем дистанционного зондирования в видимой, инфракрасной и микроволновой частях спектра, включая сбор, обработку, интерпретацию, применение и архивное хранение данных, получаемых с помощью таких систем, а также по использованию этих данных в гидрологии и агрометеорологии.
4. Настоящий доклад, который охватывает предысторию, цели и организацию курсов, а также резюме сделанных докладов, подготовлен для Комитета и его Научно-технического подкомитета. В своих странах участники практикума проинформируют о его работе соответствующие инстанции.

B. Организация и программа

5. В практикуме участвовали специалисты и эксперты, имеющие опыт нескольких лет работы в областях агрономии, метеорологии, гидрологии, лесоводства, агрометеорологии и дистанционного зондирования. Организаторы практикума совместно выбрали 12 участников и 5 наблюдателей из следующих шести стран: Ботсвана, Иордания, Кения, Нигерия, Объединенная Республика Танзания и Оман. Учебные занятия вели эксперты из Канады, Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии, Франции, Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), ЕКА, РЦОСКДЗ и Организации Объединенных Наций (Управления по вопросам космического пространства).

/...

6. Средства, выделенные Организацией Объединенных Наций и ЕКА для организации учебных курсов, были использованы для покрытия расходов на международные авиабилеты шести участников из регионов ЭКА и ЭСКЗА и выплаты им суточных. РЦОСКДЗ обеспечил для курсов учебные и лабораторные помещения и расходуемые материалы.

7. На церемонии открытия выступили: от имени ЕКА - г-н Маурицио Феа, а от имени Организации Объединенных Наций - г-н Адигун Аде Абиодун. Со вступительным заявлением от имени Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) выступил г-н Харви Кроуз.

I. ОБЗОР РАБОТЫ КУРСОВ

A. Введение и круг вопросов, рассмотренных в ходе работы курсов

8. Экологические проблемы во всем мире обострились, как никогда, и требуют принятия срочных мер. Общественность более широко информирована об этой проблеме, и стало очевидным, что необходимо расставить приоритеты, ибо, хотя проблем много и они весьма сложные, средства их решения довольно ограничены. В этой связи первостепенное значение имеют глобальные экологические тенденции, поскольку они могут создать угрозу человеческой жизни. Для обеспечения жизнеспособного и устойчивого развития необходимо обеспечить распределение жизненно важных потенциалов, в число которых, в частности, входят наличие соответствующих данных и информации для принятия решений, укрепление национальных возможностей и использование науки в целях устойчивого развития.

9. Большая часть информации, необходимой для принятия решений о том, что должно быть сделано для защиты окружающей среды и рационального использования ресурсов Земли с целью обеспечить благосостояние будущих поколений, будет получена за счет дистанционного зондирования - науки о наблюдении за поверхностью Земли с расстояния. Естественно, основным источником информации в этой связи будут спутники. Тремя основными группами спутников, которые будут играть ведущую роль, являются нынешние спутники наблюдения Земли, распадающиеся на две категории в зависимости от вида получаемых изображений (оптические и тепловые изображения), и запущенный недавно первый из серии радиолокационных спутников.

10. На сегодняшний день человечество прошло путь от установки первого поколения систем пассивных датчиков на различных космических платформах до использования космических камер и сканеров с высокой разрешающей способностью и микроволнового дистанционного зондирования для мониторинга ресурсов Земли на постоянной основе. Развитие направлений применения радиолокационных данных сейчас является одним из главных приоритетов в сфере дистанционного зондирования. Радиолокационные устройства добавляют новое измерение деятельности по экологическому мониторингу и наблюдению с помощью спутников, ибо они гарантируют сбор данных в глобальном масштабе через предсказуемые, регулярные промежутки времени.

11. Совершенствуются не только системы дистанционного зондирования, но и компьютерная техника и программное обеспечение, используемые для анализа и извлечения информации из данных, получаемых с помощью таких систем. С запуском /...

и введением в строй нового поколения спутников наблюдения Земли, в особенности спутников, оснащенных радиолокационными устройствами, появляются все большие объемы самых различных видов данных. Радиолокационные спутники обеспечивают данные по районам, которые часто бывают покрыты облаками и мониторинг которых в прошлом был невозможен. Использование этих микроволновых данных вместе с данными, получаемыми в видимой и инфракрасной частях электромагнитного (ЭМ) спектра, в рамках географических информационных систем (ГИС) станет весьма эффективным средством мониторинга природных ресурсов и окружающей среды Земли, управления ими и их охраны.

12. Соответственно, целью настоящих учебных курсов было ознакомление участников с информацией основополагающего характера через посредство обучения и практической подготовки в области систем дистанционного зондирования (в видимой, инфракрасной и микроволновой частях спектра), применения данных, генерируемых такими системами, и обработки данных в целях последующего применения в областях гидрологии и агрометеорологии, в частности в их соответствующих странах. Главное внимание уделялось основополагающим принципам дистанционного зондирования, включая системы получения изображений в видимой и инфракрасной частях спектра и радиолокационные системы, нынешние и будущие космические системы наблюдения Земли и получения метеорологических данных, общие принципы получения данных с помощью РЛС с синтезируемой апертурой (SAR) и обработку, составление и интерпретацию радиолокационных изображений, цифровой анализ спутниковых данных, использование методов дистанционного зондирования в обнаружении процессов, имеющих большое значение с агрометеорологической и гидрологической точки зрения, и практическое применение в гидрологии, сельском хозяйстве, лесоводстве и землепользовании.

13. Радиолокационные устройства, используемые для целей дистанционного зондирования, можно сгруппировать в три различные категории: высотомеры, скаттерометры и видео-РЛС. В специализированных областях применения высотомеры используются для определения высоты объекта, т.е. спутника, над уровнем поверхности; как правило, они применяются для определения топографии районов суши и океана. Скаттерометры используются для определения скорости ветра над морской поверхностью или для получения данных, облегчающих анализ данных других РЛС. С помощью видео-РЛС можно получать графические изображения районов наблюдений, и они применяются прежде всего при проведении обследований природных ресурсов и в экологическом мониторинге. Проводившиеся в ходе курсов занятия, посвященные микроволновой технике, были сосредоточены главным образом на видео-РЛС и на анализе и интерпретации их данных.

B. Основы дистанционного зондирования

14. Для развития применения дистанционного зондирования требуется знание научных принципов, лежащих в основе дистанционного зондирования, включая распространение электромагнитного излучения в атмосфере, взаимодействие излучения с веществом, обнаружение излучения системами датчиков и получение изображений в фотографической и компьютерной форме. Сами датчики можно разделить на две категории - формирующие изображение и не формирующие изображений - в зависимости от того, можно ли представить данные, полученные датчиком по объекту наблюдения, в картографической форме. В дистанционном зондировании используются главным образом датчики, формирующие изображение (видеодатчики). Кроме того, системы датчиков классифицируются на активные или

/...

пассивные, в зависимости от того, имеют ли они свой собственный источник излучения, как, например, РЛС, или используют естественное излучение, как, например, фотографические системы.

15. Авиационные фотокамеры по-прежнему являются широко используемыми системами дистанционного зондирования. Преимущества аэрофотосъемки состоят в геометрической точности, стереоскопической информации о рельефе, широком диапазоне масштабов изображений и охвата в зависимости от высоты полета и фокусного расстояния камеры, широком выборе сочетаний пленки и фильтров в целях использования различных областей спектра, установившихся процедурах получения и интерпретации изображений, наличии большого числа опытных интерпретаторов фотоснимков и фотограмметристов и возможности получения изображений в желательное время в нужном месте.

16. Фотографические системы чувствительны к видимой части электромагнитного спектра и к отдельным участкам ультрафиолетовой и ближней инфракрасной частей. Ввиду того, что волны более короткой длины в большей степени рассеиваются атмосферой, в результате чего изображения получаются мутными, ультрафиолетовая часть, как правило, не используется в целях дистанционного зондирования, а синие лучи зачастую исключаются, ибо предпочтение отдается ближнему инфракрасному излучению. Таким образом, при цветной фотосъемке в дистанционном зондировании наиболее часто используются три диапазона: зеленый, красный и инфракрасный. Выбор фотографических спектральных диапазонов через посредство сочетаний пленки и фильтров определяется спектральными характеристиками изучаемых объектов. Например, цветная инфракрасная пленка (с фильтрами, исключающими синие лучи) используется для изучения растительности, поскольку зеленые листья крайне эффективно отражают излучение в ближней инфракрасной части спектра и параметры этого отражения чувствительны к типу и состоянию растительности.

17. Информация, получаемая с помощью аэрофотосъемки или космической съемки, обычно используется для составления карты или переносится на карту. Этого можно достичь либо путем переноса характеристик с фотоснимка на прозрачную накладку, либо путем визуального сравнения характеристик на фотографии с соответствующими характеристиками на карте и переноса информации вручную, либо посредством использования оборудования, которое оптическими или цифровыми методами накладывает фотографические изображения на карту.

18. При фотоинтерпретации производятся выявление и оценка характеристик на фотографии, которые считаются важными для тех или иных видов применения. Фотографическими элементами, на которых основываются выявление и оценка, являются размер, форма, тон и цвет, текстура, структура, тень, место и взаимосвязь различных характеристик на фотографии.

19. Визуальная интерпретация спутниковых изображений основывается на дальнейшем развитии принципов фотоинтерпретации аэрофотоснимков с тем основным различием, что крупный масштаб спутниковых изображений и отсутствие стереоскопии (за исключением некоторых массивов данных СПОТ) обусловливают меньшую узнаваемость объектов. Если на мелкомасштабном аэрофотоснимке нетренированный наблюдатель может различить многие характерные объекты, такие, как деревья, сельскохозяйственные насаждения, здания, дороги и животные, то на спутниковых изображениях эти объекты, как правило, слишком малы, и даже более /...

крупные объекты могут быть эффективно проинтерпретированы лишь немногими нетренированными наблюдателями. Часто информацию приходится извлекать из на первый взгляд абстрактных текстур, структур и взаимосвязей. Поэтому интерпретация спутниковых изображений, как правило, носит более теоретический и более специализированный характер, чем фотоинтерпретация. Повторяемость спутниковых данных часто бывает полезна для интерпретации, поскольку изображения, полученные в различные сезоны или года, демонстрируют изменения, указывающие на характер района.

20. Информация, получаемая системами датчиков в каждой из потенциально многочисленных частей спектра, может быть преобразована цифровыми методами в изображения. Затем изображения могут быть представлены в черно-белом формате с варьирующими серыми тонами или в цвете с варьирующими оттенками. Для каждой части спектра сила тона или оттенка пропорциональна объему отражаемого, испускаемого или обратного излучения, исходящего от объекта (цели) на поверхности, за которой ведется наблюдение. Когда в произвольном порядке за каждым спектральным диапазоном закрепляются основные цвета (синий, зеленый и красный) и производится наложение двух или трех диапазонов, то в результате получается комбинированное изображение с богатой цветовой гаммой, на котором каждый цвет является визуальным эффектом наложения основных цветовых оттенков, соответствующих объекту на поверхности. Имея представление о спектральных свойствах различных целей (например, воды, растительности, почвы) в спектральных диапазонах, в которых производился сбор информации системой датчиков, зная, какой цвет был закреплен за каждым из диапазонов, и теорию взаимодействия цветов, потребитель сможет произвести качественную первую интерпретацию большинства объектов на изображении. Для многих видов применения этой степени точности и такого уровня классификации достаточно.

21. Поскольку тона серого цвета или цифровые значения, в которых представлено изображение, являются показателями излучения, принимаемого датчиком, потребитель может произвести либо количественный, либо качественный радиометрический анализ, либо и то, и другое. Для точного анализа и интерпретации изображения необходимо, чтобы пользователь хорошо понимал физические процессы, имеющие отношение к составлению изображения. Для этого необходимо быть знакомым с двумя основными принципами радиометрии, которыми являются: а) действие принципа суперпозиции в отношении волнобразных явлений и б) линейность реакции датчика на излучение, поступающее в его рабочем диапазоне.

22. Одним из факторов, ограничивающих использование дистанционного зондирования на оперативной основе, является отсутствие данных в периоды времени, в наибольшей степени подходящие для оптимального распознавания характеристик, особо важных для какого-либо конкретного вида применения. Ввиду облачного покрова деятельность по применению данных дистанционного зондирования, полученных в различные многократные периоды времени, в землепользовании также затрудняется проблемой ограниченности наличия данных. В некоторой степени способность спутников СПОТ вести наблюдения под углом и комбинированное использование их данных с данными прибора для тематического картирования спутников "Лэндсат" сняли остроту с этой проблемы. Однако в тропических районах с крайне плотным облачным покровом радиолокационные изображения могут иметь особое значение для развивающихся стран, ибо микроволновое излучение может проникать через облака и несильный дождь.

....

23. Микроволновое дистанционное зондирование предоставляет возможность вести наблюдения днем и ночью, в ясную и облачную погоду. Это возможно, потому что большинство систем микроволновых датчиков имеют свой собственный источник излучения (т.е. независимый от Солнца) и потому что микроволновое излучение, которое охватывает диапазон спектра электромагнитных волн от 03 ГГц до 300 ГГц (длиной от 1 мм до 1 м), может проникать сквозь облачность и несильный дождь.

24. Хотя определяющим фактором для радиолокационных систем, как правило, является частотный диапазон, в котором они функционируют, их обозначения зачастую указывают на рабочую волну длины. Это объясняется тем, что для новичков в области радиолокационной техники концепция длины волны электромагнитного излучения, как правило, более знакома. Однако частота является более основополагающим свойством электромагнитного излучения, поскольку частота сигнала остается постоянной при прохождении его через среды различной плотности, тогда как его длина волны и скорость изменяются. Для передачи информации несущая волна какой-либо конкретной частоты может модулироваться посредством варьирования амплитуды волны (амплитудная модуляция). Альтернативным способом является модуляция частоты (частотная модуляция); этот метод в меньшей степени подвержен воздействию помех, и именно он, как правило, используется для передачи высококачественных сигналов.

25. Микроволновые датчики можно разделить на пассивные и активные системы. Пассивные системы измеряют СВЧ-излучение, испускаемое рельефом поверхности или испускаемое Солнцем и отраженное от поверхности. Активные системы "освещают" наблюдаемый район и измеряют интенсивность, фазу и время задержки излучения, отраженного от рельефа поверхности.

26. Взаимодействие микроволнового излучения с объектами на поверхности Земли в значительной степени зависит от электрических свойств этих объектов и от степени неровности рельефа по отношению к длине волны падающего излучения. Электрические свойства вещества определяются его диэлектрическим коэффициентом, на величину которого очень большое влияние оказывает содержание воды. Поэтому анализ отраженного сигнала может дать информацию о природе этих объектов, их относительном размере, расположении и содержании в них влаги.

27. Радиолокационные изображения можно получить с помощью самолета или спутника. В обоих случаях изображения получаются путем передачи микроволновых импульсов под углом к вертикали и измерения интенсивности и времени задержки каждого отраженного импульса. Первый отраженный импульс соответствует объекту, проецируемое расстояние до которого в направлении системы датчиков является наименьшим. Как правило, этот импульс соответствует объекту, находящемуся на кратчайшем расстоянии от траектории полета. В силу геометрической взаимосвязи между падающим импульсом и высотой объектов проецируемое расстояние в направлении системы датчиков от верхней части объекта короче, чем расстояние от проекции соответствующей точки на поверхности. Этот эффект известен как "заваливание", в результате которого высокий рельеф поверхности выглядит на изображениях будто бы падающим в сторону РЛС. На снимках "заваливание" вызывает удлинение и потемнение склонов. Этот эффект можно устранить, проведя сверку с цифровой картой местности.

28. Эффект "заваливания" может проявиться настолько сильно, что вершина горы будет казаться ближе к проекции полета, чем ее подножие. Этот эффект известен под названием "наложение", и исправить его нельзя. К другим видам дефектов изображений относятся образование точек, которое проявляется в виде "шумов" на изображении и связано с частотной когерентностью системы, а также некоторые эффекты, вызываемые движением объекта относительно или системы датчиков, или других объектов в поле зрения РЛС.

29. Поскольку разница в расстоянии между объектами, находящимися непосредственно под самолетом или спутником, очень небольшая, соответствующие отраженные сигналы распознать электронным способом невозможно. По этой причине самолетные РЛС были сконструированы таким образом, чтобы сканировать объекты, расположенные на некотором расстоянии от одного из бортов самолета, и получили название РЛС бокового обзора (SLAR).

30. Пространственная разрешающая способность радиолокационной системы не зависит от высоты платформы с датчиками и возрастает по мере удлинения антенн, с помощью которой передаются и принимаются микроволновые импульсы. Чтобы сохранить достаточно небольшой размер антенн, был создан прибор, известный как РЛС с синтезированной апертурой (SAR). В нем применяется линейная частотная модуляция передаваемого длинного импульса для моделирования последовательности коротких импульсов. При этом методе для моделирования гораздо более длинной антенны используются доплеровское смещение отраженного импульса, вызванное движением платформы, и модифицированная обработка данных. Благодаря этому повышается разрешающая способность, ограниченная только мощностью сигналов, передаваемых антенной.

31. Микроволновый спектр подразделяется на различные диапазоны, каждый из которых обозначается одной буквой и включает в себя конкретную полосу частот согласно нижеприведенной классификации:

<u>Название диапазона</u>	<u>Границы диапазона (ГГц)</u>	<u>Название диапазона</u>	<u>Границы диапазона (ГГц)</u>
Диапазон R	0,225-0,390	Диапазон K	10,90-36,00
Диапазон L	0,390-1,550	Диапазон Q	36,00-46,00
Диапазон S	1,550-4,200	Диапазон V	46,00-56,00
Диапазон C	4,200-5,750	Диапазон W	56,00-100,0
Диапазон X	5,750-10,90		

Что касается наблюдений с применением самолетных РЛС, на которые приходится большая часть собранных на сегодняшний день данных в микроволновом диапазоне во всем мире, то наиболее часто используемым диапазоном является диапазон X. В спутниковых радиолокационных системах 90-х годов будет в основном использоваться диапазон С.

C. Концепции РЛС

32. У большинства систем РЛС, формирующих изображение, геометрическая конфигурация такова, что микроволновой пучок излучается с боковой поверхности платформы под углом к земной поверхности и перпендикулярно траектории полета. Луч РЛС широкий в вертикальном направлении и узкий в горизонтальном

/...

направлении. За счет движения платформы РЛС, которая периодически испускает импульсы, образуется плоскость двухмерного изображения. Таким образом, можно "просматривать" непрерывные полосы земной поверхности параллельно и под наклоном относительно траектории полета. Поэтому концепция сканирования видео-РЛС совершенно отлична от концепции, используемой сканирующими устройствами, функционирующими в видимой и инфракрасной частях электромагнитного спектра. Последние составляют изображения по линиям, их обзор направлен вертикально вниз и пространственное разрешение изображений зависит от угловой разрешающей способности системы датчиков и высоты платформы и ухудшается по мере удаления в сторону от вертикальной проекции траектории.

33. У видео-РЛС угловая разрешающая способность не является определяющим фактором; вместо этого, дальность поперечного разрешения их изображений определяется с помощью измерения задержки во времени между сигналами отраженных импульсов. Разрешающая способность по дальности зависит от длины излучаемого импульса, обусловливающей расстояние, которое должно разделять два объекта, с тем чтобы их можно было различить. Чем короче излучаемые импульсы, тем выше эта разрешающая способность. Продольная разрешающая способность по азимуту определяется шириной микроволнового пучка, которая, в свою очередь, зависит от длины антенны. Чем больше длина антенны, тем выше разрешающая способность по азимуту.

34. Для приборов с синтезированной апертурой фактором, ограничивающим их разрешающую способность по дальности, является укорачивание передаваемого импульса при поддержании достаточной мощности для приема отраженного сигнала. Это достигается за счет кодирования передаваемого импульса через посредство линейной частотной модуляции, т.е. так называемого импульса с ЛЧМ. Компоненты возвращающегося сигнала, несущие информацию о дальности, должны проходить обработку для получения соответствующего разрешения. Компоненты того же сигнала, связанные с азимутом, также должны проходить обработку для получения разрешения по путевой дальности. Таким образом, для составления изображений SAR необходима система обработки, которая может работать с двухмерным массивом данных поступающих сигналов.

Приборы

35. Базовая система видео-РЛС состоит из передатчика, приемника, антенны, предназначенной для передачи и приема микроволнового излучения, и блока обработки и записи данных. Передатчик генерирует короткий микроволновый импульс, длина которого исчисляется микросекундами. Этот сигнал передается с помощью антенны. Антenna направляет узкий луч в направлении района наблюдений и принимает отраженный сигнал соответствующей остаточной мощности. От конструкции и формы антенны зависит ширина диапазона "освещаемой" земной поверхности.

36. Приемник измеряет силу возвращающегося отраженного сигнала и сопоставляет время приема с временем передачи, с тем чтобы определить расстояние от отражающего объекта до РЛС. Приемник преобразует форму длины сигнала из частотного диапазона, используемого при излучении, в эквивалентную форму, пригодную для записи. Для этого необходим процесс корреляции между передатчиком и приемником. Записывающее устройство и блок обработки преобразуют первичные данные либо в оптическую запись (т.е. на пленке), либо в

/...

цифровую запись с использованием лент для цифровой записи с высокой плотностью (HDDT). Сигналы, возвращающиеся на РЛС, нуждаются в дальнейшей обработке посредством корреляции сигналов, записанных на пленку, или данных HDDT в целях получения соответственно радиолокационных изображений или машиносчитываемых лент. Последние могут далее быть использованы для цифрового дисплея, манипуляции и анализа изображений.

Микроволновая поляризация

37. Электромагнитная волна состоит из спаренных электрических и магнитных полей, генерирующих регулярные, волнообразные колебания под прямыми углами друг к другу. Поляризация формы волны характеризует ориентацию сектора электрического поля в данной точке пространства в течение одного периода осцилляции. В простейшем случае каждое поле генерирует колебания только в одной плоскости - волна поляризуется линейно. Когда электрическое поле осциллирует в вертикальной (горизонтальной) плоскости, то волна поляризуется вертикально (горизонтально). В большинстве видео-РЛС используются антенны, передающие горизонтально поляризованное излучение. При попадании на объект на поверхности часть возвращающейся энергии сохраняет ту же поляризацию, что и переданный импульс, тогда как остальная часть этой энергии характеризуется хаотической поляризацией (т.е. деполяризована).

38. Высокосовершенные системы РЛС могут генерировать излучение, поляризованное горизонтально и вертикально. Механизм переключения антенны позволяет ей принимать как горизонтальные, так и вертикальные компоненты обратного сигнала. Обозначения типа "HH" и "VV" расшифровываются как "горизонтальная передача и горизонтальный прием" и "вертикальная передача и вертикальный прием", соответственно. Аналогичным образом, "HV" означает "горизонтальную передачу и вертикальный прием"; это известно под названием отраженной волны с кросс-поляризацией. Поляризация падающего излучения является важным различительным элементом, поскольку земные поверхности и другие объекты отражают каждый из двух указанных компонентов по-разному. Например, упрощенная модель растительного покрова с листовой (рассеивателями) вертикальной направленности будет обеспечивать сильный отраженный сигнал при вертикальной поляризации падающего излучения, но весьма слабый сигнал, если излучение будет поляризовано горизонтально. Таким образом, отраженный сигнал может давать информацию о структуре объектов наблюдения.

D. Источники радиолокационных данных в дистанционном зондировании

39. Запущенный в июле 1991 года ERS-1 представляет из себя низкоорбитальный спутник наблюдения Земли, на борту которого находится несколько микроволновых датчиков. Основная задача ERS-1 - расширять знания об океанических процессах, вести наблюдение за полярными областями и содействовать осуществлению Всемирной программы климатологических исследований. Наряду с этим по мере получения международными исследовательскими кругами доступа к данным возрастет число направлений прикладного применения, ориентированных на районы суши. Основным прибором на борту ERS-1 является активный микроволновый прибор (AMI), с помощью которого могут производиться снимки высокого разрешения (в С-диапазоне), замеры скорости ветра посредством спектроанализа океанских волн и замеры длины и направления океанских волн. Действуя в режиме съемки, AMI захватывает полосу /...

местности шириной 80-100 км и обеспечивает, судя по первоначальным оценкам, разрешение в 27 м по дальности и 29 м по азимуту. Предварительная оценка за период до октября 1992 года показывает также высокую точность и повторяемость данных, поступающих с ERS-1.

40. Действуя в режиме замера параметров ветра над океаном, AMI захватывает полосу местности длиной 400-500 км с 50-километровыми элементами разрешения, производя замеры скорости ветра в диапазоне 4-24 м/сек. с точностью 0,5-2 м/сек. Скорость и направление ветра определяются путем измерения мощности сигнала, отраженного в каждом элементе разрешения с трех направлений: наклонно по направлению движения спутника, сбоку от трассы его полета и наклонно с обратного движению спутника направления. Интенсивность трех сигналов дает скорость ветра, а разница между ними показывает направление ветра с точностью 20°. Действуя в режиме измерения волн, AMI определяет длину и направление океанских волн в элементах разрешения 5x5 км через каждые 200-300 км вдоль трассы полета спутника. Параметры океанических волн длиной 100-1000 м могут измеряться с точностью 25 процентов, а их направление - с точностью 20°.

41. Помимо AMI на борту ERS-1 находится импульсный радиовысотомер больших высот (RA), работающий на волне 2 см. С помощью этого высотомера, действующего в вертикальной плоскости, измеряется средняя высота волн и скорость ветра, а также определяется мезомасштабная океаническая топография. Данные, поступающие с высотомера, будут использоваться для определения типа и топографии льдов, а также границ между водой и ледовым покровом. На борту ERS-1 находится также радиометр с траекторным сканированием (ATSR), работающий на трех полосах тепловой инфракрасной части спектра: около 3,7, 11 и 12 мкм. Сигнал ATSR, проходя через атмосферу, пересекается с поверхностью океана в двух плоскостях - вертикальной и наклонной (под углом в 50°). Разница в результатах наклонного и вертикального измерений дает информацию об атмосферном поглощении, а разница в результатах измерений на волнах трех разных длин используется для определения влагосодержания атмосферы.

42. Прием данных ESR-1 осуществляется сетью наземных станций ЕКА, куда входят станции в Маспаломасе (Испания), Кируне (Швеция), Фучино (Италия), а также в Гатино и Принс-Альберте (Канада), равно как и рядом наземных станций, расположенных в промышленно развитых и развивающихся странах. Поступающие от потребителей запросы на получение данных ERS-1 по какому-либо конкретному району земной поверхности или на конкретные продукты переработки уже полученных данных ERS-1 направляются через центральный объект сети "Earthnet" ЕКА, который расположен во Фраскати (Италия). Это канал доступа пользователей к системе ERS-1; он выполняет функции каталогизации, обработки запросов пользователей, планирования операций с полезными нагрузками, упорядочения обработки и распространения данных, контроля за качеством информационной продукции и наблюдения за работой датчиков.

43. Центр управления полетом располагается в Европейском центре космических операций (ЕЦКО) в Дармштадте (Германия). Оттуда осуществляется управление спутником и режимом работы приборов; связь с космическим аппаратом поддерживается через наземную станцию в Кируне. Использование этой станции объясняется ее нахождением в северных широтах, что позволяет вести наблюдение

/...

за спутником на 10 из 14 ежесуточных орбит. Наземные станции ЕКА в Кируне, Фучино и Маспаломасе составляют главную сеть сбора данных и обработки и распространения оперативной информации.

44. Как поступающие в режиме реального времени показания приборов, так и записываемые на борту спутника данные принимаются в Кируне, причем необработанные данные хранятся на ёмких цифровых лентах. Средства оперативной обработки информации включают две цепи, выделенные для данных, которые поступают с SAR (работающей в режиме съемки и измерения волн), и одну цепь, выделенную для обработки данных с других приборов. Станция в Фучино используется в первую очередь для приема съемочных данных SAR и поступающих с нее в режиме реального времени данных низкой плотности, собираемых над Средиземным морем. Станции в Гатино и Маспаломасе используются для получения записываемых данных низкой плотности.

45. До сегодняшнего дня большая часть радиолокационных данных, собираемых в разных районах мира, поступала благодаря авиационным радиолокационным системам. Даже с появлением радиолокационных спутниковых систем воздушные системы будут по-прежнему поставлять данные, отвечающие конкретно определенным потребителям параметрам их получения (это, в частности, направление полета, угол обзора и высокое пространственное разрешение). Хотя основная масса спутниковых радиолокационных данных, которые будут поступать по крайней мере в течение ближайших десяти лет, будут получаться в С-диапазоне, накопленный на сегодняшний день опыт работы с радиолокаторами охватывает в основном X-, L- и К-диапазоны. Такие авиационные радиолокаторы, как C/X-SAR, могут использоваться и для того, чтобы изучать возможность применения для мониторинга Земли радиолокаторов С-диапазона.

E. Обработка и анализ цифровых изображений

46. Возможность цифровой обработки больших объемов данных с единообразными критериями, а передко и данных, которые были усилены или, пройдя через линейные преобразования, стали включать в себя новые диапазоны частот, позволяет вести текущие наблюдения за крупными районами и достигать более точной дифференциации разных классов наблюдаемых объектов.

47. Поступающие в распоряжение потребителей спутниковые изображения, как правило, не дают отображения земной поверхности с той геометрической точностью, которая необходима для топографических карт, и обычно не стыкуются с принятыми стандартными картографическими проекциями. Это последствия искажений, объясняющихся изменениями ориентации, высоты и скорости космического аппарата, нелинейностями в процессе сканирования, неодинаковым реагированием датчиков, кривизной земного шара, вращением и высотой спутника над земной поверхностью. Большая часть этих искажений (систематического характера) может компенсироваться на предшествующем обработке данных этапе геометрической и радиометрической коррекции; более эффективно это достигается с помощью цифрового процесса.

48. Усиление цифровых изображений позволяет улучшить визуальное отображение их информационного содержания. Эти методы помогают визуальному дешифрованию или сокращению объема цифровых данных, подлежащего обработке, но не создают какой-либо новой или дополнительной информации. К числу обычных методов

/ ...

относятся следующие: увеличение контрастности, пространственная фильтрация, линейное комбинирование диапазонов и преобразование основных компонентов. Поскольку на любом снимке динамический диапазон значений, которые могли бы приобрести элементы изображения (обычно от 0 до 255), полностью не расходуется, контрастность всего снимка можно улучшить цифровым методом. Обычно диапазон значений на снимке составляет порядка 80, так что контрастность может быть улучшена визуально в три раза. Для выравнивания локальных вариаций энергетической яркости или для усиления различий в коэффициенте отражения, особенно на границах между двумя классами объектов, используются фильтры с узкой и широкой полосой пропускания. Преобразование основных компонентов – это способ сокращения информационной насыщенности набора изображений при сохранении наиболее значимых данных. Линейное комбинирование диапазонов включает создание нового диапазона из соотношения двух диапазонов либо соотношения разницы двух диапазонов к сумме тех же диапазонов; эти и многие другие из возможных преобразований позволяют оттенить детали, представляющие интерес для исполнителя дешифрирования.

49. Окончательным результатом оценки данных дистанционного зондирования является тематическое изображение (или карта) участка, проанализированное в зависимости от конкретных интересов исполнителя дешифрирования. Процесс достижения этого результата путем цифровой обработки называется "классификацией". Разработаны два различных подхода к классификации цифровых изображений: контролируемая и неконтролируемая. Первый подход требует, чтобы исполнитель дешифрирования определил районы, показательные для классов, которые подлежат включению в тематическую исходную продукцию, с тем чтобы алгоритм классификации мог, строясь на статистических параметрах, обеспечить отнесение каждого пикселя (элемента изображения) к одному из заданных классов. Неконтролируемая классификация требует мало взаимодействия с потребителем и основывается целиком на статистических методах. Последний подход был задуман для того, чтобы классификация не ставилась в зависимость от опыта потребителя. Однако, как показывает практика, качество контролируемой классификации обычно выше, поскольку при ней более полностью используется накопленный потребителем опыт.

F. Прикладное применение дистанционного зондирования

50. Вода, которую раньше считали чем-то само собой разумеющимся, имеющимся в практически безграничных количествах, превратилась в один из наиболее ценных нами природных ресурсов. Поэтому проблемы гидрологии и водного хозяйства являются ключевыми направлениями прикладной науки в нынешней экономической и экологической обстановке во всем мире. Кроме того, гидрологические характеристики находятся в сильной взаимосвязи с процессами на поверхности Земли и в атмосфере, влияя на окружающую среду и климат. Нехватка или избыток воды могут иметь катастрофические последствия. С засухами в одном регионе могут совпадать сильные дожди и наводнения в других. Не менее важен постоянный контроль за качеством воды и загрязнением всех важнейших водоемов.

51. В связи с этим быстро возросла необходимость оценки и прогнозирования ресурсов водоснабжения. Для удовлетворения этой настоятельной потребности в информации все активнее используется техника спутникового дистанционного зондирования. Ни один другой метод не способен выдавать необходимые данные в близком к реальному времени режиме, через регулярные промежутки времени, в региональном, континентальном или общемировом масштабе для нужд измерения,

/...

мониторинга и моделирования сложнейших гидрологических процессов в окружающей среде. Большинство таких элементов, как осадки, выпад снега, сток, испарение, влажность почвы, наносы и их расход, загрязнение, температура и т.д., демонстрирует характерные временные и пространственные вариации.

52. К видам прикладного применения дистанционного зондирования в гидрологии относятся ведение водного кадастра, замеры параметров растительного покрова, оценка водо-болотных угодий. В гидрологическом моделировании дистанционное зондирование находит ограниченное применение – из-за расхождения средних временных и пространственных показателей. К ключевым параметрам относятся влажность почвогрунтов, испарение, площадь водонепроницаемых слоев, растительный покров, протяженность снежного покрова и запас воды в нем, осадки. Используемые сейчас в гидрологическом моделировании разнообразные модели стока были разработаны до появления дистанционного зондирования и базируются на использовании топографических карт.

53. Трудность определения влажности почвогрунтов связана с тем, что большинство данных, собираемых космическими датчиками, ограничивается самыми верхними слоями почвы. Влажность почвогрунтов можно определить как временное хранение осадков в верхнем тонком слое земной поверхности, который обычно ограничивается зоной аэрации или корнеобитаемой зоной.

54. Наиболее освоенной на сегодняшний день является пассивная СВЧ-область (особенно на длине волн порядка 21 см). Установлено, что влагосодержание можно измерять на глубину около 5 см (а вероятно, и до 10 см) при относительной точности 10-15 процентов. Эти измерения можно производить в любую погоду и при растительном покрове от редкого до умеренного. Влажность более глубоких слоев почвы, если над ними располагается сухой слой, напрямую выявить невозможно.

55. Измерения с помощью SAR на частотах С- и L-диапазона также позволяют определить наличие влаги в верхнем слое почвы и обеспечить достаточное пространственное разрешение, чтобы локализовать районы с единообразным режимом землепользования и растительным покровом для составления карт влажности. Определение объемной влажности почвогрунтов на основании данных SAR осложняется дополнительными факторами (например, растительный покров и шероховатость поверхности), которые влияют на обратное рассеяние. Некоторые из этих трудностей можно преодолеть с помощью анализа разновременных данных, который позволяет обнаруживать временные изменения во влагосодержании почвы, о чем говорят измерения с помощью самолетного скатерометра С-диапазона.

56. Влажность почвогрунтов влияет на температурные параметры почвы. Наличие растительности можно использовать как показатель присутствия воды в корнеобитаемых зонах, если речь идет о вегетационном периоде данного растения. Поскольку прямого метода оценки влажности почвогрунтов дистанционными средствами не имеется, различные способы измерения приходится объединять с гидрологическими моделями. В этой области необходима значительная исследовательская работа как в активном СВЧ-диапазоне, так и в тепловом инфракрасном.

57. Всепогодность съемочной радиолокации позволяет с большой пользой применять ее в сельском хозяйстве, если учесть большой спрос на частые и своевременно сделанные снимки. Например, для учета выращиваемых культур

/...

требуются данные, собираемые в разные моменты вегетационного периода, когда у каждого типа культуры проявляются заметные отличия. Для прогнозирования урожая требования к графику производства снимков более строги: рост культур необходимо контролировать в конкретные моменты вегетационного периода.

58. В связи с этим радиолокация привлекла к себе повсеместный интерес, а изображения, полученные с помощью "Сисат", SIR-A и SIR-B, прошли через руки многих экспериментаторов, использовавших и анализировавших их. Хотя этот анализ продемонстрировал потенциал наблюдений, производимых с помощью SAR, должная экспертиза на предмет использования SAR как источника информации в сельском хозяйстве оказалась невозможной. Этому есть по крайней мере две причины. Первая состоит в том, что радиолокаторы L-диапазона, используемые на названных космических аппаратах, не прошли оптимизацию для прикладного применения в сельском хозяйстве; вторая - в отсутствии разновременных изображений. За истекшее десятилетие был выполнен ряд исследований, призванных восполнить эти пробелы.

59. Возможность определения культур связана с тем, что культуры имеют разные циклы роста, на протяжении которых их обратнорассеянная реакция следует особому графику. Комбинация изображений, отснятых с помощью одночастотного радиолокатора (особенно X-диапазона) в различные заранее отобранные моменты времени, позволяет добиться хорошей классификации культур. Наряду с тем, что они позволяют производить разновременные наблюдения, для большинства работающих на одной частоте систем SAR многообещающей, пожалуй, является возможность получения многополярных данных. На основании как работы с моделями, так и полевых экспериментов делается предположение о том, что многополярные данные будут отражать различия в плоскостной морфологии. Кроме того, представляется, что использование на одночастотном радиолокаторе различных углов падения помогает определению культур. При высоких углах падения (больше 40°) выше относительное влияние растительности на обратное рассеяние радиолокационного сигнала, тогда как при низких углах падения значительное воздействие может оказывать подстилающий слой почвы.

60. Помимо измерения временной вариативности спектральных характеристик культур (для их выявления и контроля) радиолокатор может давать полезную информацию о структуре и биомассе растительного покрова. Поскольку на коэффициент обратного рассеяния радиолокационного сигнала может оказывать влияние количество влаги, содержащейся в растительном покрове той или иной структуры, равно как и влагосодержание подстилающего слоя почвы и шероховатость почвенной поверхности, извлечение заданного параметра культуры из результатов радиолокационных измерений требует оптимального выбора радиолокационных параметров для сведения прочих эффектов к минимуму.

G. Аппаратное и программное обеспечение анализа изображений

61. Задача лекции об аппаратном и программном обеспечении анализа изображений состояла в том, чтобы осветить вопросы выбора конфигурации технических программных средств анализа изображений, причем акцент делался на тех аспектах, которые могут определить окончательный выбор системы. В необходимых случаях выносились соответствующие предостережения, особенно в отношении тех случаев, где технический жargon и усиленная реклама через торговлю или средства массовой информации заслоняют действительные плюсы или минусы той или иной конфигурации системы.

/...

62. Был произведен ретроспективный анализ следующих машинных систем (по их предназначению): недорогие системы на базе персональных ЭВМ (ПЭВМ) типа IBM PC, а также автоматизированные рабочие места (АРМ) общего назначения на базе процессоров вычислительных машин с сокращенным набором команд (RISC) и операционная система UNIX. Особое внимание было уделено подсистемам вывода графической информации, которые пригодны для всех этих систем, а также удобству использования таких подсистем для анализа изображений. Были вынесены рекомендации в отношении удобных конфигураций систем для анализа изображений, сформулированы руководящие принципы, касающиеся того, как характеристики дисплейной подсистемы должны соотноситься с другими параметрами системы - быстродействием процессора и наличием запоминающих устройств на дисках.

63. Системы программного обеспечения были рассмотрены с точки зрения сопряжения программ, общей применимости и применимости конкретно в дистанционном зондировании. Обсуждение вопросов сопряжения программ включало исторический обзор эволюции средств анализа изображений - от традиционных библиотек стандартных подпрограмм до современного подхода ("нажатием кнопки") - и использования пиктограмм и функциональных схем для определения желаемых операций. Были разобраны вопросы общей применимости, однако больше внимания было уделено тем требованиям к программному обеспечению анализа изображений, которые актуальны для прикладного применения в дистанционном зондировании, но при этом иногда упускаются из виду или игнорируются в системах обработки изображений общего назначения. Были рассмотрены также характеристики систем программного обеспечения, которые могут определять предпочтение одной системе перед другой; упоминались также некоторые общедоступные программы для анализа изображений. Для личного пользования и оценки среди участников была распространена небольшая подборка пакетов программ для анализа изображений на базе ПЭВМ.

Н. Географические информационные системы

64. Технология географических информационных систем (ГИС) стала новым, мощным инструментом анализа географических, экологических и статистических данных, относящихся к одному и тому же пространственному району. Значительное внимание во всем мире привлекла к себе в последние годы концепция использования ГИС для содействия процессу экологического планирования. Специалисты по экологическому планированию повсеместно использовали для хранения и поиска информации обычные базы данных. Им, однако, не достает визуальной, пространственной привязки. Чаще специалистам по экологическому планированию в поиске конкретных решений требуется графический вывод информации и ее географическая привязка (например, в виде карты). Кроме того, есть много случаев, когда экологические проблемы требуют интерпретации в виде перенесения или наложения на базовую карту изучаемого района нескольких тематических карт. Если этот процесс производить вручную, он становится весьма утомительным и страдает многими недостатками.

65. Система же на базе ЭВМ является отличным инструментом, который характеризуется не только скоростью, но и относительной свободой от многих недостатков. ГИС - это электронно-вычислительная система, предназначенная для хранения, поиска пространственно соотнесенных или геокодированных данных, оперирования ими и их анализа. Компьютеризированная ГИС позволяет администраторам выполнять комплексный анализ путем "наложения" и отображения

/...

больших объемов пространственных и непространственных данных. За последние годы значительное внимание привлекло к себе сопряжение дистанционного зондирования и ГИС.

66. В прошлом непосредственному использованию информации дистанционного зондирования вместе с ГИС мешали технические проблемы, например растрово-векторные конверсии. Однако за последнее время достигнуты значительные успехи, позволяющие устранить затруднения с интеграцией данных дистанционного зондирования с ГИС. В технологии ГИС достигнуто продвижение вперед, повышающее ее ценность для администраторов:

- i) появилось новое аппаратное и программное обеспечение для оцифровки данных и управления ими, а также дешифрирования и воспроизведения карт, что делает эти инструменты более мощными и простыми в пользовании;
- ii) появились настольные АРМ, позволяющие повысить скорость обработки данных и информационную емкость ЭВМ;
- iii) появились недорогие графопостроители, позволяющие снизить стоимость и повысить качество изготовления карт, графиков и таблиц.

67. ГИС можно определить как состоящую из следующих трех основных элементов:

- i) большой объем данных с пространственными или местностными характеристиками;
- ii) интегрированный набор программ, выделяющий ГИС из ряда не связанных между собой индивидуальных программ;
- iii) общий набор подкомитетов, которые выполняют такие операции, как хранение, поиск, анализ данных и их вывод на внешние устройства.

С точки зрения потребителя ГИС – это база данных реляционного типа, снабженная пространственной индексацией таким образом, чтобы предусмотреть возможность или добавления новой информации из внешних источников или ее создания, исходя из уже имеющейся информации.

68. Производимый с помощью ГИС анализ способен снабжать руководящих работников информацией в такой форме, которую удобнее приспосабливать к их запросам. Карты ГИС проще в работе и удобнее для обновления, чем стандартные карты. ГИС может использоваться для выделения на карте районов, которые требуют принятия каких-либо мер или по которым данные имеют спорный характер. Например, ГИС можно использовать для построения карт, отражающих состояние того или иного ресурса в заданном районе. Кроме того, ГИС может использоваться для визуального отображения альтернативных вариантов, чтобы облегчить их сопоставление. ГИС можно использовать для комбинирования различных типов карт и отображения их в объемной форме, а масштаб и выделяемые признаки можно быстро менять.

69. Вопрос о том, использовать ли ГИС в той или иной ситуации, решается только при определении того, оправдывает ли себя работа по выполнению требуемого анализа. Оправданность определяется степенью комплексности, интегрированности и уточненности результатов анализа с помощью ГИС по сравнению с ручным анализом, а также ценностью этой информации для администратора с точки зрения повышения качества ресурсов, сокращения деградации окружающей среды, спасения человеческих жизней, предотвращения долгостоящих ошибок в управлении и роста экономических доходов. Организация проектов ГИС влечет за собой рассмотрение многих сдерживающих факторов: высоких затрат на инвестиции, потребности в дополнительных квалифицированных кадрах и т.д.

I. Характеристики метеорологических спутников и их прикладное применение в деле оперативного выявления проблем продовольственной безопасности и экологического мониторинга

70. Эксплуатационные метеоспутники выдают визуальные и инфракрасные данные, используемые для метеорологического анализа и прогнозирования погоды. Эти метеопрогнозы имеют большое значение в сельском хозяйстве. При этом есть такие формы данных и продукции метеорологических спутников дистанционного зондирования, которые представляют особый интерес и в агрометеорологии, оценке урожайности культур, мониторинге засухи.

71. Было рассказано о характеристиках как геостационарных, так и околосолнечных спутниковых систем, предназначенных для метеонаблюдения Земли, и в частности о характеристиках "Метеосата" (ввиду его важности для оценки количества осадков, выпадающих над Африкой) и серии спутников "NOAA Тирос" (используемых для мониторинга растительности на значительных площадях). Обсуждались также относительные преимущества высокого временного разрешения (в отличие от высокого пространственного разрешения) для экологического мониторинга и оценки количества осадков.

72. На учебных курсах было вкратце рассказано об осуществляемом ФАО на базе РЦОСКДЗ проекте, который обеспечивает систему раннего выявления проблем продовольственной безопасности в восточноафриканских странах средствами дистанционного зондирования. Проект концентрируется, например, вокруг разработки методов использования метеоспутниковых данных в системах оперативного выявления проблем продовольственной безопасности, подготовки в восточноафриканском регионе национальных специалистов по их выявлению и распространении снимков и переработанной информационной продукции среди национальных и региональных организаций, занимающихся аналогичными вопросами. В рамках проекта ведется также изучение обычных и электронных механизмов передачи данных дистанционного зондирования того типа, который необходим для нужд оперативного оповещения тех, кто участвует в региональном сотрудничестве в данной области.

73. Было рассказано о характеристиках датчиков, работающих в видимой и тепловой инфракрасной областях спектра, а также о параметрах сканера, используемого на "Метеосате". Подробно освещалось относительное значение конвекционных систем в общем количестве осадков в экваториальном поясе, и эта концепция была соотнесена с характеристиками облаков, выведенными из наблюдений с "Метеосатом". Например, продолжительность сохранения тех или иных пороговых температур на верхушках шкваловых облаков находится в сильной взаимосвязи с

/...

количеством осадков, выпадающих на земную поверхность. "Метеосат" способен вести круглосуточный мониторинг температур верхушек облаков через каждые 30 минут, позволяя тем самым выполнять из космоса почти непрерывную оценку количества и распределения осадков над континентальной Африкой. Для того чтобы заострить внимание на том, как повысить в будущем точность спутниковой оценки осадков на основании информации о продолжительности сохранения холодных облаков (ПСХО), были подробно освещены калибровочные эксперименты, осуществляемые в настоящее время при Межправительственном органе по вопросам засухи и развития (МОВЗР).

74. Экспонировались сводные изображения ПСХО, составленные путем аккумуляции значений отдельных снимков ПСХО над Восточной Африкой за каждый из 10-дневных периодов на протяжении последних сезонов дождей; при этом преследовалась цель показать полезность данного типа информации в выявлении нынешней ситуации в регионе с засухой.

75. В связи со спектральными характеристиками отражающей способности растительности на земной поверхности обсуждались характеристики усовершенствованного радиометра с очень высокой разрешающей способностью (AVHRR) на борту спутников NOAA (например, как спутники NOAA улавливают информацию в видимой и ближней инфракрасной областях спектра). Были разъяснены энергетические характеристики ближней инфракрасной области, которая находится сразу за видимой, доступной зорю человека области и излучение которой сильно отражается здоровой, буйной зеленой растительностью. Был сделан краткий обзор выполненных за последние десятилетия исследовательских работ, из которого стало ясно, что датчики дистанционного зондирования, позволяющие измерять относительные количества отражаемого растительностью видимого и ближнего инфракрасного излучения, могут использоваться для мониторинга за развитием зеленой растительности. Было разъяснено, что спутники NOAA оснащены необходимыми датчиками, позволяющими вести из космоса мониторинг за поведением растительности на Земле.

76. Объяснялось, что представляет собой растительный индекс нормальной дифференциации (РИДН, т.е. индекс вегетационной активности); было рассказано о его использовании для измерения относительного состояния растительности и влажности почвогрунтов на земной поверхности от одного периода наблюдений к другому. Участникам были продемонстрированы сводные изображения растительности, полученные за 10-дневный период сбора данных (путем отбора "самых зеленых" данных, чтобы свести к минимуму эффекты облачности, закрывающей земную поверхность), а также примеры оперативной продукции спутников NOAA для нужд оперативного оповещения, которая в рамках проекта ФАО распространяется раз в 10 дней среди пользователей в регионе.

77. Изображения данного типа не свободны от ограничений, и с участниками состоялось обсуждение некоторых из наиболее серьезных проблем. Например, извержение вулкана Пинатубо на Филиппинах в июне 1991 года привело к выбросу в стратосферу Земли значительного количества вулканической пыли. Это, в свою очередь, привело к помехам в улавливании спутниками NOAA излучения и снижению надежности информации, используемой для мониторинга растительности с июня 1991 года по настоящее время.

II. ОЦЕНКА РАБОТЫ КУРСОВ

78. По завершении курсов участникам было предложено заполнить анкету, касавшуюся различных аспектов организации курсов, времени, выделенного на отдельные темы и на практические занятия, а также актуальности курсов для нынешней и будущей деятельности участников.

79. Анализ заполненных анкет показывает, что участники удовлетворены организацией и планированием курсов; они, в частности, отмечали высокое качество лекций. Две трети участников выступает за то, чтобы больше времени уделялось практическим занятиям по анализу цифровых изображений. В зависимости от поля своей деятельности некоторые участники сочли, что больше времени стоило уделить тому или иному конкретному направлению прикладного применения. Большинство участников указали, что уровень и содержание учебных курсов соответствовали конкретным требованиям их работы. Участники единодушно выразили признательность Организации Объединенных Наций, Европейскому космическому агентству и Региональному центру обслуживания в области съемки, картографирования и дистанционного зондирования за организацию и устроение курсов.

/...

Приложение

ПРОГРАММА КУРСОВ

<u>Дата</u>	<u>Время</u>	<u>Тематика</u>	<u>Выступающий</u>
Понедельник, 12 октября	09:00-10:00	Регистрация	
	10:00-10:45	Церемония открытия	ООН/ПРООН/ЕКА/ РЦОСКДЗ
	11:00-11:45	Программный доклад: "Рациональное использование окружающей среды: разработка стратегий развития, не допу- скающих ущерба биосфере Земли"	Х. Кроуз (ЮНЕП)
	11:45-12:30	Обзор дистанционного зондиро- вания	Л. Исаева (РЦОСКДЗ)
	14:00-17:00	Основы радиометрии	Дж. Бараза (РЦОСКДЗ)
Вторник, 13 октября	09:00-10:30	Характеристики спутниковых систем наблюдения Земли	А. Абиодун (ООН)
	10:45-12:15	Характеристики метеоспутни- ковых систем (геостационар- ных и околополярных)	Б. Хенриксен (ФАО)
	14:00-15:30	Принципы формирования изо- бражений (сбор данных, представление в цифровой/ аналоговой форме, вывод на внешние средства)	Дж. Бараза (РЦОСКДЗ)
	15:30-17:00	Спектральное, пространствен- ное и временное разрешение изображений	М. Феа (ЕКА)
	09:00-10:30	Практические занятия с изображениями	Дж. Бараза (РЦОСКДЗ)
Среда, 14 октября	10:45-12:15	Полет ERS-1: задачи, косми- ческий и наземный сегмент, ожхват земной поверхности	М. Феа (ЕКА)
	14:00-15:30	Приборы, средства сбора данных и технические харак- теристики ERS-1	М. Феа (ЕКА)

/...

<u>Дата</u>	<u>Время</u>	<u>Тематика</u>	<u>Выступающий</u>
Четверг, 15 октября	15:45-17:00	Оценка результатов, полученных на сегодняшний день с помощью ERS-1	М. Феа (ЕКА)
	17:00-18:30	Посещение объекта РЦОСКДЗ	РЦОСКДЗ
	09:00-10:30	Принципы радиолокационного формирования изображений, обработки и анализа наборов данных ERS-1	М. Феа (ЕКА)
	10:45-12:15	Практические занятия по конкретным вопросам прикладного применения ERS-1 (океанография)	М. Феа (ЕКА)
	14:00-17:00	Практические занятия по конкретным вопросам прикладного применения ERS-1 (лесоводство/геология)	М. Феа (ЕКА)
	09:00-10:30	Оценка количества осадков и стока	М. Феа (ЕКА)
Пятница, 16 октября	10:45-12:15	Прикладное применение дистанционного зондирования в агрометеорологии	М. Феа (ЕКА)
	14:00-17:00	Практические занятия на закрепление утренних лекций	М. Феа (ЕКА)
	09:00-12:15	Формирование и диагностика цифровых изображений	Т. Альфольди (Канадский центр дистанционного зондирования, КЦДЗ)
Понедельник, 19 октября	14:00-15:30	Формирование и диагностика цифровых изображений	Т. Альфольди (КЦДЗ)
	15:45-17:00	Предварительная обработка и коррекция цифровых изображений	Т. Альфольди (КЦДЗ)
	09:00-12:15	Принципы анализа цифровых изображений: усиление и классификация	Т. Альфольди (КЦДЗ)
Вторник, 20 октября	14:00-17:00	Практические занятия с цифровыми изображениями	Т. Альфольди (КЦДЗ)

/...

<u>Дата</u>	<u>Время</u>	<u>Тематика</u>	<u>Выступающий</u>
Среда, 21 октября		Анализ изображений и системы программного обеспечения	Л. Хейз (Университет Данди)
Четверг, 22 октября	09:00-10:30	Введение в радиолокационное дистанционное зондирование	Т. Альфольди (КЦДЗ)
	10:45-12:15	Геометрия съемочной радиолокации	Т. Альфольди (КЦДЗ)
	14:00-15:30	Взаимодействие с радиолокационной целью	Т. Альфольди (КЦДЗ)
	15:45-17:00	Характеристики радиолокацион- ных изображений	Т. Альфольди (КЦДЗ)
Пятница, 23 октября	09:00-10:30	Прикладное применение радио- локации в геологии и океано- графии	Т. Альфольди (КЦДЗ)
	10:45-12:15	Прикладное применение радио- локации в гидрологии и сельском хозяйстве	Т. Альфольди (КЦДЗ)
	14:00-15:30	Прикладное применение радио- локации в лесоводстве	Т. Альфольди (КЦДЗ)
	15:45-17:00	Практические занятия по декодированию радиолокацион- ных данных	Т. Альфольди (КЦДЗ)
Понедельник, 26 октября	09:00-17:00	Техническая экскурсия	РЦОСКДЗ
Вторник, 27 октября	09:00-12:15	Принципы географических ин- формационных систем (ГИС)	Ж. Пьер (Совет СКОТ)
	14:00-17:00	Общая стратегия организации проекта ГИС	Ж. Пьер (Совет СКОТ)
Среда, 28 октября	09:00-10:30	Предметное исследование: развертывание региональной географической службы	Ж. Пьер (Совет СКОТ)
	10:45-12:15	Обзор продукции и тенденций ГИС	Ж. Пьер (Совет СКОТ)
	14:00-17:00	Подготовка к занятию на местности	РЦОСКДЗ

/...

<u>Дата</u>	<u>Время</u>	<u>Тематика</u>	<u>Выступающий</u>
Четверг, 29 октября	09:00-17:00	Занятие на местности	РЦОСКДЗ
Пятница, 30 октября	09:00-17:00	Анализ результатов занятия на местности	РЦОСКДЗ
	14:00-16:00	Церемония закрытия	
