Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

Факультет заочного обучения

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дисциплине

«КОСМИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ»

Часть II «Космическое землеведение»

Специальность 020602 – Метеорология

Квалификация – инженер

*(Подлежит возврату*

*на факультет заочного обучения)*



Санкт-Петербург

2012

УДК 551.501

Одобрено методической комиссией метеорологического факультета Российского государственного гидрометеорологического университета

Методические указания по дисциплине «Космическая метеороло­гия». Часть II «Космическое землеведение» для высших учебных заведений. Специальность 020602 – Метеорология. Квалификация – инженер. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2012. – 37 с.

Составитель: В.Ф.Говердовский, к.ф.-м.н., доц.

Ответственный редактор: Дикинис А.В., к.г.н., доц., зав. кафедрой динамики атмосферы и космиче­ского землеведения.

© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2012

### ПРЕДИСЛОВИЕ

Космическое землеведение – научное направление исследова­ния состава, структуры, ритмики и динамики атмосферы, гидросферы, литосферы, криосферы, биосферы и атмосферы Земли по кос­мическим изображениям, спектро- и регистрограммам отраженного и собственного излучения, а также активной локации.

Развитию космического землеведения в нашей стране способ­ствовали запуски таких космических аппаратов как «Метеор», «Океан-О», «Космос-1500», «Алмаз», «Ресурс-0» и др.

Цель дисциплины – подготовка дипломированных специалистов, владеющих глубокими теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для дешифрования космических снимков облачности и подстилающей земной поверхности, а также для интерпретации спутниковой информации других видов при решении конкретных задач дистанционного зондирования Земли и мониторинга природной среды.

### Основные задачи дисциплины

Студент должен:

– изучить теоретические основы и методические принципы дешифрирования космических изображений, дистанционного определения или восстановления основных гидрометеорологических параметров геосферы, географической оболочки Земли;

– получить практические навыки дешифрирования космиче­ских изображений облачности и подстилающей земной поверхности.

Изучение данной дисциплины основывается на знании курсов «Физика атмосферы», «Математические методы численного анализа», «Синоптическая метеорология», «Климатология» и «Космическая метеорология».

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

– основы метеорологического визуального дешифрирования космических изображений;

– особенности дешифрирования космических снимков подстилающей земной поверхности и облачных образований, характеризующих определенные синоптические ситуации;

– физические основы и методические принципы дистанционного измерения и (или) восстановления полей основных метеороло­гических величин и вертикальных профилей их в атмосфере.

Студент должен уметь:

**3**

– грамотно использовать физико-математические обоснования решения прямых и обратных задач космической (спутниковой) метеорологии;

– производить визуальную и цифровую обработку данных наблюдений МСЗ.

Студент должен обладать навыками тематического использования результатов дистанционного зондирования Земли из космоса в синоптической метеорологии, авиационной метеорологии, агрометеорологии, гидрологии суши, океанографии, климатологии и в экологии.

### Общие указания

Основная форма учебы студента – заочника на пятом курсе – самостоятельная работа с книгой, которую необходимо внимательно прочитать, изучить и понять содержание, законспектировать основные положения. Конспектируя, надо глубоко осмысливать содержание каждого вопроса, избегая чисто формального разбора текста, вырабатывая собственное суждение о прочитанном и правильное убеждение по существу вопроса. Больше внимания следует обращать на обдумывание прочитанного, на его самостоятельный анализ, и затем – на правильное письменное восстановление того же материала путем сжатого пересказа главных мыслей и фактов.

Как научное направление космическое землеведение сформиро­валось сравнительно недавно, но очень быстро развивается. Поэтому любая литература по этому направлению не должна восприниматься как догмат, признаваемый непреложной истиной. Скорее – это некоторый комплекс взаимосвязанных и реально осуществленных научно-технических парадигм (образцов, типов, моделей), то есть доказательств, взятых из истории развития космонавтики, для ознакомления и сравнения с современными достижениями и состоянием в целом конкретной научной проблемы. Другими словами, любой литературный источник – это предложение читателю, изучающему дисциплину, не только читать текст, но и глубоко вникать в его содержание, выбирая актуальное в настоящий момент и оставляя без внимания устаревшее, не соответствующее современным представлениям.

**4**

Одной из важнейших особенностей дистанционного зондирования Земли из космоса является объективность и документальность результатов регистрации данных об исследуемых естественных объектах: в пределах спектральной чувствительности съемочной системы регистрируется вся информация и в совокупности отображается визуализированной формой представления-космическим снимком. В целях облегчения визуального отбора нужной информации и ее анализа в некоторых случаях первичные материалы съемки подвергаются предварительному преобразованию на основе разделе­ния диапазона получаемых видеосигналов (оптической плотности) на несколько интервалов с их цветовым или иным кодированием (квантование по уровню), совмещения нескольких зональных черно-белых изображений в одно, с окраской каждого изображения в свой цвет (синтезирование цветных изображений), удаление с изображений избыточной информации или шумов (фильтрация).

Основными качественными характеристиками снимков являются: линейное разрешение, диапазон и точность регистрации электромагнитного излучения, спектральный интервал регистрации электромагнитных волн для одноканальных систем, спектральное разрешение, число зон и размещение их по спектру для многозо­нальных систем. Анализ этих характеристик иногда выполняется инструментально или с помощью вычислительных машин, а его ре­зультаты представляются в виде количественных показателей, карт, схем, текстовых ответов на поставленные вопросы и пр.

Оптимизация орбитальных параметров научно-исследовательских спутников (наклонение, высота полета, время пересечения экватора), возрастание информационных возможностей спутниковой аппаратуры (пространственное разрешение, радиометрическая точность, используемые спектральные диапазоны, обзорность и периодичность съемки), пополнение совокупности определяемых при дистанционном зондировании физических характеристик с обеспечением необходимой точности, периодичности и обзорности их измерений существенно увеличивают перечень изучаемых геофизических объектов, погодообразующих процессов и явлений, природных ресурсов и т.п., а также расширяют круг различных тематических задач, решение которых обеспечивает космическое землеведение.

Проработку курса необходимо вести, руководствуясь программой дисциплины «Космическая метеорология» (часть 2 «Космиче-

**5**

ское землеведение»), в которой предусматривается изучение разделов «Дешифрирование космических снимков» и «Восстановление метеовеличин в тропосфере и стратосфере, а также на уровне излучающей поверхности на основе спутниковой информации».

Разделы состоят из взаимосвязанных тем, в каждой из которых приведен перечень конкретных вопросов, подлежащих изучению. Для закрепления знаний, полученных по отдельным темам, рекомендуется ответить на вопросы для самопроверки, указанные в конце каждой темы настоящих методических указаний.

При изучении дисциплины предусматриваются как письменные, так и личные консультации. Студент должен выполнить контрольную работу. Изучение дисциплины завершается экзаменом.

Литература

1. Герман М.А. Космические методы исследования в метеорологии - Л. Гидрометеоиздат, 1985.
2. Говердовский В.Ф. Космическая метеорология с основами астрономии. - СПб, изд. РГГМУ, 1995.
3. Говердовский В.Ф. Космическое землеведение. - СПб, изд. РГГМУ 2007.
4. Кондратьев К.Я. Спутниковая климатология. - Л.: Гидрометеоиздат, 1983.
5. Кондратьев К.Я., Тимофеев Ю.М. Метеорологическое зондирование атмосфе­ры из космоса. - Л.: Гидрометеоиздат, 1978.
6. Кронберг П. Дистанционное изучение Земли. - М.: Мир, 1988.
7. Руководство по использованию спутниковых данных в анализе и прогнозе погоды. -Л.: Гидрометеоиздат, 1982.

### Указания по разделам дисциплины

### Введение

Началом космического землеведения послужили исследования, проводимые в рамках спутниковой метеорологии, разрабатывающей методы получения и использования метеорологической информации с помощью аппаратуры, установленной на искусственных спутниках Земли:

Аналоговая форма представления измерений со спутников – изображение облачности и земной поверхности в различных участках (видимом, инфракрасном и микроволновом) спектра электромагнитных волн обладает рядом преимуществ: наглядностью, простотой получения и обработки, достоверностью. Именно поэтому до сих пор космические снимки остаются основной информацией,

**6**

используемой при синоптическом анализе и прогнозах погоды.

Исследование полей облачности по спутниковой информации позволило перейти к анализу не только состояния других естественных объектов (подстилающей земной поверхности, акваторий, снежных полей и ледовых образований, природных ресурсов), но и к анализу наиболее важных первичных величин с точки зрения прогноза погоды: облачности, осадков, температуры и влажности воздуха, атмосферного давления, скорости ветра, солнечной и земной радиации и др.

Данные спутниковых наблюдений за облачностью продолжают вызывать особый и наибольший интерес, поскольку облачность является чувствительным и наглядным индикатором погодообразующих процессов и условий погоды. Процесс дешифрирования космических изображений облачности имеет важное значение: при правильной идентификации облачности можно определить положение циклонов и антициклонов, связанных с ними атмосферных фронтов, центров завихренности; установить стадию барических образований, определить их эволюцию, предвидеть циклогенез и т.п.

При дешифрировании стараются по возможности получить оптимальное число разнообразных характеристик, позволяющих дать правильную качественную и количественную оценку естественного объекта, процесса или явления, отображаемого на снимке (например, количество, форма, мощность и высота облаков; пространственное положение естественных объектов, особенности их структуры; границы простирания изучаемых процессов и данные об их динамике; признаки явлений и т.д.).

В общих чертах схема дешифрирования космических снимков, получаемых в различных участках спектра электромагнитного излучения, одинакова, хотя и имеются некоторые несущественные особенности. Признаками для дешифрирования являются свойства информации 1-го и 2-го рода, яркость (тон) и структура (рисунок) изображения. Чаще всего они используются совокупно, без подразделения на какие либо группы. Так, например, характер распределения оптической плотности по полю изображения объекта (текстура) хорошо передает его текстурные особенности: форму, размеры, тон, взаимное расположение элементов, слагающих объект или образующих его поверхность. Цвет изображения подчеркивает информативность, поскольку цветовая чувствительность глаза человека зна-

**7**

чительно выше ахроматической. Именно по текстуре, достаточно устойчивой во времени, человек опознает вид, особенности состояния облачности, подстилающей земной поверхности и пр.

Изображение дешифрируемого участка снимка обычно воспринимается человеком как единое целое - некоторая ассоциативная модель, на основе анализа которой создается предварительная гипотеза о сути объекта, процесса или явления и его свойствах. Эта модель может быть затем представлена в цифровом виде и исследована с помощью вычислительной машины, скажем для проверки гипотезы. Однако человек превосходит любую машину в способности решать логические задачи, поскольку он может на основе ограниченной информации, используя логику своего мышления, специальные знания и жизненный опыт, преобразовывать дешифровочные признаки применительно к конкретным условиям (временным и пространственным), производить изменение признаков в зависимости от положения в кадре и изменения условий освещения, использовать различные природные и функциональные связи между исследуемыми объектами. Вот почему визуальное дешифрирование во многих случаях превосходит машинное по достоверности результатов.

В последнее время сформировался новый подход к дешифрированию спутниковой информации – интерактивный режим обработки и интерпретации, предусматривающий поэтапную предварительную обработку различными способами в системе человек-компьютер. Одной из перспективных областей применения такого подхода является автоматизация распознавания и классификации облачности на космических изображениях, а также восстановление и оценка основных гидрометеорологических параметров.

Литература

[1] – гл.5,п.5.2; [7]-гл.3.4.

Вопросы для самопроверки

1. Поясните связь между спутниковой метеорологией и космическим землеведением.

2. Что называют визуализированной формой представления информации МСЗ?

3. Что понимают под признаками дешифрирования космических снимков?

4. В чем состоит цель дешифрирования космических изображений?

5. Почему визуальное дешифрирование во многих случаях по достоверности результатов превосходит машинное (компьютерное) дешифрирование?

### Дешифрирование космических снимков

8

Интерпретация (дешифрирование) космических изображений представляет собой многоэтапный логический анализ видеоинформации, в которой используются геометрические и оптические характеристики (прямые признаки), а также взаимосвязи и взаимообусловленности естественных (природных) и антропогенных объектов (косвенные признаки) в системе Земля-атмосфера.

Распознавание и определение этих характеристик часто сливается в единый процесс последовательного чередования изучения ситуации на изображении в целом с исследованием отдельных ее фрагментов и элементов.

### Основы метеорологического визуального дешифрирования космических изображений

Понятие дешифрирования. Признаки для дешифрирования естественных объектов. Текстура, мезоструктура и макроструктура космического изображения, получаемого с помощью аппаратуры МСЗ. Генерализация информации на космических снимках. Обобщение и отображение результатов дешифрирования космических изображений. Картирование результатов метеорологического дешифрирования. Карты нефанализа. Карты прогноза эволюции и перемещения облачных образований. Синтезирование псевдоцветных изображений естественных объектов по данным дешифрирования снимков.

*Необходимо уяснить, что дешифрирование выполняется путем определения некоторого набора признаков распознаваемого* объекта *и оценки его близости к одному из обобщенных описаний (образцов, эталонов), находящихся в памяти человека или вычислительной машины. К прямым дешифровочным признакам относятся форма и размеры объектов, общий интегральный тон черно-белого или насыщенного цветного снимка, текстура изображения. Чаще всего форма является достаточным признаком, а текстура относится к наиболее информативным признакам. Тон изображения зависит от выбора элементов съемочной системы и условной съемки.*

Литература

[1] – гл.10, п.п. 10.1; 10.2; 10.7; 12.8; [2] - гл.10. п.п. 10.1; 10.2;10.5; [3] (ч.2) – гл.1

Вопросы для самопроверки:

**9**

1. Что понимают под метеорологическим визуальным дешифрированием?

2. Назовите основные признаки дешифрирования космических снимков.

3. Что понимают под текстурой космического изображения?

4. Дайте определение мезоструктуры космического снимка.

5. Что называют макроструктурой космического изображения?

6. Расскажите о генерализации информации на комическом снимке.

7. Для чего строятся карты нефанализа?

8. Что представляют собой карты прогноза эволюции и перемещения облачных образований?

9. Чем отличаются карты нефанализа от карт прогноза эволюции и перемещения облачных образований?

10. Охарактеризуйте процесс синтезирования цветных изображений.

### Дешифрирование подстилающей поверхности Земли

Распознавание на космических изображениях естественных объектов земной поверхности. Опознание элементов региональной физической географии. Характеристика ландшафтов. Дешифрирование объектов гидрографической сети и состояния акваторий. Оценка состояния снежного и ледового покровов. Дешифрирование морской (океанской) поверхности и береговой линии. Критерии изменения состояния объектов подстилающей поверхности по космическим изображениям, полученным в различных участках спектра электромагнитного излучения.

*Рекомендуется особое внимание обратить на признаки (сочетание текстуры и тона изображения), характеризующие состояния различных объектов подстилающей земной поверх­ности*, *поскольку она оказывает существенное влияние на трансформацию прилегающей воздушной массы и формирует локальные условия погоды.*

Литература:

[1] - гл. X, п.п. 10.5, 10.6; [2] - гл. X п.п.10.4;[3] (часть 2)- гл. II.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие естественные объекты земной поверхности возможно распознать на космических снимках Земли?

2. Каким образом распознаются объекты региональной географии?

3. Как характеризуют ландшафт по космическому снимку?

4. Каким образом распознаются объекты гидрографической сети?

5. В чем состоит оценка состояния снежного покрова?

6. Какие типы структур изображения различают на космических изображениях земной поверхности, покрытой снегом?

**10**

7. Опишите особенности морских ледовых образований.

8. Можно ли дешифрировать ледовую обстановку на озерах и крупных водохра­нилищах?

9. Расскажите о специфике дешифрирования морской поверхности и береговой линии.

10. Охарактеризуйте особенности изображений объектов земной поверхности в различных участках спектра электромагнитного излучения.

### Дешифрирование снимков облачности

Границы и количество облаков. Форма облачности. Распознавание облачности на фоне подстилающей поверхности различного вида. Особенности совместного дешифрирования космических изображений облачности, получаемых одновременно в видимом, инфракрасном и микроволновом участках спектра электромагнитного излучения. Гид­рометеоры и литометеоры на космических снимках.

Необходимо уяснить, что при дешифрировании космических снимков не всегда удается точно определить формы генетической классификации облаков из-за сходства между собой изображений многих из них. Поэтому пользуются условной морфологической классификацией (типизацией), рекомендованной Всемирной метеорологической организацией (ВМО), основой которой являются облачные ассоциации - всевозможные сочетания разновидностей облаков всех ярусов, создающие на снимках сходный зрительный эффект.

Литература

[1] - гл. 10, п.п. 10.3, 10.4; [2] - гл. 10, п. 10.3; [3] (часть 2)- гл. 3

Вопросы для самопроверки:

1. Каким образом определяют границы облачности на космическом снимке?

2. Как характеризуют количество облачности по космическому изображению?

3. Назовите основные типы облачности, которые различают на космических снимках при визуальном дешифрировании.

4. Как отображают на карте нефанализа результаты дешифрирования облачности?

5. По каким признакам определяют гидрометеоры и литометеоры на космических снимках, полученных в видимом диапазоне спектра излучения?

Особенности формирования мезоструктуры облачности. Виды мезоструктурных облачных образований. Анализ условий формирова­ния конвективных мезоструктурных облачных систем, орографиче­ских мезоструктурных облачных образований и феновых явлений. Связь мезоструктуры облачности с местной циркуляцией атмосферы.

**11**

Следует понять, что формирование каждого из видов мезоструктурных облачных образований связано с определенными локальными термодинамическими условиями. По характерным особенностям пространственного распределения мезоструктуры облачности на космическом изображении можно оценить направление ветра в нижней тропосфере и положе­ние очагов максимальной скорости ветра в свободной атмо­сфере, установить характер термической стратификации воздушных масс, адвекцию тепла и холода, вихревые и волновые движения в атмосфере, феновые явления, обнаружить кучево-дождевые облака, идентифицировать некоторые типы местной циркуляции атмосферы и др.

Литература

[1] - гл. X п. 10.2.3.; [2] - гл. XII; [3] (часть 2)- гл. IV

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите основные виды мезоструктурных облачных образований.

2. Какие облачные мезоструктуры характеризуют адвективные процессы?

3. По каким облачным образованиям можно судить о стратификации атмосферы?

4. Опишите условия образования волнистых облаков.

5. Охарактеризуйте основные виды мезовихрей, условия их образования.

6. Каким образом проявляются феновые явления в поле облачности?

7. Что представляют собой цепочки мезовихрей?

8. Укажите особенности образования облачности при бризовой циркуляции.

9. Дайте характеристику влияния неоднородности температуры и шероховатости земной поверхности на облачные мезоструктурных системы.

10. Охарактеризуйте мезоструктуру кучево-дождевой облачности.

Макромасштабная (макросиноптическая) структура космиче­ских изображений облачности: облачность воздушных масс; облач­ные полосы атмосферных фронтов; предфронтальные и зафронтальные линии шквалов; облачность струйных течений. Влияние топографии и орографии на фронтальные облачные полосы и облачность внутримассового характера. Эволюция и перемещение облачности атмосферных фронтов. Влияние горных систем на струйные течения.

Здесь уместно вспомнить основные термодинамические характеристики воздушных масс. Для теплой воздушной массы типичными являются неадиабатическое охлаждение и динамическая конвекция трения, что приводит к образованию слоистых и слоисто-кучевых облаков, из которых выпадают

**12**

морось или слабые осадки (снег, дождь). Для холодной воздушной массы типичны термическая неустойчивость, конвективная облачность, ливневые осадки, выпадающие из кучеводождевых облаков. В зоне соприкосновения воздушных масс, имеющих различные свойства (на атмосферных фронтах), об­разуются облачные полосы, для характеристики которых важное значение имеют их размеры (ширина, протяженность), структурные особенности (кривизна, конфигурация), признаки определенного типа облачности, мощность (яркость, тон) облаков, очертания границ.

Литература

[1] - гл. XI, п.п. 11.1-11.3; гл. XII, п.п. 12.1-12.3; [2] - гл. XIII, п.п. 13.1, 13.4.2; [3] (часть 2)- гл. V

Вопросы для самопроверки

1. Укажите особенности облачности теплой и холодной воздушной массы.

2. Опишите признаки облачной полосы холодного фронта.

3. Дайте характеристику облачной полосы теплого фронта.

4. Охарактеризуйте структурные особенности облачности фронта окклюзии.

5. Расскажите об особенностях облачности вторичных холодных фронтов.

6. Что представляют собой предфронтальные и зафронтальные линии шквалов?

7. Как влияет орография на облачные полосы атмосферных фронтов?

8. Назовите признаки формирования и эволюции атмосферных фронтов.

9. Каким образом определяют направление перемещения атмосферного фронта?

10. Каковы основные признаки облачности струйного течения?

Облачные системы барических образований: фронтальных ци­клонов в различных стадиях развития; ныряющих циклонов; южных (средиземноморских) циклонов. Перемещение и эволюция фронтальных циклонических образований. Признаки циклогенеза на космических снимках облачности, а также смены характера атмосферной циркуляции.

Облачные образования нефронтальных (орографических и ме­стных) циклонов. Облачные системы высотных барических ложбин. Условия формирования облачности в антициклонах. Эволюция и перемещение областей высокого давления.

В процессе дешифрирования циклонов необходимо учиты­вать термобарическую и фронтальную структуру. От воз­никновения до исчезновения они проходят сложные стадии своего существования, каждая из которых сопровождается

**13**

своеобразной структурой облачности, непрерывно изменяющейся при перемещении и эволюции циклона. В ряде случаев ци­клоны, прошедшие уже все стадии развития, не заполняются окончательно, а вновь начинают углубляться (регенерируют), вызывая усиление облакообразования с характерными структурными признаками и приобретая подвижность. Нефронтальные циклоны возникают или в результате неравномерного нагрева земной поверхности — местные (термические) циклоны, или по причине искажения воздушного потока в условиях сложного рельефа – орографические циклоны. В эволюции ан­тициклонов, правда не всегда, также можно усмотреть различные стадии, определяющиеся изменением термобарического поля, а, следовательно, и облачности. В антициклонах часто образуются инверсии температуры, возникают приземные радиационные туманы.

Литература

[1] - гл. 11,п.п. 11.4-11.5; гл. 12, п.п. 12.4-12.7; [2]-гл. 13,п.п. 13.2-13.4; [3] (часть 2)- гл. 6

Вопросы для самопроверки:

1. Укажите признаки в структуре облачного образования циклона, по которым можно судить о стадиях его развития.

2. Охарактеризуйте облачную систему ныряющего циклона.

3. Расскажите об облачных образованиях южных (средиземноморских) циклонов.

4. Как определить направление перемещения циклона по космическому снимку?

5. Дайте характеристику облачных образований, являющихся признаками циклогенеза.

6. Опишите облачность орографических циклонов.

7. Какие особенности имеет облачность местных циклонов?

8. Назовите условия образования облачности в антициклонах.

9. Расскажите об облачности антициклонов, сформировавшихся в различных воздушных массах над подстилающей поверхностью определенного вида.

10. Можно ли по космическому изображению определить направление перемещения антициклона?

Облачные системы тропической зоны: облачность внутритропической зоны конвергенции (ВЗК); облачные системы холодных вторжений; восточные (пассатные) волны в поле облачности; облачные образования тропических циклонов; облачные массивы муссонного происхождения. Анализ тропических циклонов по космическим изображениям облачности.

**14**

Все изучаемые процессы связаны между собой и наблюдаются в тропической зоне на общем, казалось бы, климатологически установившемся фоне малых изменений всех метеороло­гических величин. По особенностям структуры облачных сис­тем и формам облаков много судить о местоположении, пе­ремещении и эволюции синоптических объектов, делать за­ключения о стадиях их развития и в некоторых случаях – об условиях их возникновения. Этому способствует хорошо раз­личимая мезоструктура облачности: мелкая упорядоченность проявляется главным образом в виде гряд и ячеек.

Литература

[1] - гл. 13; [2] - гл. 14; [3] (часть 2)-гл. 7

Вопросы для самопроверки:

1. Охарактеризуйте облачность внутритропической зоны конвергенции.

2. Что принято называть холодными вторжениями?

3. Опишите облачные системы холодных вторжений.

4. Как проявляются в поле облачности восточные (пассатные) волны?

5. Что принимают за параметры облачных систем тропических циклонов?

6. Какое явление называют «глазом бури» в тропическом циклоне?

7. Опишите категории тропического циклона в международной классификации.

8. Расскажите о классификации тропических циклонов в нашей стране.

9. Что называют муссонными течениями или муссонами?

10. Дайте характеристику облачности, связанной с муссонами.

### Анализ локальных условий погоды по снимкам, получаемым

### с помощью метеорологических спутников Земли

Анализ распределения температуры и атмосферного давления. Определение характеристик воздушных движений. Оценка параметров облачности, относительной влажности и возможности выпадения осадков по результатам дешифрирования космических снимков.

Анализ погодных явлений по космическим изображениям облачности: диагноз грозовой деятельности, турбулентности атмосферы; обнаружение тумана и низких слоистообразных облаков, феновых эффектов и особенностей местной циркуляции атмосферы.

Космические изображения облачности могут быть ис­пользованы либо для восполнения отсутствующих сведений путем введения некоторых норм метеорологических величин,

**15**

соответствующих конкретным облачным структурам, либо для оптимальной интерполяции данных приземных измерений. При этом непосредственным источником необходимой информации чаще всего являются описания (качественные реальные или обобщённые статистические) атмосферных процессов, приводящих к появлению той или иной структуры облачности, а также мезоструйных особенностей облачного по­крова (например, для оценки направления и скорости ветра, характера термической стратификации, локальных циркуляций в атмосфере и др.)

Литература

[1] – гл.14,15; [2] гл. 15,16; [3] (часть 2)-гл. 8

Вопросы для самопроверки:

1. По каким признакам на космических снимках можно судить о температуре воздуха у земной поверхности?

2. Расскажите о связи структуры облачных образований и поля давления.

3. Назовите облачные образования, используемые для оценки направления и скорости ветра по космическим снимкам.

4. Каким образом можно оценить стратификацию атмосферы, используя космические изображения облачности?

5. При каких условиях по космическим снимкам возможна оценка поля вертикальных движений в атмосфере?

6. Расскажите об оценке относительной влажности по космическому снимку.

7. Назовите признаки на космических снимках, определяющие возможность выпадения осадков.

8. В каких случаях используют космические изображения для анализа турбулентности?

9. Какие явления погоды можно охарактеризовать по космическим снимкам?

10. Расскажите о комплексном использовании информации МСЗ и МРЛ в процессе анализа погоды.

### Основные направления практического использования результатов дешифрирования космических изображений

Использование спутниковой информации в процессе метеорологического обеспечения полетов авиации. Применение данных спутниковых наблюдений в агрометеорологии, гидрологии суши и экологии. Спутниковая океанография. Спутниковая климатология. Космический мониторинг окружающей среды и контроль природ­ных ресурсов. Роль совмещенных подспутниковых экспериментов (СПЭКС) в исследованиях системы Земля-атмосфера.

**16**

Специалист должен осознать, что сфера применения данных дистанционного зондирования Земли из космоса непрерывно расширяется. Задачи изучения динамики и ритмики природных процессов и явлений, научного исследования географической оболочки, оперативного использования аэрокосмической*информации*в процессе метеорологического обеспечения деятельности человека, контроля природных ресурсов, космического мониторинга состояния окружающей среды и т.п. на *современном* этапе являются неотъемлемым свойством методологии сбора, обработки, интерпретации и использования данных спутниковых наблюдений.

Литература:

[1] – гл. 18,20; [3] (часть 2)- гл.9

Вопросы для самопроверки:

1. Определите значимость информации МСЗ для анализа и прогноза погоды.

2. Какие опасные для полетов авиации явления распознаются на космических снимках?

3. Назовите основные направления использования спутниковой информации в агрометеорологии.

4. Какие сведения по гидрологии суши можно получить по данным спутниковых наблюдений?

5. Охарактеризуйте особенности космических исследований в области экологии.

6. Дайте характеристику основным задачам спутниковой океанографии.

7. Расскажите об исследованиях спутниковой климатологии.

8. Что понимают под космическим мониторингом окружающей среды?

9. Каким образом осуществляется контроль природных ресурсов?

10. Определите роль СПЭКС в исследованиях системы Земля – атмосфера.

### Восстановление метеовеличин в тропосфере и стратосфере, а также на уровне излучающей поверхности на основе спутниковой информации

Основой для количественной оценки параметров физического состояния атмосферы и подстилающей земной поверхности (океана и суши) является измерение характеристик поля электромагнитного излучения. Чаще всего предпочтителен инфракрасный диапазон из­лучения, поскольку для большинства типов излучающих поверхностей коэффициент излучения близок к единице и меняется в значительно меньших пределах, чем в микроволновом участке длин волн.

**17**

### Концепция и проблемы цифровой обработки спутниковой метеорологической информации

Особенности численной интерпретации спутниковой информации. Цифровые модели данных наблюдений МСЗ. Функции про­пускания атмосферы и весовые функции. Математические основы решения прямых и обратных задач космической метеорологии. Уравнение переноса радиации. Основные алгоритмы цифровой обработки, анализа и интерпритации спутниковой гидрометеорологической информации. Представление результатов цифровой обработки.

*Как бы не были абстрактны идеи, структуры, формулы и теоретические обобщения эмпирических исследований, они нуждаются в материальной (числовой) интерпретации, в установлении связи с законами природы, с состоянием ее объектов, особенностями процессов и явлений. Такая возможность существует за счет реализации системно-структурного подхода к проблеме интерпретации результатов исследований природной среды, суть которого состоит в применении специфических методов и средств для представления, преобразования и описания эмпирической информации, ее анализа и синтеза*.

Литература

[1] – гл.4,п.п.4.1; [2] - гл.11, гл. 17, п. 17.1.4; [3] (часть 2) - гл.10

Вопросы для самопроверки:

1. Что называют измерением?

2. Поясните понятия калибровки и тарировки данных измерений.

3. Охарактеризуйте функцию пропускания атмосферы.

4. Дайте определение весовой функции.

5. Расскажите об уравнении переноса радиации.

6. Что называют прямой задачей спутниковой (космической) метеорологии?

7. Что составляет содержание обратной задачи спутниковой метеорологии?

8. Назовите основные направления машиной цифровой обработки информации МСЗ.

9. Дайте характеристику алгоритмам первичной обработки спутниковой инфор­мации.

10. Что предусматривает вторичная обработка данных спутниковых наблюдений?

**18**

**7**

### Дистанционные измерения метеорологических величин

Определение температуры излучающей поверхности. Оценка температуры поверхности моря и суши. Температура верхней гра­ницы облачности; расчет высоты верхней границы облаков, влаго - и водосодержания атмосферы и облачности.

Эти задачи хорошо известны, стали традиционными в метеорологии, и все же являются весьма актуальными для общей проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Использование данных спутниковых измерений уходящего излучения в различных областях спектра для получения сведений о структурных параметрах (температура, плотность воздуха, давление) открывает реальные пути оптимизации современных численных схем анализа и прогноза погоды. Так, например, сравнительный анализ данных инфракрасных и микроволновых измерений позволяет распознать фазу облаков, делает возможным определение не только влагосодержания облачности, но и состава атмосферы.

Литература.

[1] - гл.4,п.4.2; [2] - гл.17, п.п.7.1.1-7.1.3;[3] (часть 2) - гл.11

Вопросы для самопроверки:

1. На чем основано решение задачи определения температуры излучающей по­верхности методом дистанционного зондирования?

2. Назовите особенности определения температуры поверхности моря (океана).

3. Охарактеризуйте специфику определения температуры поверхности суши.

4. Каким образом определяют температуру и высоту верхней границы облаков при дистанционном зондировании Земли из космоса?

5. Расскажите о способах определения влаго- и водосодержания атмосферы и облаков при дистанционном зондировании.

### Восстановление вертикальных профилей и полей основных метеорологических величин

Термическое зондирование атмосферы. Восстановление верти­кального профиля содержания водяного пара в атмосфере. Оценка содержания озона и малых газовых компонентов в атмосфере. Космические методы изучения атмосферных загрязнений. Восстановление полей давления (геопотенциала) и воздушных течений по данным наблюдений МСЗ. Определение климатических характерстик по спутниковой гидрометеорологической информации.

**19**

Следует помнить, что проблема определения вертикальных профилей различных параметров физического состояния атмосферы относится к классу неустойчивых, некорректно поставленных задач математической физики, поскольку решение таких задач чаще всего оказывается не единственным по отношению к измеряемому спутником излучению. Получение надежной количественной информации о состоянии атмосферы обусловливает высокие требования к развитию теории переноса излучения в атмосфере, а также к точности количественных характеристик взаимодействия электромагнитного излучения со средой. В этой связи очень важной является проблема четырехмерного усвоения различных видов асинхронной метеорологической информации, комплексного решения задач восстановления полей основных метеорологических величин по данным спутниковых наблюдений, объективного анализа и численного прогноза погоды.

Литература

[1] – гл.4,п.п.4.3,4.4;гл.15; [2] - гл.17, п.п.17.2,17.3;[3] - гл.12 (часть 2).

Вопросы для самопроверки:

1. Что называют термическим зондированием атмосферы?

2. Охарактеризуйте проблему восстановления вертикального профиля содержания водяного пара в атмосфере по данным наблюдений МСЗ.

3. Каким образом возможно оценить содержание озона и других малых компонентов атмосферы при дистанционном зондировании Земли из космоса?

4. В каких направлениях осуществляется подход к восстановлению полей давления (геопотанциала) и воздушных течений по спутниковой информации?

5. Расскажите об определении климатических характеристик по гидрометеорологической информации, получаемой при дистанционном зондировании.

**20**

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

### Общие указания

В результате самостоятельного изучения дисциплины необходимо выполнить контрольную работу, которая состоит из семи заданий. Каждое задание представлено в десяти вариантах. Студент выполняет контрольную работу по варианту, номер которого соответствует двум последним цифрам номера его зачетной книжки (см. «Различные сочетания вариантов вопросов по контрольной работе» на стр. 35)

К выполнению контрольной работы следует приступить после тщательного изучения по рекомендованной литературе того раздела курса, который связан с выполнением соответствующего задания. Ответы на вопросы контрольной работы должны быть краткими, но достаточно подробными и исчерпывающими. Сформулированы четко, подтверждены или проиллюстрированы математическими формулами, таблицами или рисунками таким образом, что бы был понятен физический и логический смысл изложенного материала. Обязательно указывать использованную литературу.

При ответах на теоретические задания обязательно (где это нужно) приводить полный вывод формул с соответствующими пояснениями всех принятых обозначений. Рисунки должны быть аккуратно вычерчены и правильно оформлены графически; пояснения к ним также должны быть краткими, но полными по содержанию. Если по условию задания целесообразно строить графики, то они должны быть выполнены на миллиметровке с соответствующими пояснениями и кратким анализом.

Основные результаты выполнения заданий 5-7 контрольной работы необходимо представить в виде карты нефанализа, составленной на кальке, на которой (мягким простым карандашом) условными обозначениями должны быть нанесены результаты визуального дешифрирования космического изображения согласно приня­тым правилам (см. кн. Л.C. Минина Практика нефанализа, Гидрометеоиздат, 1970). Калька карты нефанализа является обязательной составной частью контрольной работы; на ней должны быть указаны и подписаны меридианы и параллели района космической съемки. В случае необходимости на этой же кальке отображается также условными обозначениями (см. [1], стр. 289) прогностические признаки возникновения, развития и перемещения облачных образований атмосферных фронтов и циклонов.

**21**

### Содержание контрольной работы

В процессе выполнения заданий 1 - 4 для выбранного варианта темы (вопроса) предлагается составить реферативную характери­стику, особо выделяя и оценивая те элементы ее (его) содержания (ответа) которые представляют наибольший интерес для изучения дисциплины.

### Задание 1

Варианты

1. Особенности визуального дешифрирования космических снимков.

2. Инструментальное дешифрирование космических снимков и синтезирование псевдоцветных изображений.

3. Обобщение и отображение результатов визуального метеорологического дешифрирования космических изображений.

4. Дешифрирование объектов региональной географии и характеристика ландшафта по космическим снимкам.

5. Дешифрирование почв, растительного и снежного покровов.

6. Характеристика водных поверхностей (рек, озер, водохранилищ, морей) и ледяного покрова.

7. Дешифрирование снимков облачности (в разных участках спектра).

8. Распознавание облачности на фоне подстилающей поверхности.

9. Граница, количество и форма облачности на космических снимках.

10. Гидрометеоры и литометеоры на космических снимках

### Задание 2

1.Мезоструктурные облачные образования на космических снимках.

2. Условия формирования конвективных мезоструктурных облачных образований.

3. Орографические мезоструктурные облачные образования.

4. Облачность воздушных масс, атмосферных фронтов, пред - и зафронтальных линий шквалов на космических снимках.

5. Облачность струйных течений на космических изображениях.

6. Формирование, эволюция и перемещение атмосферных фронтов на космических снимках.

7. Влияние орфографии на атмосферные фронты и струйные тече­ния по космическим изображениям облачности.

8. Облачные системы фронтальных циклонов в различных стадиях их развития на космических снимках.

9. Перемещение и эволюция циклонических образований; признаки циклогенеза и смены характера атмосферной циркуляции на снимках.

**22**

10. Облачность ныряющих и южных (средиземноморских) циклонов на космических изображениях облачности.

### Задание 3

1. Облачные образования нефронтальных (орографических и местных) циклонов на космических снимках.

2. Облачные системы высотных барических ложбин на космических снимках.

3. Условия формирования облачности в антициклонах; признаки эволюции и перемещения антициклонов на космических изображениях облачности.

4. Облачные системы холодных вторжений в тропическую зону на космических снимках.

5. Восточные (пассатные) волны в поле облачности на космических снимках.

6. Облачные системы тропических циклонов на космических снимках.

7. Классификация тропических циклонов по их облачным образо­ваниям (рекомендуемая ВМО и принятая в нашей стране).

8. Оценка локальных условий погоды по космическим снимкам.

9. Анализ погодных явлений по космическим изображениям облачности.

10. Облачные массивы муссонного происхождения на снимках.

### Задание 4

1. Особенности численной интерпретации спутниковой информации.

2. Атмосферные влияния при дистанционном зондировании Земли из космоса; функции пропускания атмосферы и весовые функции.

3. Математические основы решения прямых и обратных задач спутниковой метеорологии. Уравнение переноса радиации.

4. Основные алгоритмы цифровой обработки, анализа и интерпре­тации спутниковой информации с помощью вычислительной техники.

5. Определение температуры излучающей поверхности (суши, мо­ря, облачности) по данным наблюдений метеорологических спутников Земли.

6. Оценка высоты верхней границы облачности по спутниковой информации.

7. Влаго- и водосодержание атмосферы и облаков по информации МСЗ.

**23**

8. Восстановление вертикальных профилей температуры и влаго- содержания атмосферы по спутниковой метеорологической информации

9. Оценка содержания озона и малых газовых составляющих в атмосфере; космические методы изучения атмосферных загрязнений.

10. Восстановление полей основных метеорологических величин по данным наблюдений МСЗ.

Выполнение заданий 5-7 предусматривает приобретение практических навыков к визуальному метеорологическому дешифрированию космических изображений облачности и подстилающей земной поверхности в определенном географическом районе, к обобщению и отображению результатов дешифрирования с помощью специальных карт и в использовании их для анализа и прогноза си­ноптических процессов и условий погоды.

### Задание 5

Подготовительные работы при дешифрировании космических изображений, получаемых с помощью аппаратуры МСЗ.

1. Выберите из приложений к методическим указаниям космическое изображение (фотомонтаж) по номеру варианта выполняемой контрольной работы. Выясните дату и время съемки, каким спутником и с помощью какой аппаратуры получена эта информация. Уточните условия съемки, параметры орбитального полета спутника (период обращения, наклонение орбиты, высота и т. п.) и характеристики съемочной аппаратуры (режим работы, разрешающая способность, ширина полосы обзора, спектральный диапазон, длина волны регистрируемого излучения, время формирования кадра в исследуемом районе и т.п.) Собранные сведения необходимо записать в произвольной форме (например, в виде характеристики условий съемки), обдумать и запомнить, поскольку они определяют информационные возможности и специфику дешифрирования съемки.

2. Внимательно рассмотрите космическое изображение, определите географические координаты информационно освещаемой территории. Ознакомьтесь с региональными географическими объектами и характеристиками ландшафтов, изображенных на снимке, исполь-

**24**

зуя при этом физико-географическую карту подходящего масштаба (например, 1:25000000). Исследуемая территория обширна по своим размерам, и для удобства ее можно подразделить на отдельные физико-географические районы, отливающиеся характерными особенностями в климатическом отношении, или воспользоваться описаниями типовых ландшафтов. Оцените по снимку степень закрытия естественных объектов облаками. В этом окажется полез­ной нанесенная на фотомонтаж демаркационная линия суша-вода. Однако более точную и объективную оценку можно получить путем совмещения (например, по сетке географической системы координат) фотомонтажа с контурной картой региона, изготовленной на прозрачной основе (калька, пленка и т.п.) в масштабе 1: 25000000. Такая оценка необходима для учета влияния орографии и топографии на облачные образования.

3. Оценить влияние подстилающей поверхности на трансформацию воздушных масс, эволюцию барических систем и атмосферных фронтов, а, следовательно, и облачности позволяет изучение физико-географических условий исследуемого региона.

Учет особенностей этих условий приобретает особый смысл для анализа своеобразия местных (локальных) погодных обстоятельств, поскольку пространственное и временное распределение метеорологических величин и явлений погоды находится в определенном соответствии с характерными свойствами подстилающей земной поверхности. К тому же знание физико-географических характеристик облегчает дешифрирование естественных объектов на космических снимках (горные хребты, перевалы, речные долины, очертание береговых линий морей, крупных озер и т.п.).

Обычно в физико-географическом обзоре освещаются ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ (географическое положение рассматриваемого района с указанием границ отдельных его естественных объектов, краткие астрономические данные об особенностях движения Солнца и др.), характеристика РЕЛЬЕФА (описание наиболее значительных горных систем, отдельных хребтов и вершин, их абсолютных и относительных отметок, экспозиции и крутизне склонов, протяженности горных систем, заметных долин, низменностей, заболоченных районов и других основных форм рельефа, имеющих влияние на формирование местной погоды и климата), ГИДРОГРАФИЯ (основные сведения о крупных реках, озерах, во-

**25**

дохранилищах, водосборной площади водных артерий: глубина, ширина и протяженность, а иногда – режим водных объектов, то есть колебания уровня, приливы и отливы, время наступления и интенсивность паводков, скорость течения; даты установления и схода ледового и снежного покровов); РАСТИТЕЛЬНОСТЬ (залесненность – отношение площади, занятой лесом к площади всего района; характер лесов – лиственные, хвойные, смешанные; луга, культурный ландшафт; продолжительность вегетационного периода и пр.) Описание должно также содержать раздел, дающий представление о закономерностях атмосферной циркуляции, пространственного и временного (годового, сезонного, месячного, декадного или суточного) хода основных климатических характеристик в пределах изучаемой территории.

В данном случае, достаточно, пользуясь различными источ­никами (литература, атласы, Интернет и т.п.), составить краткую справку об основных физико-географических и климатических особенностях исследуемого района в период (день) космической съемки. Включите в справку лишь те характеристики и обстоятельства, которые бесспорно можно считать необходимым и для дешифрирования.

Таким образом, отчетными материалами по заданию 5 являются:

– справка об условиях космической съемки;

– контурная карта - схема исследуемого региона, изготовленная на прозрачной основе (калька, пленка и пр.);

– краткая справка[[1]](#footnote-1) о физико-географических и климатических особенностях исследуемого региона в период (день) космической съемки.

Необходимо подчеркнуть, что главным в выполнении подгото­вительного этапа является сбор, систематизация, анализ и подготовка к использованию всех сведений, обеспечивающих достоверность, надежность и объективность визуального метеорологического дешифрирования космических изображений, космической съемки.

**26**

### Задание 6

Дешифрирование космических изображений

1. Схематическое обобщение результатов дешифрирования космических изображений осуществляется с помощью специаль­ных карт. Карты нефанализа представляют собой расшифрованный спутниковой снимок, все детали изображения которого с помощью специальных условных изображений (см. кн. Л.С. Минина. Практика нефанализа. JI. Гидрометеоиздат, 1970) обобщаются и с учетом масштаба переносятся на бланк с географической основой. Для отображения динамических характеристик погодообразующих процессов, определяемых по космическим изображениям облачности, составляют карты прогноза эволюции и перемещения облачных образований, используя дополнительные условные обозначения ([1], гл. 12, п. 12.8, стр. 289). В процессе выполнения контрольной работы содержание этих карт будет отображаться на единой основе (на кальке)

Возьмите соразмерный с космическим изображением лист матовой (карандашной) кальки, наложите его на снимок (фотомонтаж). Закрепите и скопируйте (мягким простым карандашом) на кальку с космического изображения меридианы и параллели исследуемого региона, подпишите их. Основа карты для отображения результатов дешифрирования готова.

2. Отличить облака от объектов подстилающей поверхности и выявить особенности пространственного их распределения в общем случае позволяют различие в характере рисунка изображения, а также устойчивость структуры подстилающей поверхности по сравнению с рисунком изображения облачности, для которого характерным является пространственно - временная изменчивость.

а) Тщательно и аккуратно, но без особых подробностей (сглаживая и осредняя) перенесите с космического изображения на кальку контуры крупномасштабных облачных систем. Как самостоятельные рекомендуется выделить облачные образования, занимающие площадь более чем 3° х 3° (по сетке географических координат). Кучево-дождевые облака выделяются в их реальных размерах. Границы главных облачных систем (облачные вихри, облачные полосы атмосферных фронтов, районы обширной сплошной облачно-

**27**

сти т.п.) очерчиваются волнистой линией с фестонами выпуклостью наружу. Внутри каждого контура проведите границы однородных (по структуре и яркости изображения) облачных полей, укажите на кальке количество и форму облаков.

Оцените СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ выделенных макромасштабных облачных образований: циклонические облачные системы, облачные спирали и полосы атмосферных фронтов, об­лачные образования струйных течений т.д. Проанализируйте ДЕТАЛИ (признаки) в рисунке облачности, которые позволяют выделить тип атмосферного фронта, волнообразование на фронтах, влияние на них топографии; стадию развития циклона, особенности облачности ныряющего, южного (средиземноморского) циклонов; облачность антициклонов; облачные образования нефронтальных циклонов ([7], гл.6).

Результаты анализа отобразите принятыми условными обозна­чениями на кальке и представьте в виде краткого словесного пояс­нения (аннотации).

б) Выделите в изображении облачности основные типы мезо- структуры: облачные линии (продольные и поперечные), облачные гряды, облачные ячейки (открытые и закрытые), волнистые облака, мезомасштабные вихри (орографические, конвективные, вторичные облачные вихри), цепочки мезомасштабных вихрей ([7], гл. 5).

Обозначьте мезоструктурные особенности облачности на кальке, а словесно, отдельным текстом, поясните с какими термодинамическими условиями в атмосфере они (эти особенности) связаны.

3. Основными дешифровочными признаками естественных объектов подстилающей земной поверхности являются структура и тон изображения. Постоянство контуров этих объектов и их совпадение с соответствующими очертаниями на географических картах существенно упрощают дешифрирование. Поэтому при любом удобном случае пользуйтесь контурной картой-схемой исследуемого региона, которая должна быть составлена при выполнении зада­ния 5 ([2], гл. 10, п. 10.4)

Проанализируйте объекты региональной географии и характеристики ландшафта на космическом изображении, особенности распределения растительного, снежного или ледяного покрова. Охарактеризуйте состояние водных поверхностей.

**28**

Результаты анализа изложите словесно в виде краткой аннотации, а  при необходимости обозначьте на карте (например, характеристики морских льдов и пр.).

Таким образом, отчетными материалами по заданию 6 являются:

– калька, имитирующая карту нефанализа;

– реферативная записка, поясняющая словесно особенности дешифрирования объектов на космическом изображении.

Следует иметь в виду, что результаты дешифрирования облачности по космическим изображениям чрезвычайно важны для практических приложений: они позволяют получить информацию о синоптиче­ских процессах в атмосфере для достаточно больших районов; уточнить положение атмосферных фронтов и центров циклонов, стадию развития циклона; границы распространения облачности, связанной с осадками; выявить территории, занятые той или иной формой облаков, туманами, обнаружить опасные явления погоды.

При дешифрировании подстилающей земной поверхности на космических изображениях можно отличить сушу от водной поверхности, опознать береговые линии, долины крупных рек, озера и острова, границы льдов, покрытые снегом равнины и горные масси­вы и т.д., что дает возможность более уверенно идентифицировать районы распространения тумана, низкой облачности, снежного покрова; оценить состояние того или иного естественного объекта подстилающей поверхности.

### Задание 7

Анализ и прогноз синоптического положения и условий погоды по результатам визуального дешифрирования космических снимков.

1. Синоптический анализ снимков облачного покрова, прежде всего, предусматривает: выявление причин, обусловливающих появление облаков в районе исследования и обнаружение признаков в рисунке облачности, которые указывают на тенденцию в развитии синоптического процесса. Другими словами, анализ облачности должен не только систематизировать, но и объяснять строение и рисунок облачного покрова, который является результатом физических процессов, происходящих в атмосфере и подчиняющихся ее законам.

**29**

Анализ космического изображения условно можно разделить на этапы:

– отыскание основных облачных систем, которые отражают особенности атмосферной циркуляции крупного масштаба (облач­ные вихри, полосы, спирали и т.д.);

– рассмотрение структуры главных облачных образований (размеры, особенности конфигурации, характер верхней поверхности облаков, четкость границ и т.д.);

– выделение облачности, которая образовалась внутри однородной воздушной массы и непосредственно не связана с динамикой генерального синоптического процесса (кучево-дождевая облачность, туман, низкие слоистообразные облака и т.п.);

– изучение облачности, которая явно не связана с основными системами и не является внутримассовой облачностью (оценка ее структуры, строения верхней границы, размеров и т.д.). Эта облачность требует ОСОБОГО ВНИМАНИЯ, так как она может быть результатом вновь зарождающегося процесса (фронтогенеза, циклогенеза) или признаком, указывающим на тенденцию смены циркуляции в атмосфере. Первые три этапа обеспечивают анализ синоптического положения и условий погоды. Последний этап дает исходный материал для решения задач прогноза.

Наиболее целесообразно анализ снимка облачного покрова начинать с оценки облачных образований крупного масштаба (макро и мезоструктуры облаков), а затем переходить к деталям облачно­го поля (текстура изображения).

2. а) Основной смысл анализа синоптического положения по результатам дешифрирования космических изображений облачности заключается в подробной характеристике различных крупномасштабных облачных систем и их взаимосвязи с объектами синоптического масштаба. Для составления такой характеристики необходимо воспользоваться описанием дешифровочных признаков различных крупномасштабных облачных образований, составленным при выполнении задания 5 (п.2а). Анализируя основные особенности циркуляции атмосферы целесообразно указать положение циклонов и антициклонов (географические координаты их центров), связанных с ними атмосферных фронтов, центров завихренности и установить стадию барических образований, струйных течений и пр. Определенную помощь в этом может оказать справка о физико

**30**

географических и климатических особенностях исследуемого региона в период космической съемки (см. задание 5, п. 3).

б) Синоптический анализ местных (локальных) погодных условий основан на том факте, что облачность не появляется беспричинно, она возникает при благоприятной для этого синоптической обстановке в определенных гигро- и термодинамических условиях, способствую­щих конденсации водяного пара. Проанализируйте выделенные на космическом изображении основные типы мезоструктуры облачности (задание 5, п. 26). Присутствие облаков над каким-либо участком земной поверхности не следует рассматривать как случайное, малозначащее явление. Данные о мезомасштабной структуре облачности могут быть использованы для оценки вертикального распределения температуры, направления и скорости воздушного потока, индификации локальной циркуляции. Мезоструктурные особенности облачного поля могут быть связаны с феновыми эффектами, с влиянием трения вблизи береговой линии или с влиянием температурной (термической) неоднородности подстилающей поверхности. Они могут оказаться полезными для определения турбулентных зон в атмосфере, при обнаружении тумана, зон осадков и пр.

Основные результаты синоптического анализа условий погоды по результатам дешифрирования космического снимка следует опи­сать словесно.

3. В синоптическом прогнозе снимки обычного покрова могут быть использованы для прогноза облачности, для прогноза синоп­тического положения, для прогноза явлений погоды.

а) Реальным способом прогноза облачности с использованием космических изображений является метод формальной экстраполяции, то есть экстраполяция наблюдаемого в данный момент облачного поля на будущее с учетом тех изменений, которые уже наметились в облачном поле.

б) Для прогноза синоптического положения с использованием космических снимков облачности используется хорошо известная связь между горизонтальными и временными масштабами облачных систем, а также отдельные детали облачного покрова, которые являются признаками эволюции того или иного синоптического процесса.

Следует заметить, что прогноз эволюции облачной системы фронта, исключая инерционный, должен основываться, прежде всего, на анализе термических и барических полей тропосферы и их

**31**

прогнозе, а облачные поля на космическом снимке при этом рассматривается как ПОКАЗАТЕЛЬ активности фронта. Известен ряд признаков, на которых основывается синоптический прогноз эволюции атмосферных фронтов (см. [7], гл. 7, п.7.2, стр. 180); с некоторыми из них можно познакомится, если они присутствуют на дешифрируемом космическом изображении.

Следовательно, задача обнаружения фронтогенеза, прогноза эволюции и перемещения атмосферных фронтов может иметь ре­шение в процессе визуального дешифрирования космических снимков (см. [1], гл. 12, п.п. 12.2 и 12.3).

Возникновение циклона удается обнаружить по изменению облачного покрова значительно раньше, чем в изменении полей других метеорологических величин, изображаемых на картах погоды Однако в начальной стадии циклогенеза облачный покров отличается некоторым разнообразием форм, обусловленных локальными особенностями подстилающей поверхности, и возникает задача ВЫДЕЛИТЬ ПРИЗНАКИ циклогенеза на фоне этих локальных явлений, а также ОЦЕНИТЬ эволюцию и перемещение циклонических облачных образований по космическим снимкам (см. [7], гл. 7, п.п.7.3 и 7.4).

в) Для прогноза явлений погоды используются связи между характеристиками облачности и явлениями погоды у земной поверхности. Например, осадки выпадают в тех местах, где на космических снимках видна облачность кучево-дождевая и слоистых форм, а также облачность, которая представляет сочетание указанных видов облачности. Вероятность выпадения осадков из указанных типов облаков определяется линейными размерами отдельных облаков, различимых на снимке и их количеством, то есть степенью закрытия облаками земной поверхности. Однако методы использования снимков облачного покрова для анализа и прогноза явлений погоды разработаны еще недостаточно.

Внимательно изучите на космическом изображении отдельные детали облачного покрова, которые могут являться признаком пе­ремещения, развития или затухания синоптического процесса, то есть решением той или иной из указанных выше задач. Обнаруженные признаки (детали) охарактеризуйте в краткой пояснительной записке и обозначьте (см. [1],гл. 12, п. 12.8 стр. 289) условными обозначениями на кальке составляемой карты.

**32**

Таким образом, отчетными материалами по заданию 7 являются:

– калька (карта), на которой условными обозначениями указаны результаты дешифрирования космического изображения;

– пояснительная записка,[[2]](#footnote-2) обобщающая результаты исследования возможности использования космического снимка для анализа синоптического положения и условий погоды.

Необходимо учитывать, что подобный визуальный метеорологический анализ облачных образований с точки зрения их связи с синоптическими процессами в значительной степени способствует эффективной оценке состояния и перспектив развития синоптической ситуации в исследуемом районе. В настоящее время прогноз с использованием снимков облачности все еще является качественным, а не количественным, но он на ступень выше обычного синоптического, поскольку космические изображения существенным образом повышают информативность исходных данных.

### РАЗЛИЧНЫЕ СОЧЕТАНИЯ ВАРИАНТОВ ВОПРОСОВ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  варианта | Номера заданий | | | | | | | | №  варианта | Номера заданий | | | | | | | |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 7 |
| Номера вопросов в каждом задании | | | | | | | | Номера вопросов в каждом задании | | | | | | | |
| 01 | 1 | 3 | 9 | | 7 | 5 | 4 | 2 | 51 | 10 | 2 | 7 | 4 | 3 | | 9 | 1 |
| 02 | 6 | 1 | 3 | | 9 | 7 | 5 | 4 | 52 | 1 | 10 | 2 | 7 | 4 | | 3 | 9 |
| 03 | 8 | 6 | 1 | | 3 | 9 | 7 | 5 | 53 | 5 | 1 | 10 | 2 | 7 | | 4 | 3 |
| 04 | 10 | 8 | 6 | | 1 | 3 | 9 | 7 | 54 | 6 | 5 | 1 | 10 | 2 | | 7 | 4 |
|  | И так далее | | | | | | | | … |  | | | | | | | |
| 49 | 2 | 10 | 3 | | 5 | 7 | 6 | 9 | 99 | 2 | 9 | 4 | 8 | 5 | | 10 | 3 |
| 50 | 4 | 2 | 10 | | 3 | 5 | 7 | 6 | 100 | 1 | 2 | 9 | 4 | 8 | | 5 | 10 |

**33**

### ПРИЛОЖЕНИЯ

Изображения (фотомонтажи снимков) подготовлены для науч­ных исследований метеорологическим институтом Берлинского не­зависимого университета по материалам регулярной космической съемки, осуществляемой низкоорбитальным спутником НОАА-9 с помощью усовершенствованного радиометра высокого разрешения на приполярных солнечно-синхронных орбитах.

**35**

(DK 551.509.21:629.19. Meteorologische Abhandlungen Serie В Ymndlagenmaterial. Band 58/Heft 3 И 4. Verlag von Dietrich Reimer/ Berlin, 1987).

СОДЕРЖАНИЕ

**36**

[ПРЕДИСЛОВИЕ 15](#_Toc347496205)

[Основные задачи дисциплины 15](#_Toc347496206)

[Общие указания 15](#_Toc347496207)

[Указания по разделам дисциплины 15](#_Toc347496208)

[Введение 15](#_Toc347496209)

[Дешифрирование космических снимков 1](#_Toc347496210)

[Дешифрирование космических снимков 15](#_Toc347496211)

[Основы метеорологического визуального дешифрирования космических изображений 15](#_Toc347496212)

[Дешифрирование подстилающей поверхности Земли 15](#_Toc347496213)

[Дешифрирование снимков облачности 15](#_Toc347496214)

[Анализ локальных условий погоды по снимкам, получаемым 15](#_Toc347496215)

[с помощью метеорологических спутников Земли 15](#_Toc347496216)

[Основные направления практического использования результатов дешифрирования космических изображений 15](#_Toc347496217)

[Восстановление метеовеличин в тропосфере и стратосфере, а также на уровне излучающей поверхности на основе спутниковой информации 15](#_Toc347496218)

[Концепция и проблемы цифровой обработки спутниковой метеорологической информации 15](#_Toc347496219)

[Дистанционные измерения метеорологических величин 15](#_Toc347496220)

[Восстановление вертикальных профилей и полей основных метеорологических величин 15](#_Toc347496221)

[КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 15](#_Toc347496222)

[Общие указания 15](#_Toc347496223)

[Содержание контрольной работы 15](#_Toc347496224)

[Задание 1 15](#_Toc347496225)

[Задание 2 15](#_Toc347496226)

[Задание 3 15](#_Toc347496227)

[Задание 4 15](#_Toc347496228)

[Задание 5 15](#_Toc347496229)

[Задание 6 15](#_Toc347496230)

[Задание 7 15](#_Toc347496231)

[РАЗЛИЧНЫЕ СОЧЕТАНИЯ ВАРИАНТОВ ВОПРОСОВ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ 15](#_Toc347496232)

[ПРИЛОЖЕНИЯ 15](#_Toc347496233)

Учебное издание

[**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**](#bookmark0)

по дисциплине

[**"КОСМИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ"**](#bookmark2)

Часть II "Космическое землеведение"

Составитель: Говердовский Валентин Федорович

Редактор И. Г. Максимова.

ЛР№ 203209 от 30.12.96.

Подписано в печать 28.03.07. Формат 60x90 1/16. Гарнитура Times New Roman.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл.печ.л. 0,0. Уч.-изд.л. 0,0. Тираж 300 экз. Заказ № 26/07

РГГМУ, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.

ЗАО «НПП «Система», 195112, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 80/2.

1. Примечание. Вместо справки можно воспользоваться синоптической картой, составленной в день космической съемки, на которой обозначены дешифрируемые объекты (облачность, объекты земной поверхности и пр.) [↑](#footnote-ref-1)
2. Примечание. Пояснительная записка может объединять все отчетные материалы по выполнению заданий 5-7 контрольной работы при условии разделения ее на соответствующие рубрики. [↑](#footnote-ref-2)