



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ  
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
(РОСГИДРОМЕТ)



ГЛАВНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ  
ИМ. А. И. ВОЕЙКОВА

# АТЛАС ОБЛАКОВ



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
РИФ «Д'АРТ»  
2011

ББК 26.233  
УДК 551.5  
А92

Атлас облаков / Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова ; [Д. П. Беспалов и др. ; ред.: Л. К. Сурыгина]. – Санкт-Петербург : Д’АРТ, 2011. – 248 с.

ISBN 978-5-905264-03-0.

И. Беспалов, Д. П., сост. И. Сурыгина, Л. К., ред. III. Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова (Санкт-Петербург)

**Авторы: Д. П. Беспалов, А. М. Девяткин, Ю. А. Довгалюк, В. И. Кондратюк, Ю. В. Кулешов, Т. П. Светлова, С. С. Суворов, В. И. Тимофеев**

Одобрено и рекомендовано Методической комиссией Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова для работников метеорологических наблюдательных и прогностических подразделений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромета), специалистов Гидрометеорологической службы Министерства обороны Российской Федерации.

#### АТЛАС ОБЛАКОВ

Редактор Л. К. Сурыгина. Художественное оформление Л. А. Унрод.  
Технический редактор Н. Ф. Грачева. Корректор Г. Н. Римапт.  
Верстка ООО РИФ “Д’АРТ”

Подписано в печать 15.08.11. Формат 108×70<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага мелованная. Печать офсетная.  
Печ. л. 15,5. Усл. печ. л. 21,7. Уч.-изд. л. 20,56. Тираж 500 экз. Заказ №8335.

Изготовлено ООО РИФ “Д’АРТ”  
195030, Санкт-Петербург, ул. Химиков, д. 28

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	4	3.4.1 Характеристика переходных форм .....	34
Введение .....	7	3.4.2 Характерные сочетания форм облаков .....	36
1 Образование облаков и их классификация .....	10	3.4.3 Особые виды облаков и состояний неба .....	36
1.1 Образование облаков .....	10	3.5 Облака как местный признак погоды .....	37
1.2 Морфологическая классификация облаков .....	15	3.5.1 Облака верхнего яруса .....	37
2 Описание форм и видов облаков .....	19	3.5.2 Облака среднего яруса .....	38
2.1 Облака верхнего яруса .....	20	3.5.3 Облака нижнего яруса .....	38
2.2 Облака среднего яруса .....	21	3.5.4 Облака вертикального развития .....	39
2.3 Облака нижнего яруса .....	23	4 Местные формы облаков .....	39
2.4 Облака вертикального развития .....	25	4.1 Облачность горных территорий .....	39
3 Системы облаков, их эволюция и связанные с ними признаки погоды ..	27	4.2 Облачность полярных территорий .....	40
3.1 Фронтальные системы облаков .....	27	4.3 Облачность над морскими акваториями .....	42
3.1.1 Системы облаков теплого фронта .....	28	5 Атмосферные явления .....	43
3.1.2 Системы облаков холодного фронта .....	29	6 Космические снимки облачности .....	44
3.1.3 Системы облаков фронта окклюзии .....	31	6.1 Эволюция фронтальных облачных систем .....	45
3.2 Внутримассовые системы облаков .....	32	6.2 Образование облачных вихрей .....	45
3.3 Стратосферные и мезосферные облака .....	33	6.3 Перемещение облачных систем и атмосферных фронтов .....	47
3.3.1 Перламутровые облака .....	33	7 Радиолокационные снимки облачности .....	49
3.3.2 Серебристые облака .....	33	Снимки облаков .....	55
3.4 Эволюция форм облаков. Переходные формы и характерные	34	А. Облака верхнего яруса (фото 1—13) .....	56
сочетания .....	34	Б. Облака среднего яруса (фото 14—31) .....	84
		В. Облака нижнего яруса (фото 32—45) .....	120
		Г. Облака вертикального развития (фото 46—57) .....	148
		Характерные сочетания форм облаков .....	174
		Особые виды облаков и состояний неба .....	184
		Облачность горных территорий .....	196
		Облачность полярных территорий .....	208
		Облачность над морскими акваториями .....	216
		Атмосферные явления .....	226
		Латинские названия форм, видов и разновидностей облаков и их	
		сокращенные обозначения .....	248

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Процессы образования отдельного облака и, тем более, систем облаков протекают под воздействием многих факторов, каждый из которых накладывает свой, специфический, отпечаток на «внешний вид» возникающих облачных образований. Облака и выпадающие из них осадки играют важнейшую роль в формировании различных типов погоды. Поэтому перед метеорологической наукой уже на первых этапах ее становления возникла задача классификации облаков. Решение этой задачи предоставляет специалистам возможность отслеживать пространственно-временную изменчивость облачных образований, что является мощным инструментом исследования и прогнозирования процессов, протекающих в атмосфере.

Впервые попытка разделения облаков по их внешнему виду на различные группы была предпринята в 1776 г. известным французским естествоиспытателем, метеорологом-любителем Жаном Батистом Ламарком, Однако предложенная им классификация ввиду своего несовершенства не нашла широкого применения.

Первая вошедшая в науку классификация облаков была разработана английским метеорологом-любителем Л. Говардом в 1803 г. В 1887 г. ученые Гильдебрандсон в Швеции и Эбер-кромби в Англии, переработав классификацию Л. Говар-

да, предложили проект новой классификации, которая легла в основу всех последующих классификаций. При этом по мере развития метеорологической науки и обобщения практики метеорологических наблюдений учеными различных стран был предложен ряд классификаций облаков, каждая из которых обладала своими достоинствами и недостатками. Все явственнее ощущалась необходимость объединения накопленных знаний о морфологии облаков и их научного анализа. Идея создания первого единого атласа облаков была поддержана на Международной конференции директоров метеорологических служб в Мюнхене в 1891 г. Созданный ею комитет подготовил и издал в 1896 г. первый Международный атлас облаков с 30 цветными литографиями. Первое русское издание этого Атласа вышло в свет в 1898 г. Следующее издание Атласа облаков было подготовлено и издано Николаевской Главной Физической Обсерваторией в Петрограде в 1917 г.

Дальнейшее развитие метеорологии и введение в практику синоптического анализа понятий об атмосферных фронтах и воздушных массах потребовало гораздо более подробного изучения облаков и их систем. Это предопределило необходимость существенной переработки применявшейся в то время классификации, следствием чего явилось издание в 1930 г. нового Международного атласа облаков. На русском языке этот Атлас был издан в 1933 г. в несколько сокращенном варианте.

За прошедшие годы было выпущено еще два отечественных издания Атласа облаков, подготовленные на основе издания 1933 г. Они отличались тем, что от издания к изданию росло количество иллюстраций, углублялась и расширялась описательная часть Атласа. Так, во второе издание 1940 г. вошли 75 снимков облаков, сделанных с поверхности земли, и 22 снимка, сделанные с самолетов и аэростатов. Третье издание, получившее широкое распространение, вышло в свет в 1957 г. и включало уже 101 снимок. В основу этого Атласа был положен

Международный атлас облаков 1956 г. издания. Кроме того, он был снабжен обширным пояснительным текстом.

В 1978 г. увидело свет четвертое издание Атласа облаков, осуществленное Госкомгидрометом СССР. Оно мало отличалось от предыдущего издания и содержало как снимки облаков различных форм, так и пояснительные тексты к ним.

В настоящем издании в целом сохранена структура Атласа 1978 г., однако оно несколько отличается от него. В данном Атласе произведены некоторые уточнения классификации облаков, переработана текстовая часть. Кроме того, основную часть иллюстративного материала Атласа составляют авторские фотографии облаков. Снимки облаков, сгруппированных по формам и видам, сопровождаются photographиями их наиболее характерных фрагментов, что позволяет лучше понять особенности строения облаков различных форм и видов.

Все иллюстрации сопровождаются пояснительными текстами, существенно облегчающими определение наблюдателями форм, видов и разновидностей облаков.

В описательную часть Атласа добавлен подраздел «Образование облаков», который подготовлен Л. Т. Матвеевым при участии В. И. Кондратюка на основе последних достижений в изучении динамики процессов облакообразования.

Существенно переработан и приведен в соответствие с уточненной морфологической классификацией облаков раздел «Описание форм и видов облаков».

Раздел «Системы облаков, их эволюция и связанные с ними признаки погоды», представляющий, по мнению авторов, наибольший интерес для синоптиков, научных работников и студентов, переработан с учетом современных представлений о возникновении и трансформации облачных систем.

Раздел «Местные формы облаков» содержит фотографии облаков, наиболее характерных для горных и полярных территорий, а также для морских акваторий.

Наиболее существенное отличие настоящего издания Атласа облаков от предыдущих состоит в том, что в него впервые включены как самостоятельные подразделы «Характерные сочетания форм облаков», разделы «Атмосферные явления», «Космические снимки облачности», «Радиолокационные снимки облачности».

Появление раздела «Космические снимки облачности» продиктовано развитием космической метеорологии и широким внедрением в практику оперативной работы космической метеорологической информации, прежде всего снимков облачности.

Включение раздела «Радиолокационные снимки облачности» обусловлено появлением новых технических возможностей для получения специальной радиометеорологической информации о состоянии и динамике облаков и облачных систем.

Атлас как справочное методическое пособие предназначен для работников метеорологических наблюдательных и прогнозистических подразделений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромета), специалистов Гидрометеорологической службы Минобороны РФ. Он может быть использован также в качестве учебного пособия для преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений гидрометеорологического и географического профиля, учащихся техникумов и слушателей курсов повышения квалификации метеорологов. Кроме того, Атлас будет полезен и научным работникам, специализирующимся в области физики облаков и синоптической метеорологии.

Настоящее издание Атласа облаков подготовлено специалистами Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова (ГГО) и Военно-космической академии им. А. Ф. Можайского (ВКА).

Предисловие, введение и разделы 1–4 подготовлены группой научных сотрудников ГГО: канд. физ.-мат. наук Д. П. Бес-

паловым и Ю. А. Довгалюк, канд. геогр. наук В. И. Кондратюком и Т. П. Светловой. Подраздел 3.4.2 «Характерные сочетания форм облаков», разделы 5 и 6 подготовлены сотрудниками ВКА: д-ром физ.-мат. наук, профессором С. С. Суворовым, кандидатами технических наук В. И. Тимофеевым, Ю. В. Кулешовым и А. М. Девяткиным.

Фотографии облаков и фрагментов облачного неба, содержащиеся в Атласе, а также космические снимки облачности и вертикальные разрезы облачных систем атмосферных фронтов представлены указанными сотрудниками ВКА.

Радиолокационные снимки облачности представлены филиалом ГГО — Научно-исследовательским центром дистанци-

онного зондирования атмосферы. Они получены с помощью МРЛ-5 и специальной автоматизированной системы обработки радиолокационной информации «Мерком» в пос. Воейково.

Отбор и аттестация фотографий облаков выполнена указанной выше группой сотрудников ГГО.

Подписи к фотографиям подготовлены канд. физ.-мат. наук Ю. А. Довгалюк и канд. геогр. наук Т. П. Светловой. Общее руководство подготовкой Атласа облаков к изданию осуществлялось заведующим методическим отделом ГГО В. И. Кондратюком.

Настоящее издание Атласа рассмотрено и одобрено Методической комиссией ГГО.

---

*Посредством наблюдения над облаками можно, не оставляя поверхности Земли, получить некоторое понятие о том, что делается в воздухе очень далеко от земной поверхности, ... вообще проникать в область, которую Д. И. Менделеев справедливо назвал великой лабораторией природы.*

А. И. Воейков. Климаты земного шара, в особенности России, 1884 г.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Облака с давних времен привлекали к себе повышенное внимание людей как наиболее естественное атмосферное явление. Еще первые исследователи окружающей природной среды пришли к пониманию того, что разнообразие облачных форм связано с характером погоды, т. е. с постоянно изменяющимся состоянием атмосферы. Эту мысль по-иному сформулировал в 1817 г. немецкий климатолог Г. Дове, заметивший, что «облако – не предмет, а процесс».

Отдельные облака существуют зачастую очень короткое время. Например, время существования отдельных кучевых облаков иногда исчисляется всего 10–15 мин. Это происходит потому, что капли, из которых состоит облако, быстро испаряются. Даже если облако наблюдается очень долго, это вовсе не означает, что оно является неизменным образованием, состоящим из одних и тех же частиц. В действительности облака постоянно находятся в процессе образования и распада.

Облака и выпадающие из них осадки принадлежат к числу важнейших метеорологических (атмосферных) явлений и играют определяющую роль в формировании погоды и климата, в

распространении растительного и животного мира на Земле. Изменяя радиационный режим атмосферы и земной поверхности, облака оказывают заметное воздействие на температурно-влажностный режим тропосферы и приземного слоя воздуха, где протекает жизнь и деятельность человека.

Облаком называют видимую совокупность взвешенных в атмосфере и находящихся в процессе непрерывной эволюции капель и/или кристаллов, являющихся продуктами конденсации и/или сублимации водяного пара на высотах от нескольких десятков метров до нескольких километров. Изменение свойств этой совокупности частиц (фазового строения облака – соотношения капель и кристаллов по массе, числу частиц и другим параметрам в единице объема воздуха) происходит под влиянием температуры, влажности и вертикальных движений как внутри, так и вне облака. В свою очередь, выделение и поглощение тепла в результате фазовых переходов воды и наличия самих частиц в потоке воздуха оказывают обратное влияние на параметры облачной среды.

В ряде случаев под облаком может образоваться подоблачная дымка, которая состоит из очень мелких капель радиусом 0,1 мкм и менее и является признаком начала образования водяного облака. В результате конденсации водяного пара вблизи земной поверхности (в приземном слое атмосферы) образуются туман и дымка, ухудшающие метеорологическую дальность видимости до значения 1 км и менее.

С точки зрения микрофизического строения принципиального различия между облаками и туманами нет. Однако они существенно различаются по условиям образования, вертикальной мощности, площади распространения, времени существования и т. п.

По фазовому строению облака делятся на три группы.

1. *Водяные*, состоящие только из капель радиусом 1–2 мкм и более. Капли могут существовать не только при положитель-

ных, но и при отрицательных температурах. В последнем случае капли будут находиться в переохлажденном состоянии, что в атмосферных условиях вполне обычно. Чисто капельное строение облака сохраняется, как правило, до температур порядка  $-10...-15^{\circ}\text{C}$  (иногда и ниже).

2. *Смешанные*, состоящие из смеси переохлажденных капель и ледяных кристаллов при температурах  $-20...-30^{\circ}\text{C}$ .

3. *Ледяные*, состоящие только из ледяных кристаллов при достаточно низких температурах (порядка  $-30...-40^{\circ}\text{C}$ ).

При значительном количестве капель или кристаллов в  $1\text{ м}^3$  облачного воздуха размер их так мал, что содержание воды в жидком виде (водность) в облаках невелико. В водяных облаках на  $1\text{ м}^3$  облачного воздуха приходится не менее  $0,5\text{ г}$  воды. В кристаллических облаках водность существенно меньше — сотые и даже тысячные доли грамма на  $1\text{ м}^3$ . Водность облака зависит от многих факторов и не остается постоянной в нем. Она изменяется от  $0,01\text{ г/м}^3$  в облаках верхнего яруса до нескольких  $\text{г/м}^3$  в облаках вертикального развития.

Облачный покров днем уменьшает приток солнечной радиации к поверхности земли, а ночью заметно ослабляет ее излучение и, следовательно, охлаждение, весьма существенно уменьшает суточную амплитуду температуры воздуха и почвы, что влечет за собой соответствующее изменение и других метеорологических величин и атмосферных явлений. Функционирование сельского хозяйства, транспорта и прежде всего авиации, коммунального и водного хозяйства, курортов и других отраслей экономики в той или иной степени зависит от количества и формы облаков.

Регулярные и достоверные наблюдения за формами облаков и их трансформацией способствуют своевременному обнаружению опасных (ОЯ) и неблагоприятных (НГЯ) гидрометеорологических явлений, сопутствующих тому или иному виду облаков.

В программу метеорологических наблюдений включено слежение за динамикой развития облаков и определение следующих характеристик облачности:

- а) общее количество облаков,
- б) количество облаков нижнего яруса,
- в) форма облаков,
- г) высота нижней границы облаков нижнего или среднего яруса (при отсутствии облаков нижнего яруса).

Результаты наблюдений за облачностью из метеорологических наблюдательных подразделений в реальном режиме времени по коду КН-01 (национальный вариант международного кода FM 12-IX SYNOP) регулярно передаются в местные прогностические органы (организации и подразделения УГМС) и Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации (Гидрометцентр России) для синоптического анализа и составления прогнозов погоды различной заблаговременности.

Кроме того, эти данные рассчитываются за различные временные интервалы и используются для климатических оценок и обобщений.

Количество облаков определяется как суммарная доля небосвода, закрытая облаками, от всей видимой поверхности небосвода и оценивается в баллах: 1 балл — это  $0,1$  доля (часть) всего небосвода, 6 баллов —  $0,6$  небосвода, 10 баллов — весь небосвод закрыт облаками.

Многолетние наблюдения за облаками показали, что они могут располагаться на различных высотах, как в тропосфере, так и в стратосфере и даже в мезосфере (рис. 1). Тропосферные облака обычно наблюдаются в виде отдельных, изолированных облачных масс или в виде сплошного облачного покрова. Их строение может быть волокнистым, хлопьевидным или однородным, они могут иметь сплошную или расчлененную нижнюю поверхность, быть плотными или тонкими. В зависимости



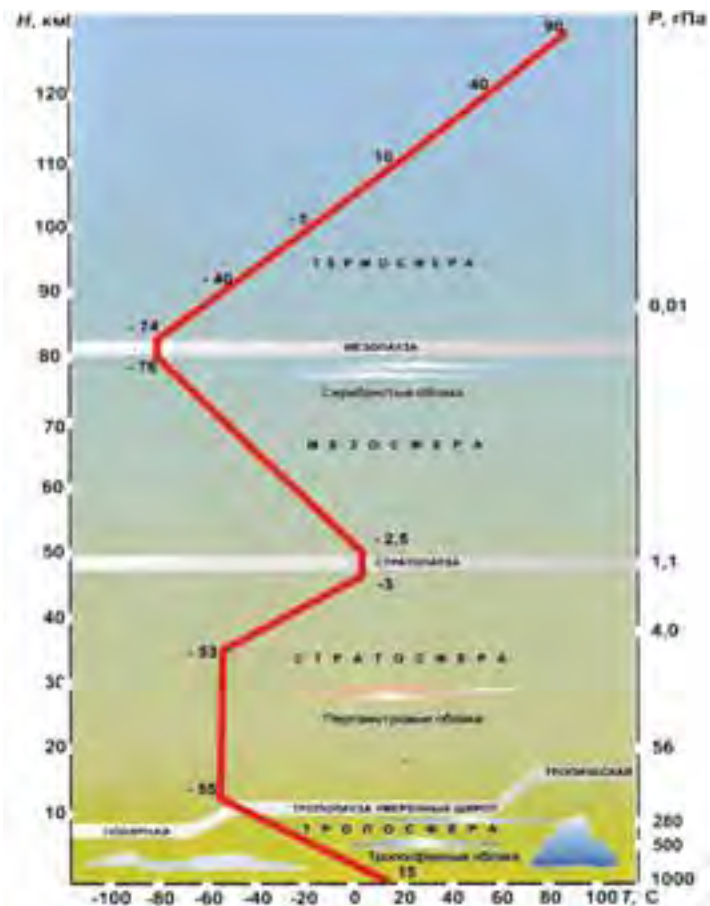


Рисунок 1 – Вертикальное распределение температуры и расположение облаков в атмосфере.

от этого облака разделяются по внешнему виду на формы, виды и разновидности.

Серебристые и перламутровые облака, в отличие от тропосферных облаков, наблюдаются довольно редко и характеризуются относительно небольшим разнообразием.

Классификация тропосферных облаков по внешнему виду, используемая в настоящее время, получила название *международной морфологической классификации*. В соответствии с ней облака делятся на 10 основных форм. В каждой основной форме облаков различают виды и разновидности.

Облака всех форм встречаются на высотах от нескольких десятков метров до тропопаузы. В этом диапазоне высот условно различают облака трех ярусов.

Высота нижней границы облаков представляет собой минимальное расстояние от поверхности земли до основания облака. Измерение высоты нижней границы облаков производится, если облака (их нижние основания) расположены не выше 2500 м над уровнем моря. Если облака расположены на разных уровнях и высоту самых низких облаков не удалось измерить инструментально, она оценивается визуально.

Наряду с морфологической классификацией облаков используется и *генетическая классификация*, т. е. классификация по условиям (причинам) возникновения облаков. Кроме того, облака классифицируются по их микрофизическому строению, т. е. по агрегатному состоянию, виду и размерам облачных частиц, а также по их распределению внутри облака.

В соответствии с генетической классификацией облака делятся на три группы: слоистообразные, волнистообразные и кучевообразные (конвективные).

Правильность наблюдений за облаками, а следовательно, и ценность результатов наблюдений зависит от квалификации персонала наблюдательных подразделений и регулярности наблюдений за состоянием неба и его изменениями во времени.

С помощью визуальных наблюдений можно не только определять количество и форму облаков, но и делать некоторые заключения об их микроструктуре (например, о наличии в них ледяных частиц).

Характер погоды в конкретном районе определяется облачными системами, связанными с атмосферными фронтами и имеющими большую пространственную протяженность, поэтому очень важно, чтобы дежурный техник-метеоролог понимал сущность атмосферных процессов, приводящих к образованию облаков различных форм. Это поможет ему правильно определять формы облаков в тех случаях, когда облака несколько отличаются от представленных в Атласе или относятся к переходным формам.

## **1 ОБРАЗОВАНИЕ ОБЛАКОВ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ**

### **1.1 Образование облаков**

Облака образуются в результате перехода воды из газообразного состояния (водяной пар) в жидкое (капли) и твердое (кристаллы). При этих переходах, называемых конденсацией и сублимацией и происходящих вследствие конвекции или упорядоченного подъема влажного воздуха, выделяется большое количество тепла, которое оказывает значительное влияние на образование облаков, термическую и динамическую устойчивость атмосферы, режим движения воздуха, формирование фронтальных разделов и развитие циклонов.

Основными объектами в атмосфере, с которыми связано образование облаков и осадков, являются циклоны и ложбины.

Они, в свою очередь, образуются под влиянием переноса (адвекции) холодного воздуха на более теплую поверхность и взаимодействия этого воздуха с теплым воздухом. Свыше 70–90 % всех циклонов в северном полушарии зимой образуется вблизи восточных побережий Канады и Гренландии и дальневосточного побережья России, а также в северной части Средиземного моря и в западных частях Черного и Каспийского морей.

После зарождения циклоны перемещаются с восточной составляющей над океаном и затем выходят на территорию Европы и Западной Сибири.

В зимний период вследствие радиационного выхолаживания материка оказываются холоднее океанов и в этом случае приход воздушной массы с океана будет означать перенос (адвекцию) тепла на материк, что способствует образованию антициклонов.

Весной и летом материка быстро прогреваются и оказываются существенно теплее океанов. В этом случае приход воздушной массы с океана означает адвекцию холода на теплый материк, что способствует образованию циклонов.

Согласно данным исследований за последние десятилетия, в умеренных широтах над материками в весенне-летний период преобладают циклоны (их образуется в 3,5 раза больше, чем антициклонов) и значительная облачность, в осенне-зимний период – антициклоны (их образуется в 6 раз больше, чем циклонов) и малооблачная погода.

По условиям образования различают облака фронтальные и внутримассовые. Происхождение фронтальных облаков объясняется процессами, происходящими на границах раздела между различными воздушными массами, а внутримассовых облаков – процессами внутри однородных воздушных масс: термической и динамической конвекцией, турбулентным перемешиванием и волновыми движениями (или адвекцией облачных систем).

*Фронтальные облака (облака восходящего скольжения).* Поскольку теплофизические и радиационные свойства земной поверхности очень неоднородны, то возникает горизонтальная разность температур воздуха и адвекция холода. При достаточно больших значениях этой разности зарождается циклон.

Первоначально зона контраста температур делит циклон на две равные части: западную холодную и восточную теплую. В циклоне под влиянием сходимости (конвергенции) воздушных течений возникают восходящие движения, при которых температура воздуха понижается, а его относительная влажность растет и достигает 100 %.

Этот динамический фактор – вертикальные движения синоптического масштаба – является основной причиной облачной погоды в циклонах.

Однако наиболее благоприятные условия для образования облаков создаются в циклоне внутри и вблизи зоны контраста температур. Поскольку здесь наиболее значительна (по сравнению с остальной частью циклона) адвекция холода, то именно здесь (вблизи зоны контраста температур) больше, чем в других частях, понижается давление, т. е. формируются ложбины и возникают дополнительные вертикальные движения.

Немаловажную роль в процессе облакообразования играет тепло, выделяющееся при конденсации водяного пара. Температура воздуха в облаке при влажноустойчивой стратификации со временем понижается меньше, чем в холодной массе под облаком. По этой причине вблизи наклонной нижней границы облачной массы формируется слой с инверсионным или с уменьшенным вертикальным градиентом температуры. Этот слой толщиной в несколько сотен метров носит название фронтальной зоны, или фронтальной поверхности. Горизонтальная протяженность этой зоны, как и расположенной над ней системы облаков, составляет сотни километров. Линию пересечения фронтальной поверхности (тангенс

угла наклона которой порядка  $10^{-2}$ ) с земной поверхностью называют фронтом.

Система сформировавшихся над фронтальной поверхностью (зоной) облаков носит название фронтальных облаков, или облаков восходящего скольжения. Их вертикальная и горизонтальная протяженность, структура определяются углом наклона фронтальной поверхности и скоростью ее смещения.

Если во фронтальной зоне теплый воздух медленно натекает на клин более холодного воздуха (теплый фронт), то происходит адиабатическое охлаждение мощных слоев теплого воздуха и конденсация содержащегося в нем водяного пара. В результате образуется достаточно однородная система слоистообразных (перисто-слоистые – высокослоистые – слоисто-дождевые) облаков, располагающаяся в теплом воздухе и простирающаяся на многие сотни (иногда и на тысячи) километров.

Наибольшую вертикальную протяженность облака имеют вблизи линии фронта и там, где их основания находятся на высоте нескольких сотен метров от поверхности земли. Эта часть облачной системы, занимающая зону шириной 300–400 км перед теплым фронтом, состоит из слоисто-дождевых облаков. По мере удаления от линии фронта в сторону холодного воздуха, приблизительно на 500–600 км, слоисто-дождевые облака переходят в высокослоистые (см. рис. 3.1).

При дальнейшем удалении от линии фронта облачная система трансформируется в облака верхнего яруса. Располагаются они на некоторой высоте над фронтальной поверхностью. Их образование связано с тем, что при восходящем движении теплого воздуха по фронтальной поверхности более высокие слои воздуха вытесняются еще выше.

Иная система облачности наблюдается на холодном фронте. Холодный воздух клином подтекает под теплый воздух, вынуждая его подниматься по поверхности раздела. Вследствие трения

холодного воздуха о земную поверхность его нижние слои отстают от верхних. В результате этого поверхность холодного фронта в нижней части приобретает крутой наклон.

Выделяют два типа холодных фронтов: холодный фронт первого рода и холодный фронт второго рода. Эти фронты различаются в основном по степени неустойчивости и по удельной влажности теплого воздуха. Кроме того, у них неодинаковая скорость смещения разных участков фронта.

*Холодный фронт первого рода* характеризуется упорядоченным подъемом теплого воздуха до больших высот над вторгающимся клином холодного воздуха. При адиабатическом охлаждении поднимающегося теплого воздуха образуется облачная система, аналогичная системе облаков теплого фронта, но она проходит над пунктом наблюдений в обратном порядке (см. рис. 3.2).

Особенность *холодного фронта второго рода* заключается в том, что восходящее скольжение теплого воздуха происходит в сравнительно узкой зоне вдоль фронтальной поверхности, носит бурный (как бы порциями) характер и распространяется только до высоты 2–3 км. Выше этого уровня происходит нисходящее движение теплого воздуха. Поэтому облачная система холодного фронта второго рода представляет собой довольно узкую полосу. На линии фронта образуется система кучевообразных облаков (кучево-дождевые – высококучевые – перистокучевые), растянутая в виде мощного вала на десятки, иногда на сотни километров. Верхняя часть кучево-дождевых облаков увлекается общим потоком теплого воздуха и вытягивается на большое расстояние перед фронтом в виде облаков верхнего яруса. В среднем ярусе образуется слой облаков, которые под влиянием нисходящих потоков впереди облачной системы развываются на отдельные чечевицеобразные облака (см. рис. 3.3).

Вследствие различной скорости смещения теплых и холодных фронтов последний, обладая большей скоростью, как пра-

вило, настигает более медленно смещающийся теплый фронт и происходит их смыкание. Облачность такого сомкнутого фронта (*фронта окклюзии*) носит черты как теплого, так и холодного фронтов.

*Внутримассовые облака* в зависимости от характера процессов их образования, а также от соотношения их горизонтальной ( $L$ ) и вертикальной ( $h$ ) протяженности подразделяются на конвективные (кучевообразные) –  $h/L \geq 1$ , облака турбулентности (облака устойчивой воздушной массы) –  $h/L \ll 1$  и волнистообразные, характеризующиеся повторяющимся соотношением  $h/L$  и возникающие в зоне волновых движений в атмосфере.

*Конвективные облака* в зависимости от облакообразующих факторов подразделяются на облака термической конвекции и облака динамической конвекции.

*Облака термической конвекции.* Летом в ясную погоду под действием солнечной радиации происходит интенсивный нагрев деятельной поверхности. Однако различные ее участки нагреваются неодинаково. Например, открытое поле и холмы нагреваются сильнее, чем лес, река и т. д. В результате над более нагретыми участками развиваются восходящие движения воздуха, а над менее нагретыми – нисходящие. Так возникает термическая конвекция. Постепенно отдельные восходящие струйки сливаются и образуют мощный восходящий поток, вовлекающий в себя все большие и большие объемы воздуха. На периферии этого потока образуются многочисленные нисходящие движения.

Вследствие вертикальных движений, обусловленных конвекцией, в атмосфере образуются конвективные (кучевообразные) облака. Конкретная форма этих облаков зависит от интенсивности конвекции, которая определяется как степенью неоднородности поверхности, так и характером термической стратификации атмосферы, т. е. степенью ее неустойчивости. Скорость восходящих движений воздуха в конвективных облаках составляет от 0,1 до 20 м/с, а иногда и более. Практически все

внутримассовые конвективные облака, как и фронтальные, образуются и наблюдаются в областях пониженного давления – циклонах и ложбинах.

Если под влиянием прогрева подстилающей поверхности в нижних слоях атмосферы вертикальный градиент температуры увеличивается и создается неустойчивая стратификация, а в более высоких слоях, под уровнем конденсации, сохраняется малый или даже отрицательный вертикальный градиент температуры, то развивающиеся конвективные движения не достигают уровня конденсации и облака не образуются. Если же уровень конвекции (высота, до которой развиваются конвективные движения) находится выше уровня конденсации, то образуются конвективные облака, вертикальная мощность которых зависит от разности высот этих уровней. При этих условиях конвективное облако быстро растет в вертикальном и отчасти в горизонтальном направлениях.

Конвективные облака образуются не только весной и летом, когда возможно влияние термического фактора, но также осенью и зимой, когда термический фактор не действует. Над океаном практически равновероятно образование конвективных облаков во все сезоны года. Над сушей они образуются летом значительно чаще, чем зимой.

Над морями кучевообразные облака могут образоваться как днем, так и ночью при вторжении холодного воздуха на сравнительно теплую поверхность воды. При этом облака возникают на обширных пространствах и сравнительно небольшом расстоянии друг от друга и имеют более или менее одинаковую структуру и высоту. Основания таких облаков над морем обычно располагаются ниже, чем над сушей, что объясняется меньшей высотой уровня конденсации над водными пространствами.

Облака динамической конвекции. На возникновение облаков в тропосфере существенное влияние оказывают динамические факторы: конвергенция потоков воздуха, вынужденный подъем

воздуха при обтекании препятствия, перпендикулярного к потоку, а также вертикальные движения синоптического масштаба.

Например, если поток воздуха встречает на своем пути горный хребет, то с наветренной стороны хребта процесс конденсации усиливается. В летнее время при неустойчивом состоянии атмосферы в горных районах в результате большого контраста температур воздуха над различно ориентированными склонами образуются кучевообразные облака, круто растущие вверх, но имеющие небольшие узкие основания. При тихой погоде они часто образуются над наиболее нагретыми обращенными к солнцу склонами.

Над вершинами горных хребтов в дневное время часто можно наблюдать облака, которые длительное время находятся на одном и том же месте. Их образование связано с долинными ветрами, создающими упорядоченные восходящие движения, приводящие к конденсации водяного пара.

Исследования последних лет показывают, что соотношение термических и динамических факторов в образовании конвективных облаков не столь простое и очевидное, как это представлялось ранее. Например, в умеренных и субполярных широтах северного полушария основную роль в образовании конвективных облаков играет не термический, а динамический фактор – вертикальные движения синоптического масштаба, в результате которых увеличивается вертикальный градиент температуры и выше уровня конденсации возникают конвективные движения.

*Облака турбулентности (облака устойчивой воздушной массы).* Причиной образования этих облаков является турбулентное перемешивание воздуха в нижних слоях атмосферы при наличии в них инверсии. Турбулентное перемешивание приводит к понижению температуры подынверсионного слоя и одновременно к увеличению его влажности. В результате происходит конденсация водяного пара и как следствие образование слоистообразных облаков.

Верхняя граница этих облаков обычно совпадает с основанием инверсионного слоя. Благоприятные условия для образования облаков турбулентности создаются под слоем слоисто-дождевых и кучево-дождевых облаков, где водяной пар, попадающий в воздух вследствие испарения выпадающих осадков, близок к состоянию насыщения. При этом образуются отдельные облака с разорванными краями, называемые разорванно-дождевыми.

*Волнистообразные облака.* В атмосфере часто возникают волновые движения с различными амплитудой и длиной волн. При определенных условиях под их влиянием образуются волнистообразные облака. Чаще всего волновые движения в атмосфере связаны с устойчиво стратифицированными слоями, с инверсиями. Нижняя граница инверсионного слоя представляет собой поверхность раздела между нижележащим холодным и вышележащим более теплым воздухом. Если вдоль такой поверхности раздела холодный и теплый воздух движутся, с разными скоростями, то на ней развиваются волны. Высота (амплитуда) и длина этих волн зависят от разностей плотности воздуха и скорости ветра под инверсионным слоем и в самом этом слое.

Воздух, поднимающийся в гребнях волн, адиабатически охлаждается, и в нем может начаться конденсация водяного пара. В промежутках между гребнями волн (в ложбинах) воздух опускается и содержащийся в нем пар удаляется от состояния насыщения. Таким образом, в гребнях волн образуются облака (слоисто-кучевые, высококучевые, перисто-кучевые и перистые), а в ложбинах они рассеиваются и появляются просветы голубого неба. Если облака существовали до образования слоя инверсии, то в результате волновых движений они уплотняются в гребнях волн, а в ложбинах рассеиваются или становятся менее плотными.

Волнистообразные облака не следует путать с конвективными облаками типа циркуляционных ячеек Бенара, возникающими при неустойчивой стратификации атмосферы. Ячейковая циркуляция в атмосфере, сопровождающаяся облакообразованием, развивается в слоях с градиентом температуры более  $0,77\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ . Карты облачности, построенные по результатам наблюдений со спутников, показали, что ячейковая структура облаков чаще фиксируется над океанами, чем над сушей.

Согласно исследованиям последних лет, описанный процесс образования волнистообразных облаков имеет место далеко не всегда. Возможен и другой процесс – адвекция и трансформация фронтальных облаков. Объясняется это тем, что поскольку скорость смещения циклонов и связанных с ними фронтов, как правило, меньше скорости воздушного (ведущего) потока, то образовавшиеся в циклоне или ложбине облака выносятся воздушным потоком из циклона или ложбины в соседние антициклон или гребень.

Наблюдения за облачностью свидетельствуют, что принесенное в антициклон облако под влиянием нисходящих движений начинает медленно опускаться и рассеиваться. Однако поскольку вблизи верхней границы под влиянием нисходящих движений образуется инверсионный слой или слой с уменьшенным градиентом температуры, задерживающий турбулентные потоки тепла и влаги, то облако под таким слоем может существовать длительное время, причем тем дольше, чем ниже температура этого слоя. Вследствие этого формирующиеся из принесенных слоисто-дождевых слоисто-кучевые и слоистые облака, а из высокослоистых – высококучевые облака сохраняются длительное время осенью и зимой и сравнительно быстро рассеиваются весной и летом.

Поскольку поля температуры и влажности, а также вертикальной скорости движения воздуха неоднородны по горизонтали (ис-

пытают турбулентные пульсации), то в первоначально сплошных слоисто-кучевых облаках могут появиться просветы.

Анализ данных наблюдений и синоптических материалов показал: за счет переноса облаков из циклона в антициклон и последующей их трансформации под влиянием нисходящих потоков воздуха в различных частях антициклона и формируются слоисто-кучевые и слоистые облака.

При обтекании воздухом больших возвышенностей, перемежающихся долинами, в атмосфере образуются вынужденные волновые движения. Если на некоторой высоте имеется слой инверсии, то над возвышенностями он приподнимается. При достаточной влажности под инверсионным слоем над возвышенностями образуются тонкие облака, имеющие вид чечевицы.

## 1.2 Морфологическая классификация облаков

Как уже отмечалось, облака принято классифицировать по внешнему виду и высотам, на которых они образуются, – морфологическая классификация; по происхождению, т. е. по характеру процессов их образования, – генетическая классификация; по фазовому строению, точнее – по агрегатному состоянию облачных частиц.

На метеорологической сети для определения форм облаков применяется морфологическая классификация, в соответствии с которой и составлен настоящий Атлас.

В зависимости от высоты расположения основания облаков их относят к одному из ярусов. В особую группу выделяют облака вертикального развития, нижняя граница которых в большинстве случаев находится в нижнем ярусе, а верхняя — в нижнем, среднем или верхнем ярусе (табл. 1.1).

Исследования облаков, выполненные в 70-х годах XX века, показали, что над океаном (морем) возможно развитие двухъ-

ярусной конвекции, когда в нижнем слое под инверсией развиваются плоские кучевые облака небольшой вертикальной протяженности, а над инверсией – мощные кучевые и кучево-дождевые облака.

Основные отличительные признаки при определении форм облаков – их внешний вид и структура. Облака могут быть расположены на разных высотах в виде отдельных изолированных масс или сплошного покрова, их строение может быть различным (однородным, волокнистым и др.), а нижняя поверхность – ровной или расчлененной (и даже изорванной). Кроме того, облака могут быть плотными и непрозрачными или тонкими — сквозь них просвечивает голубое небо, луна или солнце.

В табл. 1.1 представлен современный вариант международной морфологической классификации облаков, в которой наряду с русскими приведены латинские наименования форм облаков и их сокращенные обозначения.

В табл. 1.2 приводятся дополнительные сведения о характерных особенностях облаков конкретных форм и другие признаки, которые могут помочь технику-метеорологу правильно определить формы, виды и разновидности облаков.

Следует также иметь в виду, что приведенные в табл. 1.2 пределы высоты нижней границы облаков характерны для умеренных широт. Высота облаков одной и той же формы непостоянна и может несколько меняться в зависимости от характера процесса и местных условий. В среднем высота облаков больше на юге, чем на севере, и больше летом, чем зимой. Над горными районами облака располагаются ниже, чем над равнинными.

Важной характеристикой облаков являются выпадающие из них осадки. Облака одних форм практически всегда дают осадки, других – либо совсем не дают осадков, либо осадки из них не достигают поверхности земли. Факт выпадения осадков, а также их вид и характер выпадения служат дополнительными признаками для определения форм, видов и разновидностей облаков.

Таблица 1.1 – Морфологическая классификация облаков

Форма	Вид	Разновидность
<b>А. Облака верхнего яруса</b>		
1 Перистые Cirrus (Ci)	1.1 Перистые волокнистые Ci fibratus (Ci fib.)  1.2 Перистые плотные Ci spissatus (Ci sp.)	1.1.1 Перистые когтевидные Ci uncinus (Ci unc.) 1.1.2 Перистые хребтовидные Ci vertebratus (Ci vert.) 1.1.3 Перистые перепутанные Ci intortus (Ci int.)  1.2.1 Перистые образовавшиеся из наковален кучево-дождевых облаков Ci incus-genitus (Ci ing.) 1.2.2 Перистые хлопьевидные Ci floccus (Ci floe.)
2 Перисто-кучевые Cirrocumulus (Cc)	2.1 Перисто-кучевые волнистообразные Cc undulatus (Cc und.) 2.2 Перисто-кучевые кучевообразные Cc cumuliformis (Cc cuf.)	2.1.1 Перисто-кучевые чечевицеобразные Cc lenticularis (Cc lent.) 2.2.1 Перисто-кучевые хлопьевидные Cc floccus (Cc floe.)
3 Перисто-слоистые Cirrostratus (Cs)	3.1 Перисто-слоистые волокнистые Cs fibratus (Cs fib.) 3.2 Перисто-слоистые туманообразные Cs nebulosus (Cs neb.)	
<b>Б. Облака среднего яруса</b>		
4 Высококучевые Alto cumulus (Ac)	4.1 Высококучевые волнистообразные Ac undulatus (Ac und.)  4.2 Высококучевые кучевообразные Ac cumuliformis (Ac cuf.)	4.1.1 Высококучевые просвечивающие Ac translucidus (Ac trans.) 4.1.2 Высококучевые непросвечивающие Ac opacus (Ac op.) 4.1.3 Высококучевые чечевицеобразные Ac lenticularis (Ac lent.) 4.1.4 Высококучевые неоднородные Ac inhomogenus (Ac inh.)  4.2.1 Высококучевые хлопьевидные Ac floccus (Ac flocc.)



Форма	Вид	Разновидность
5 Высокослоистые Altostratus (As)	5.1 Высокослоистые туманообразные As nebulosus (As neb.)  5.2 Высокослоистые волнистообразные As undulatus (As und.)	4.2.2 Высококучевые башенковидные As castellanus (As cast.) 4.2.3 Высококучевые образовавшиеся из кучевых As cumulogenitus (As cum.) 4.2.4 Высококучевые с полосами падения As virga (As vir.)  5.1.1 Высокослоистые туманообразные просвечивающие As nebulosus translucidus (As neb. trans.) 5.1.2 Высокослоистые туманообразные непросвечивающие As nebulosus opacus (As neb. op.) 5.1.3 Высокослоистые туманообразные дающие осадки As nebulosus praecipitans (As neb. pr.)  5.2.1 Высокослоистые волнистообразные просвечивающие As undulatus translucidus (As und. trans.) 5.2.2 Высокослоистые волнистообразные непросвечивающие As undulatus opacus (As und. op.) 5.2.3 Высокослоистые волнистообразные дающие осадки As undulatus praecipitans (As und. pr.)
<b>В. Облака нижнего яруса</b>		
6 Слоисто-кучевые Stratocumulus (Sc)	6.1 Слоисто-кучевые волнистообразные Sc undulatus (Sc und.)  6.2 Слоисто-кучевые кучевообразные Sc cumuliformis (Sc cum.)	6.1.1 Слоисто-кучевые просвечивающие Sc translucidus (Sc trans.) 6.1.2 Слоисто-кучевые непросвечивающие Sc opacus (Sc op.) 6.1.3 Слоисто-кучевые чечевицеобразные Sc lenticularis (Sc lent.)  6.2.1 Слоисто-кучевые башенковидные Sc castellanus (Sc cast.) 6.2.2 Слоисто-кучевые растекающиеся дневные Sc diurnalis (Sc diur.) 6.2.3 Слоисто-кучевые растекающиеся вечерние Sc vespertalis (Sc vesp.) 6.2.4 Слоисто-кучевые вымеобразные Sc mammatus (Sc mam.)

Форма	Вид	Разновидность
7 Слоистые Stratus (St)	7.1 Слоистые туманообразные St nebulosus (St neb.) 7.2 Слоистые волнистообразные St undulatus (St und.) 7.3 Разорванно-слоистые St fractus (St fr.)	7.3.1 Разорванно-дождевые Fractonimbus (Frnb)
8 Слоисто-дождевые Nimbostratus (Ns)		
<b>Г. Облака вертикального развития</b>		
9 Кучевые Cumulus (Cu)	9.1 Кучевые плоские Cu humilis (Cu hum.) 9.2 Кучевые средние Cu mediocris (Cu med.) 9.3 Кучевые мощные Cu congestus (Cu cong.)	9.1.1 Разорванно-кучевые Cu fractus (Cu fr.)  9.3.1 Кучевые с покрывалом Cu pileus (Cu pil.)
10 Кучево-дождевые Cumulonimbus (Cb)	10.1 Кучево-дождевые лысые Cb calvus (Cb calv.) 10.2 Кучево-дождевые волосатые Cb capillatus (Cb cap.)	10.1.1 Кучево-дождевые лысые с грозовым валом Cb calvus arcus (Cb calv. arc.) 10.2.1 Кучево-дождевые волосатые с грозовым валом Cb capillatus arcus (Cb cap. arc.) 10.2.2 Кучево-дождевые волосатые с наковальней Cb capillatus incus (Cb cap. inc.) 10.2.3 Кучево-дождевые волосатые плоские Cb capillatus humilis (Cb cap. hum.) 10.2.4 Кучево-дождевые волосатые вымеобразные Cb capillatus mammatus (Cb cap. mam.)

Таблица 1.2 – Отличительные особенности облаков

Вид облаков	Гидрометеоры							Оптические явления				Оптическая толщина			Высота нижней границы облаков, км
	дождь	морось	снег	снежная крупа	снежные зерна	ледяная крупа	град	гало	венец	призация в облаках	радуга	просвечивающие облака	облака, позволяющие определить местоположение солнца или луны	непросвечивающие облака	
Ci								В				О	В		7...10
Cc									В	В		О	В		6...8
Cs								О	В			Х			6...8
Ac								В	О	В		В	О	В	2...5
As	В		В			В							О	О	2...6
Ns	О		В			В								Х	0,5...1,9
Sc	В		В	В						В	В		В	О	0,5...1,5
St		В	В		В			В	В			В	В	О	0,03...0,4
Cu	В		В	В					В			В	В	О	0,6...1,2
Cb	О		В	В		В	В	М			В			Х	0,6...1,2

Примечание. Х – особенность характерна для всех видов облаков; О – особенность наблюдается обычно; В – особенность возможна, но наблюдается только у некоторых разновидностей облаков; М – особенность может наблюдаться у вершины или в верхней части облака.

Как правило, из облаков определенных форм выпадают следующие виды осадков:

- ливневые – из кучево-дождевых облаков (Cb);
- обложные – из слоисто-дождевых (Ns) во все сезоны, из высокослоистых (As) – зимой и иногда слабые – из слоисто-кучевых (Sc);
- морозящие – из слоистых облаков (St).

В процессе развития и распада облака меняется его внешний вид, структура и оно может трансформироваться из одной формы в другую.

При определении количества и форм облаков учитываются только облака, видимые с поверхности земли. Если все небо или

его часть закрыта облаками нижнего (среднего) яруса, а облаков среднего (верхнего) яруса не видно, то это не означает, что они отсутствуют. Они могут находиться выше нижележащих слоев облаков, но это не учитывается при наблюдениях за облачностью.

## 2 ОПИСАНИЕ ФОРМ И ВИДОВ ОБЛАКОВ

Описание облаков дается отдельно по ярусам, а внутри каждого яруса – по основным формам в соответствии с морфологической классификацией (см. табл. 1.1). При этом для каждого

яруса и формы приводятся наиболее общие признаки облаков: высота нижней границы, толщина облачного слоя, микрофизическое строение. При описании облаков указывается также связь различных форм облаков и характерные особенности их по наблюдениям с поверхности земли.

## 2.1 Облака верхнего яруса

К облакам верхнего яруса относятся перистые (Cirrus), перисто-кучевые (Cirrocumulus) и перисто-слоистые (Cirrostratus) облака. В умеренных широтах в теплое время года они образуются обычно на высотах 7–10 км, в зимнее время, а также в полярных широтах высота этих облаков меньше 5–8 км. В южных широтах облака верхнего яруса обычно наблюдаются на высотах от 10 до 15 км.

Облака верхнего яруса характеризуются наиболее низкими температурами и состоят из кристаллов льда в форме игл, шестигранных столбиков или пластинок, которые образуются путем сублимации водяного пара на ядрах конденсации (сублимации). Поэтому эти облака имеют ярко-белый цвет без темных и серых оттенков.

**2.1.1 Перистые облака (Cirrus – Ci).** Наиболее высокие облака верхнего яруса, обычно наблюдаются в небольших количествах, но зачастую могут занимать и значительную часть неба.

Высота нижней границы облаков в умеренных широтах составляет 7–10 км, изредка менее 6 км (в арктической и субарктической зонах, где очень низкие температуры) или более 12 км; в тропиках высота облаков достигает 17–18 км. Толщина слоя облаков колеблется в широких пределах – от сотен метров до нескольких километров. Они состоят главным образом из ледяных кристаллов в виде столбиков высотой до 0,1 мм.

*Связь с другими формами.* При увеличении количества перистых облаков они могут сменяться пеленой Cs, иногда существуют одновременно с Cc.

*Характерные особенности по наблюдениям с поверхности земли.* Большая высота и характерное волокнистое строение при наличии просветов голубого неба обычно позволяют легко отличить перистые облака от облаков других форм. Перистые облака можно спутать с перисто-слоистыми, которые отличаются от Ci тем, что образуют пелену, достаточно однородную и обширную.

Вечером, после захода солнца, Ci еще долго остаются освещенными, принимая вначале серебристую, затем золотистую или красноватую окраску. Затем облака постепенно сереют и кажутся более плотными, чем днем. В безлунную ночь Ci невидимы или плохо различимы, поэтому особенно важно тщательно наблюдать за состоянием неба вечером. Утром, перед восходом солнца, Ci первыми из облаков освещаются и окрашиваются зарей.

Ci образуются в результате охлаждения воздуха при его восходящем движении в верхней тропосфере, в зоне атмосферных фронтов. В охлаждающемся воздухе происходит сублимация водяного пара и образование ледяных кристаллов. Ci могут образоваться также из вершин Cb при распаде этих облаков.

В перистых облаках выделяют 2 вида: перистые волокнистые и перистые плотные, каждый из которых имеет несколько разновидностей.

**2.1.2 Перисто-кучевые облака (Cirrocumulus – Cc).** Высота нижней границы этих облаков в умеренных широтах колеблется в пределах от 6 до 8 км, толщина слоя не превышает 200–400 м.

Перисто-кучевые облака состоят из мелких ледяных кристаллов, имеющих форму столбиков или пустотелых призм (отдельных или соединенных по нескольку кристаллов в комплексы).

*Связь с другими формами.* Облака Cc обычно наблюдаются вместе с облаками Ci или Cs. Возможны промежуточные переходные формы между низкими облаками Cc и высокими As, однако отличить их от As нетрудно, хотя тонкие края слоя As по внешнему виду и напоминают Cc. Одновременно могут наблюдаться слой Cc и похожий на них нижележащий слой As (или даже несколько слоев As на различных высотах).

*Характерные особенности по наблюдениям с поверхности земли.* Облака Cc можно спутать только с высокими As, в отличие от которых Cc частично (особенно по краям) имеют волокнистое строение. Кроме того, Cc часто переходят в слой Ci или Cs.

Если волокнистое или хлопьевидное строение перисто-кучевых облаков плохо выражено и облака постепенно приобретают отчетливую волокнистую структуру, то их следует отнести уже к Ci fib.

Cc образуются при возникновении волновых и конвективных движений в верхней тропосфере.

В перисто-кучевых облаках выделяют 2 вида: перисто-кучевые волнистообразные и перисто-кучевые кучевообразные, в которых выделяют по одной разновидности.

**2.1.3 Перисто-слоистые облака (Cirrostratus – Cs).** Высота нижней границы Cs в умеренных широтах в среднем около 6–8 км, в арктических и субарктических районах вследствие низких температур воздуха существенно меньше. Толщина слоя колеблется от 100 м до нескольких километров. Верхняя и нижняя границы слоя Cs выражены нерезко.

Перисто-слоистые облака состоят из ледяных кристаллов в форме игл или шестигранных столбиков, иногда соединенных по несколько штук вместе. Реже встречаются в этих облаках толстые пластинки.

*Связь с другими формами.* Перисто-слоистые облака могут наблюдаться в сочетании с перистыми и перисто-кучевыми. При надвигании фронтальной облачной системы количество

облаков Ci увеличивается и они, постепенно закрывая все небо, сменяются Cs; в свою очередь, Cs, уплотняясь и снижаясь, сменяются As. Иногда слой As надвигается на фоне Cs самостоятельно, без видимой связи с ними.

*Характерные особенности по наблюдениям с поверхности земли.* Некоторые затруднения могут возникнуть лишь при различении облаков Ci и Cs, а также Cs и As. Перисто-слоистые облака отличаются от перистых тем, что их пелена однородна, непрерывна и не распадается на отдельные участки, разделенные промежутками голубого неба. От высокослоистых облаков (As) перисто-слоистые (Cs) отличаются тем, что они почти прозрачны, в то время как сквозь As солнце и луна просвечивают тускло, как сквозь матовое стекло, и при этом в дневное время тени от предметов становятся нерезкими или исчезают вовсе.

Перисто-слоистые облака образуются вследствие адиабатического охлаждения воздуха при его восходящем движении в верхней тропосфере в зонах атмосферных фронтов.

В перисто-слоистых облаках выделяют 2 вида (без разновидностей): перисто-слоистые волокнистые и перисто-слоистые туманообразные.

## 2.2 Облака среднего яруса

Облака среднего яруса состоят из переохлажденных капель воды или переохлажденных капель в смеси с ледяными кристаллами и снежинками. При этом кристаллы в облаках среднего яруса значительно более развиты, чем в облаках верхнего яруса: в облаках среднего яруса содержатся в основном развитые снежинки полной шестилучевой формы. Ледяные иглы, пластинки и столбики содержатся на краях облачных элементов, что вызывает особый вид свечения — иризацию (появление радужной окраски) на краях капельных облаков.

При наличии в облачных элементах снежинок и капель переохлажденной воды происходит быстрый рост снежинок и выпадение их в виде осадков. Наличие же переохлажденных капель воды в облачных элементах придает им серый цвет. Сквозь облака среднего яруса солнце просвечивает слабо или вообще не просвечивает.

К основным формам облаков среднего яруса относятся высококучевые и высокослоистые облака.

**2.2.1 Высококучевые облака (Alto cumulus – Ac).** Высота их нижней границы может меняться в пределах от 2 до 6 км, а толщина слоя не превышает 200–700 м.

Ac состоят преимущественно из переохлажденных капель воды радиусом 3–6 мкм, а также из ледяных кристаллов. Такой размер капель обеспечивает возможность сосуществования капель с кристаллами льда. В отдельных более плотных элементах облаков радиус капель может доходить до 10–25 мкм, что ведет к быстрому росту кристаллов, образованию и выпадению осадков, хотя и достаточно слабых по интенсивности (часто не достигающих поверхности земли).

*Связь с другими формами.* В некоторых случаях наблюдаются переходные формы между высокими Ac и Cc, от которых Ac отличаются большими видимыми размерами отдельных элементов и более тусклой сероватой окраской. Ac могут наблюдаться одновременно с As. Уплотняясь и опускаясь, Ac переходят в облака Sc, с которыми они имеют много общего.

*Характерные особенности по наблюдениям с поверхности земли.* В большинстве случаев облака Ac легко определяются по характерным очертаниям и светлой окраске. В отличие от высокослоистых, они не образуют сплошного однородного серого покрова и не имеют волокнистого строения. Иногда возникают трудности в различении форм Ac и Sc, Ac и Cc.

Процессы образования высококучевых облаков различны. Главными из них являются следующие:

- волновые движения воздуха на границах высоко расположенных слоев инверсии;
- адвекция фронтальных слоистообразных облаков из областей циклонов и последующая их трансформация;
- волновые движения над горными препятствиями;
- растекание мощных кучевых и кучево-дождевых облаков;
- конвективные движения воздуха в слое выше 2 км.

В высококучевых облаках выделяют 2 вида: волнистообразные и кучевообразные.

**2.2.2 Высокослоистые облака (Altostratus – As).** Высота нижней границы As находится в пределах от 2 до 6 км, толщина слоя составляет обычно 1–2 км, иногда и более.

Тонкие As и верхние части более плотных As состоят преимущественно из ледяных кристаллов (пластинок), низкие As – из ледяных кристаллов (столбиков) в смеси с переохлажденными каплями воды. Нижние части этих облаков состоят из более крупных снежинок или мелких капель дождя (обычно ниже уровня, где температура воздуха равна 0 °C).

*Связь с другими формами.* Высокослоистые облака при уплотнении и снижении переходят в слоисто-дождевые облака (Ns). Облака As являются как бы промежуточными между облаками Cs и Ns.

Облака As могут быть отмечены в сочетании с Ac, причем возможны взаимные переходы (As в Ac и Ac в As), а также с мощными кучево-дождевыми облаками фронтального происхождения.

*Характерные особенности по наблюдениям с поверхности земли.* В некоторых случаях бывает трудно отличить As от Cs, Ns и даже St.

Высокослоистые облака по сравнению с облаками Cs более плотные и низкие. Днем As имеют сероватый цвет и значительно сильнее затеняют солнце. По сравнению с Ac облака As выглядят как более однородная сплошная пелена без просветов. Даже если пелена As и обрывается в той или иной части неба

(это бывает на краю облачной системы), то в той части их покрыва, которая доступна обозрению, нет ни просветов, ни расчленения на отдельные пластины. Если же такое расчленение можно обнаружить, но по остальным признакам облака должны быть отнесены к As, то они отмечаются как переходная форма между As и Ac.

Облака As отличаются от облаков Ns большей высотой расположения, меньшей плотностью и светлым тоном. Осадки из As не всегда достигают поверхности земли, особенно летом. Плотный облачный покров с основанием на уровне около 2 км при отсутствии осадков может отмечаться как As op., но при наличии осадков он должен уже отмечаться как Ns. Однако наличие осадков само по себе не должно быть единственным определяющим признаком: если облака светлые, тонкие, находятся на большей высоте, чем Ns, и дают осадки (что особенно часто наблюдается зимой), то они отмечаются как As.

As образуются вследствие охлаждения воздуха при медленном, скользящем восхождении теплого воздуха вдоль фронтальной поверхности.

В форме As различают 2 вида облаков: туманообразные и волнистообразные.

### 2.3 Облака нижнего яруса

К облакам нижнего яруса относятся все формы и виды облаков, которые образуются, развиваются и существуют в нижнем слое атмосферы (от 30 м до 2 км).

**2.3.1 Слоисто-кучевые облака (Stratocumulus – Sc).** Высота нижней границы облаков Sc отмечается чаще всего в пределах 0,5–1,5 км, толщина слоя – от 0,2 до 0,8 км.

Sc состоят в основном из мелких капель воды (радиусом преимущественно 5–7 мкм), зимой переохлажденных. В отдель-

ных случаях среди капель присутствует некоторое количество ледяных кристаллов (пластинок) и снежинок.

*Связь с другими формами.* Слоисто-кучевые облака могут наблюдаться одновременно с высококучевыми облаками. Некоторые разновидности Sc *suf.* образуются при распаде Cu или Cu *cong.* Кроме того, при усиливающейся конвекции Sc, особенно Sc *cast.*, могут развиваться в кучевые облака. При приближении фронта Sc могут смениться Ns, что сопровождается усилением обложных осадков, и, наоборот, при появлении нисходящих движений фронтальные облака Ns могут перейти в Sc.

*Характерные особенности по наблюдениям с поверхности земли.* Отличительным признаком слоисто-кучевых облаков служит их внешний вид, четко очерченная нижняя граница, отсутствие в большинстве случаев осадков или довольно слабые осадки с перерывами. Sc иногда бывает трудно отличить от Ac, As, Ns, St или Cu *med.*

Слоисто-кучевые облака располагаются ниже (ниже 2 км) и состоят из более крупных и более темных элементов, чем Ac. Условно принимается, что видимый размер элементов Sc превышает десятикратный диаметр солнца.

Sc *op.* отличаются от As *op.* главным образом по высоте их расположения. Кроме того, у As меньше выражено волнистое строение, а волны не имеют правильного чередования и представляют собой отдельные вытянутые по горизонтали уплотнения неправильной формы. Sc *op.* имеют вид правильных волн. As часто имеют волокнистое строение, которого не бывает у Sc. Покров As более светлый, чем Sc *op.*

Облака Sc *op.* обычно отличаются от облаков Ns волнистым строением и отсутствием или слабой интенсивностью осадков. Полезно при различении Sc от As и Ns учитывать характер погоды, поскольку As и Ns являются преимущественно облаками фронтальных систем, тогда как Sc образуются в большинстве случаев внутри однородных воздушных масс.

Sc отличаются от облаков St большей высотой основания и более ярко выраженной волновой структурой.

От Cu med. (которые иногда располагаются грядами) облака Sc отличаются большей длиной гряд и отсутствием куполообразных вершин (кроме разновидности Sc cast., у которой выступающие купола и башни сравнительно невелики и быстро меняют очертания).

Основные процессы, приводящие к образованию слоисто-кучевых облаков, следующие:

- волновые движения в слоях инверсий, расположенных на высотах менее 2 км над подстилающей поверхностью;
- адвекция слоистообразных облаков из циклонов и ложбин и их трансформация;
- растекание Cu и Cu cong. в слое воздуха под инверсиями, располагающимися ниже 2 км;
- волновые движения, возникающие на подветренных склонах возвышенностей и гор.

В слоисто-кучевых облаках выделяют 2 вида: волнистообразные и кучевообразные.

**2.3.2 Слоистые облака (Stratus – St).** Наиболее низкие облака, высота их нижней границы обычно колеблется в пределах от 0,03 до 0,4 км, а толщина слоя – от 0,1 до 0,6 км.

Слоистые облака состоят из мельчайших капель воды радиусом 2–5 мкм, размер капель может колебаться от 1 до 20 мкм.

*Связь с другими формами.* Облака St могут трансформироваться в облака Sc. В теплую половину года облака St fr. утром при отсутствии более высоких облаков могут превратиться в кучевые, если поверхность земли прогревается и развивается конвекция.

*Характерные особенности по наблюдениям с поверхности земли.* Иногда бывает трудно различить St и As, St и Sc, St и Ns. Об отличии облаков St от облаков As и Sc указано в пп. 2.2.2 и 2.3.1.

Кроме того, следует отметить, что у облаков St, даже у St und., волнистое строение выражено очень слабо и с трудом различается, так как волны имеют большую длину, а облака расположены низко.

По внешнему виду облака St похожи на Ns. Однако их можно различить по следующим признакам:

- St располагаются обычно ниже, чем Ns, они нередко сопровождаются морозящими осадками и ухудшением видимости;
- St имеют более светлый цвет, чем Ns, причем обычно заметно чередование темных и светлых участков облака, которые имеют большую или меньшую толщину; строение St более однородное, чем Ns;
- St никогда не дают обложных осадков.

При определении облаков St полезно также учитывать характер погоды, так как эти облака образуются главным образом внутри однородных воздушных масс, являются зачастую облаками местного происхождения. Облака St нередко имеют достаточно четкий суточный ход (максимальное количество облаков наблюдается ночью). В отличие от них, облака Ns и As наблюдаются обычно на атмосферных фронтах. Исключение составляет разновидность разорванно-слоистых облаков (St fr.) – разорванно-дождевые облака (Frnb), которые характерны для фронтальных систем облаков.

В слоистых облаках выделяют 3 вида: туманообразные, волнистообразные и разорванно-слоистые.

**2.3.3 Слоисто-дождевые облака (Nimbostratus – Ns).** Высота нижней границы Ns отмечается в пределах от 0,5 до 1,9 км, она ниже всего вблизи линии фронта. Толщина слоя облаков обычно достигает 2–3 км, иногда 5 км и более. Однако нередки случаи, когда толщина слоя Ns не превышает 1–2 км и между ними и вышележащими As имеется безоблачная прослойка.

Слоисто-дождевые облака состоят из переохлажденных капель и ледяных кристаллов. В верхней части облака кристаллы



имеют преимущественно форму столбиков, в нижней – форму пластинок. В нижней части облака преобладают мелкие капли воды с примесью снежинок или сравнительно крупных капель. Большинство капель воды имеют радиус 8–12 мкм.

*Связь с другими формами.* Обычно Ns тесно связаны с As. В пункте наблюдений вначале прослеживаются As, которые затем постепенно уплотняются, снижаются и превращаются в Ns. Переход от As neb. op. к Ns происходит постепенно, поэтому резкой грани между ними нет. Хорошим признаком совершившегося перехода является выпадение устойчивых обложных осадков.

Ns могут образоваться из Sc op. В этом случае элементы Sc (отдельные хлопья, пластины или волны) постепенно сливаются между собой, облака снижаются и преобразуются в Ns. Переход считается завершившимся тогда, когда волнистая структура, присущая Sc, полностью исчезает и нижняя поверхность облаков вследствие выпадения осадков перестает быть четко различимой.

Иногда наблюдается связь Ns с Cb. При приближении холодного фронта первого рода вал предфронтальных облаков Cb непосредственно переходит в Ns, а ливневые осадки сменяются обложными. В некоторых случаях такая связь Cb и Ns наблюдается и на холодных фронтах второго рода. На теплом фронте, особенно летом, наблюдается переход Ns в Cb: отдельные участки облаков Ns, сильно развиваясь по вертикали, постепенно приобретают все признаки Cb; выпадающие из них осадки имеют характер ливневых.

*Характерные особенности по наблюдениям с поверхности земли.* Основным признаком, по которому безошибочно определяются Ns, служит выпадение обложных осадков. Этот признак помогает обнаружить Ns даже тогда, когда они снизу маскируются разорванно-дождевыми облаками Frnb. Однако иногда осадки из Ns не достигают поверхности земли вследствие испарения. В этих случаях облака Ns можно отличить от As neb. op. по следующим основным признакам:

- значительно более темному цвету;
- непрозрачности облаков (солнце и луна не просвечивают);
- размытости основания облаков.

Следует отличать слой Ns от Cb большого размера, которые, надвигаясь, могут на короткое время полностью закрыть небо над пунктом наблюдения. Такая ошибка особенно вероятна, если обзор с места наблюдений сильно ограничен. В этом случае отличительным признаком будет служить характер осадков. Помогает также наблюдение за предшествующим состоянием неба: Ns появляются на фоне сплошной облачности (после As neb. op. или As op.), а Cb надвигаются при наличии просветов голубого неба.

## 2.4 Облака вертикального развития

К облакам вертикального развития относят две основные формы: кучевые и кучево-дождевые.

**2.4.1 Кучевые облака (Cumulus – Cu).** Высота нижней границы кучевых облаков в значительной мере зависит от влажности воздуха (от дефицита насыщения). В умеренных широтах высота нижней границы кучевых облаков обычно составляет 0,6–1,2 км, вертикальная протяженность – от сотни метров до нескольких километров.

Кучевые облака состоят из капель воды, более крупных в верхней части облака (преобладающий радиус капель около 20 мкм) и более мелких у его основания (преобладают капли радиусом около 10 мкм). При отрицательных температурах капли находятся в переохлажденном состоянии.

*Связь с другими формами.* Развиваясь, Cu могут трансформироваться в Cb. Иногда Cu и Cb наблюдаются одновременно.

Весной и летом облака Cu могут наблюдаться на фоне любых других облаков, если эти облака не препятствуют прогреванию

поверхности земли и развитию дневной термической конвекции. При теплой погоде утром кучевые облака могут образоваться из St fr.

Распадаясь, Cu могут перейти в Sc, Ac или, пройдя стадию Cu fr., рассеяться совсем.

*Характерные особенности по наблюдениям с поверхности земли.* Если кучевые облака находятся в стороне от наблюдателя, то он видит их от основания до ослепительно белых клубящихся вершин. В этом случае правильно определить форму облака не представляет никаких затруднений. Если же облака располагаются у зенита или ими покрыта большая часть неба, то наблюдается только их нижняя поверхность, которая всегда имеет некоторые неровности, а иногда и рваные края. В этом случае их легко спутать со слоисто-кучевыми или кучево-дождевыми облаками.

Кучевые облака, в отличие от слоисто-кучевых, не образуют непрерывного слоя. Покров Cu всегда разделяется на отдельные облака, в промежутках между которыми видны их бугристые, резко очерченные края, уходящие в высоту. Центральные части отдельных облаков могут быть темными (серыми или темно-серыми в зависимости от их мощности), а освещенные края – ярко-белыми, в виде светлой или блестящей каймы в зависимости от расположения облаков относительно солнца.

В сплошных длинных валах вершины Cu сохраняют разную высоту.

Иногда трудно отличить Cu cong. от Cb, имеющих не только внешнее сходство, но и сходство процесса образования. Условно принято считать облака кучево-дождевыми, когда их вершина приобретает отчетливое волокнистое строение («обледеневает»), а также когда начинается выпадение ливневых осадков или заметны полосы падения осадков (хотя бы и не доходящих до поверхности земли).

Основной процесс, приводящий к образованию кучевых облаков, – это мощные восходящие движения воздуха, обуслов-

ленные неравномерным нагревом подстилающей поверхности (термическая конвекция).

Из многообразия кучевых облаков выделяют 3 вида: кучевые плоские, кучевые средние и мощные кучевые.

#### 2.4.2 Кучево-дождевые облака (Cumulonimbus – Cb).

Высота нижней границы Cb обычно находится в пределах от 0,6 до 1,2 км. Верхняя граница кучево-дождевого облака достигает 4–5 км, в отдельных случаях – высоты тропопаузы (8–9 км).

Микрофизическая структура представлена набором капель разного размера (радиусом от нескольких мкм до 1 см), а также ледяных кристаллов, снежных зерен и града (до нескольких см).

*Связь с другими формами.* Кучево-дождевые облака образуются, как правило, в результате дальнейшего развития Cu cong. Cb могут наблюдаться одновременно с Ac, As, Sc, Ns, Cu, Frnb. При распаде Cb могут образоваться Ci sp., Ci ing., Ac cuf., Sc diur., Sc vesp.

*Характерные особенности по наблюдениям с поверхности земли.* Определить Cb обычно нетрудно. Их можно спутать только с Ns и Cu cong.

Если Cb сильно распространились по горизонтали, их основания слились и с пункта наблюдений ни в один из просветов не видно резко очерченных бугристых боковых сторон облаков, то их можно спутать с Ns. Основное различие заключается в том, что Cb имеют свинцово-темную окраску и дают ливневые осадки. При определении также нужно учитывать предшествующее состояние неба.

Облака Cb отличают от облаков Cu cong. по следующим признакам:

– темная окраска основания облака; если Cb находится близко к зениту, то его окраска становится свинцово-темной, освещенность при этом резко уменьшается;

– выпадение ливневых осадков; если осадки не достигают поверхности земли, то они (в удаленных облаках) заметны в виде полос падения (*virga*);

– волокнистое строение части облака или перистовидная форма его вершины.

Если хотя бы один из этих признаков имеется, облако следует считать кучево-дождевым.

Основным процессом образования кучево-дождевых облаков является процесс охлаждения воздуха при восходящем движении в условиях сильно развитой динамической или термической конвекции. Поэтому толщина их достигает 3–5 км.

В холодное время года, когда отрицательные температуры воздуха, при которых замерзают облачные капли и растут ледяные кристаллы, наблюдаются уже на сравнительно небольшой высоте, при наличии конвекции образуются плоские кучево-дождевые облака (*Cb hum.*), дающие, однако, достаточно интенсивные осадки. Особенно типичны *Cb hum.* для районов Крайнего Севера и приморских районов.

В кучево-дождевых облаках выделяют 2 вида: кучево-дождевые лысые и кучево-дождевые волосатые.

### 3 СИСТЕМЫ ОБЛАКОВ, ИХ ЭВОЛЮЦИЯ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ ПРИЗНАКИ ПОГОДЫ

Появление, развитие, трансформация и разрушение облаков и облачных систем подчиняются определенным закономерностям. Облака располагаются на небесном своде в виде скоплений определенной формы или систем облаков разных форм, различной протяженности и структуры. Облачные системы характеризуются последовательностью форм, размерами и высотой облаков во времени и пространстве. Они отделяются друг

от друга участками ясного (малооблачного) неба или более высоких облаков.

Материалы радиолокационных наблюдений, метеорологических спутников Земли показывают, что кроме облачных систем синоптического масштаба, называемых *макросистемами* (протяженность порядка  $10^3$  км и более, продолжительность существования от 1 до 5 дней), имеются также системы меньшего масштаба, именуемые *мезосистемами* (протяженность порядка  $10-10^2$  км, продолжительность существования от нескольких до десяти часов).

При плотности действующей в настоящее время метеорологической сети Росгидромета *мезосистемы* или совсем не выявляются, или фиксируются одной-двумя станциями, что не позволяет определить их истинные размеры и погодные характеристики. Однако они представляют большой практический интерес, так как с ними связаны многие неблагоприятные и опасные гидрометеорологические явления.

Технические возможности искусственных спутников Земли и метеорологических радиолокаторов позволяют наблюдать мезосистемы и следить за их эволюцией. Макросистемы определяются только со спутников, они бывают фронтальными и внутримассовыми.

#### 3.1 Фронтальные системы облаков

*Фронтальные макросистемы* представляют собой огромные облачные системы, вытянутые вдоль фронта на тысячи километров и в ширину на сотни километров. Облака обычно распространяются в высоту на значительную часть тропосферы и иногда разделяются на слои. Внутри системы могут возникать безоблачные прослойки.

При прохождении четко выраженных фронтальных систем наблюдается постепенное изменение облачных характеристик –

высоты и толщины облаков – и определенная последовательность их форм по мере прохождения системы через пункт наблюдения. Изменение в этом случае происходит в результате преобладания основного облакообразующего процесса вблизи фронтальной поверхности – скользящего восхождения воздушных масс и их взаимодействия. Однако нередко преобладающими бывают и другие процессы.

Установлено, что на некоторых участках фронтальной поверхности (фронта) время от времени возникают мезопроцессы, под влиянием которых образуются более или менее обособленные *мезосистемы* облаков. В мезосистемах, в отличие от соседних участков, облака имеют другие высоты, толщины и формы, в связи с чем непрерывность изменения свойств облачного покрова во фронтальной системе нарушается.

Поскольку продолжительность мезопроцессов небольшая, мезосистемы облаков как структурные объекты фронтальной облачности (и вообще облачных макросистем) разрушаются на одних участках системы и возникают на других.

Ниже рассматриваются типичные облачные системы фронтов, а также дается краткая характеристика мезосистем облаков, которые отмечаются в пределах фронтальных макросистем – систем облаков теплого фронта, холодных фронтов и фронтов окклюзии.

### 3.1.1 Система облаков теплого фронта

Теплым фронтом называется поверхность раздела двух воздушных масс в том случае, если она перемещается в сторону холодного воздуха. Прохождение теплого фронта характеризуется, как правило, пасмурной погодой, усилением ветра, продолжительными обложными осадками. Зимой – это снегопады, нередко с метелями, а также оттепели, в другие сезоны года – обложные дожди.

Так как поверхность теплого фронта очень пологая (тангенс угла наклона фронтальной поверхности всего 0,01 или меньше), то подъем теплого воздуха происходит довольно медленно, упорядоченно. Благодаря чему возникает облачность слоистообразных форм. Эта система облаков располагается перед линией фронта, ее ширина достигает 600–800 км.

Самая мощная ее часть находится вблизи линии фронта и представляет собой слоисто-дождевые облака толщиной в несколько километров. По мере удаления от линии фронта эти облака сменяются менее мощными высокослоистыми облаками, а затем – перисто-слоистыми. На расстоянии многих сотен километров от линии фронта уже наблюдаются гряды перистых облаков, толщина которых в среднем составляет около 2 км. Однако плотность их невелика и сквозь них просматриваются голубое небо, звезды.

Для типичной системы облаков теплого фронта характерна достаточно четкая последовательность смены форм облаков во времени и пространстве.

Облака верхнего яруса  $C_i$  (часто  $C_i$  unc.) и  $C_s$  системы теплого фронта появляются первыми на расстоянии 800–1000 км перед линией фронта (рис. 3.1). В дальнейшем, по мере приближения линии фронта к месту наблюдения,  $C_s$  сменяются  $A_s$ , из которых по мере уплотнения начинают выпадать осадки. Летом осадки из  $A_s$  испаряются в воздухе, не достигая поверхности земли. Снижаясь,  $A_s$  переходят в  $N_s$ , что происходит на расстоянии 300–400 км от линии фронта. При осадках под  $N_s$  зачастую образуются низкие  $F_{rn}b$ , сначала в виде отдельных облаков, а затем и в виде почти сплошного слоя.

Летом фронтальные облака  $N_s$  местами могут переходить в  $C_b$ , а  $A_s$  – в  $A_c$ . Если теплый воздух достаточно сухой и восходящие движения слабо развиты, вся фронтальная система может вырождаться в одну гряду высоких облаков.

В стадии формирования, как и в стадии распада, фронтальная система характеризуется облаками верхнего и среднего ярусов.

Мезосистемы облаков в пределах макросистемы теплового фронта наблюдаются чаще всего в следующих случаях.

1. В передней ее части в виде гряд (полос)  $Ci$  и  $Cs$ , отделенных участком ясного (малооблачного) неба от основного массива. В такой гряде по мере прохождения ее через пункт наблюдения происходит сначала увеличение и уплотнение облачности, а затем уменьшение и утончение облачности. Ясное (малооблачное) небо, появляющееся после прохождения этой мезосистемы, может сохраняться в пункте наблюдения несколько часов.

2. Часто мезосистемы отмечаются в зоне наибольшего падения давления (в зоне наибольших значений отрицательной барической тенденции) на расстоянии 100–300 км от линии фронта. При этом наблюдается следующая фронтальная последовательность смены форм: тонкие  $As$  быстро переходят в

плотные  $As$ , затем появляются низкие  $Ns$ , с которыми связаны и наиболее интенсивные осадки. Вскоре высота облаков резко увеличивается. Создается впечатление, что фронт уже прошел, однако основная зона облаков, связанная с линией фронта, приходит несколько позднее. Иногда система облаков теплового фронта (на отдельных участках) состоит из двух-трех таких более плотных параллельных полос.

Появление облаков  $Cb$  на теплом фронте в летнее время по существу также означает появление мезосистемы, которая может сопровождаться и грозами, и ливнями.

Таким образом, макросистема облаков теплового фронта может включать несколько мезосистем, в каждой из которых наблюдается своя последовательность изменения количества и высоты облаков, нарушающая типичную фронтальную последовательность. Единой облачной системы, представляемой на типичных схемах, т. е. с постепенным увеличением облачности и снижением высоты облаков к линии фронта, в этих случаях не наблюдается. В мезосистемах преобладают переходные формы облаков в результате действия процессов различного масштаба и различной активности.

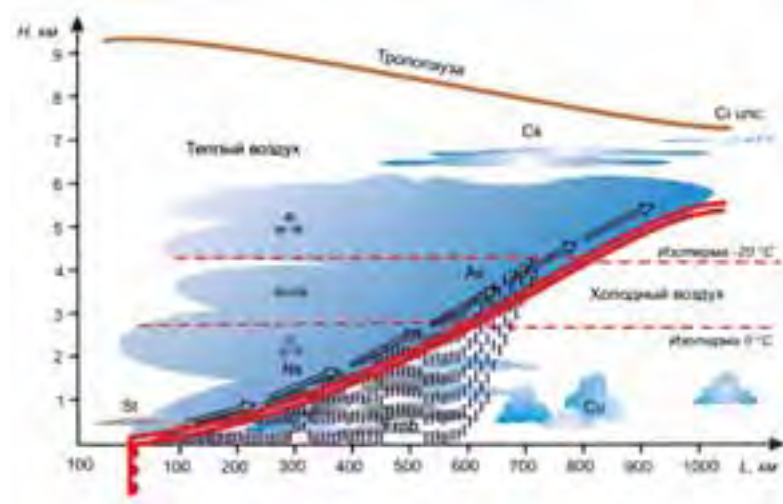


Рисунок 3.1 – Система облаков теплового фронта.

### 3.1.2 Системы облаков холодного фронта

Система облаков холодного фронта располагается в основном за приземной линией фронта, ширина ее не превышает 500–600 км.

Когда холодный воздух распространяется в сторону теплого воздуха, то теплый воздух может либо плавно, упорядоченно подниматься, скользя по клину холодного воздуха, либо подниматься «порциями» в виде конвективного потока при выталкивании его вторгающимся холодным воздухом. В некоторых случаях эти виды движения могут существовать одновременно.

Однако и при этом преобладает один из видов вертикального движения: либо плавное восхождение теплого воздуха, либо конвективный подъем, что определяет характер холодного фронта.

В зависимости от скорости перемещения, степени неустойчивости и влагосодержания теплого воздуха, а также характера воздушных потоков над фронтальной поверхностью различают холодные фронты двух родов.

*Холодный фронт первого рода* – медленно движущийся фронт с преобладающим упорядоченным поднятием теплого воздуха над вторгающимся клином холодного воздуха. Облачная система этого фронта сходна с системой облаков теплого фронта, однако ее ширина сравнительно невелика и формы облаков расположены в обратном порядке (рис. 3.2).

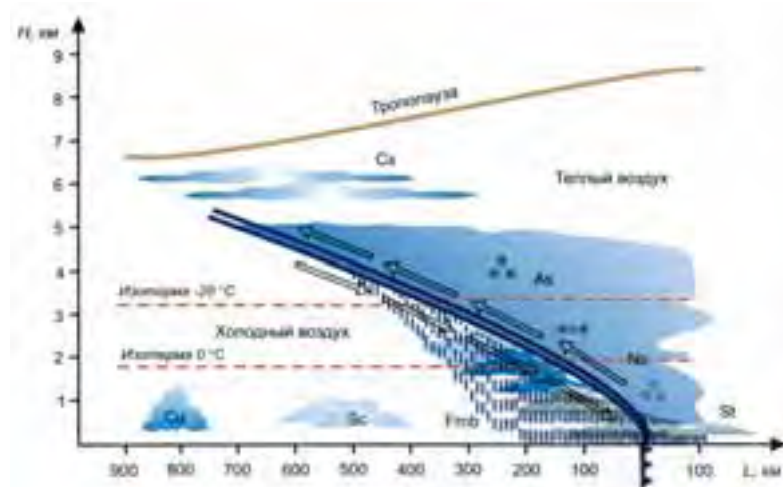


Рисунок 3.2 – Система облаков холодного фронта первого рода

Если теплый воздух достаточно неустойчив, перед линией фронта образуются кучево-дождевые облака, дающие ливневые осадки. После прохождения Сб заметного прояснения не наблюдается. Основная зона обложных осадков из Ns располагается уже за линией фронта. По мере дальнейшего продвижения облачной системы Ns переходят в As, осадки прекращаются и, наконец, наступает прояснение. Нередко после As наблюдаются также Cs. Под Сб и Ns часто наблюдаются Frnb, которые в осенне-зимний период нередко могут замаскировать всю облачную систему.

*Холодный фронт второго рода* – быстро движущийся холодный фронт. Теплый воздух, натываясь на быстро движущийся и обладающий относительно большим углом наклона клин холодного воздуха, поднимается вверх не плавно, а неупорядоченно, «порциями», в результате чего образуется конвективная облачность. Важную роль при этом играет неустойчивость воздушной массы, что благоприятствует развитию конвективных движений. Полоса наиболее мощных облаков и осадков располагается непосредственно перед линией фронта (рис. 3.3).

Основной формой облаков в облачной системе холодного фронта второго рода являются кучево-дождевые. Незадолго до появления Сб могут наблюдаться As, иногда сменяющиеся полосой As, и изредка Cs в сочетании с Ci. Одновременно с надвигающимися Сб могут присутствовать и другие облака всех ярусов: Cu, Frnb, As, As, Cs, Ci.

Перед холодным фронтом второго рода иногда появляются As lent, и Cs lent., которые возникают примерно за 100 км перед Сб. Ширина зоны Сб также составляет около 100 км. Таким образом, в сравнительно узкой зоне вблизи линии фронта наблюдается большое разнообразие облаков, обусловленное мощной конвекцией, охватывающей практически всю тропосферу (до 7–9 км).

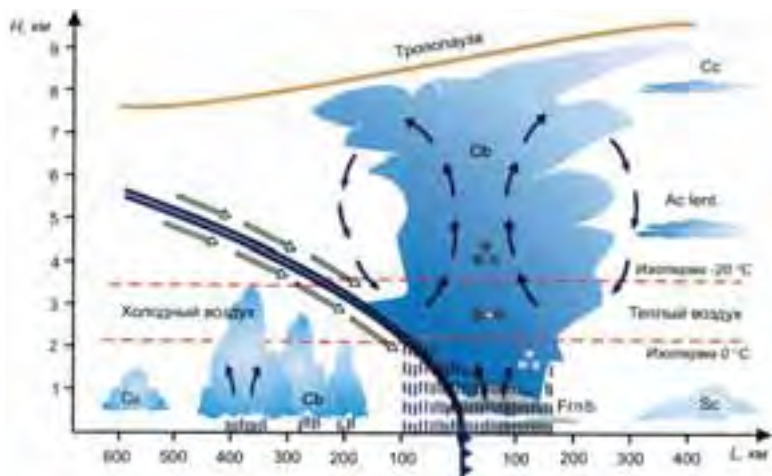


Рисунок 3.3 – Система облаков холодного фронта второго рода.

Если кучево-дождевые облака перед холодным фронтом развиваются очень интенсивно, то их прохождение сопровождается усилением ветра, шквалами, ливнями, грозами.

Вдоль линии холодного фронта облака Cb обычно не образуют сплошной стены, а группируются в мезосистемы, разделенные разрывами. Вместе с Cb могут наблюдаться другие, преимущественно переходные формы, являющиеся результатом эволюции и распада Cb, например, Ac, As или сочетание Ns–Sc.

Во многих случаях мезосистемы облаков наблюдаются также на расстоянии 100–200 км перед холодным фронтом, образуя здесь линии шквалов. Кроме того, достаточно типично наличие мезосистем – рядов Cb с кратковременными ливнями в тылу холодного фронта. На экранах радиолокаторов эти мезосистемы имеют форму длинных полос.

### 3.1.3 Системы облаков фронта окклюзии

*Фронты окклюзии* (сложные фронты) образуются при смыкании холодного и теплого фронтов. Облачная система, связанная с этими фронтами, является наиболее сложной. Она включает в себя не только сомкнувшиеся системы холодного и теплого фронтов, но также и систему нижнего фронта, возникшую в результате нового взаимодействия масс на фронте окклюзии.

В зависимости от характера взаимодействия облачная система фронта окклюзии может быть похожей или на систему теплого фронта (рис. 3.4), или на систему холодного фронта (рис. 3.5), но меньшую по своей протяженности.

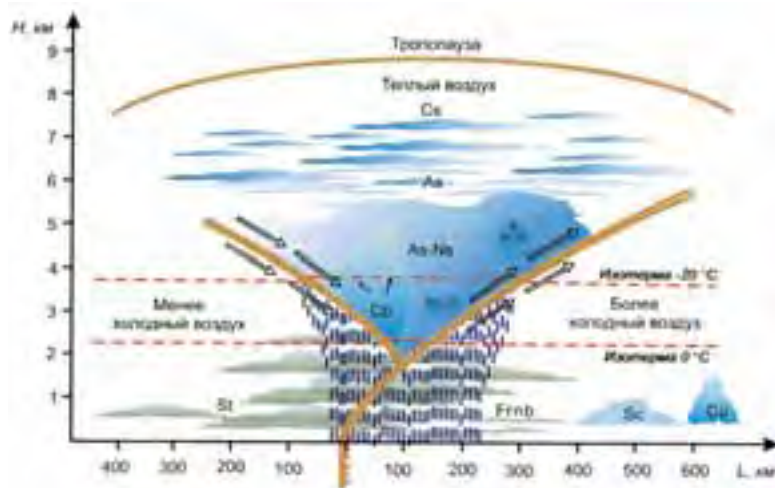


Рисунок 3.4 – Система облаков фронта окклюзии по типу теплого фронта.

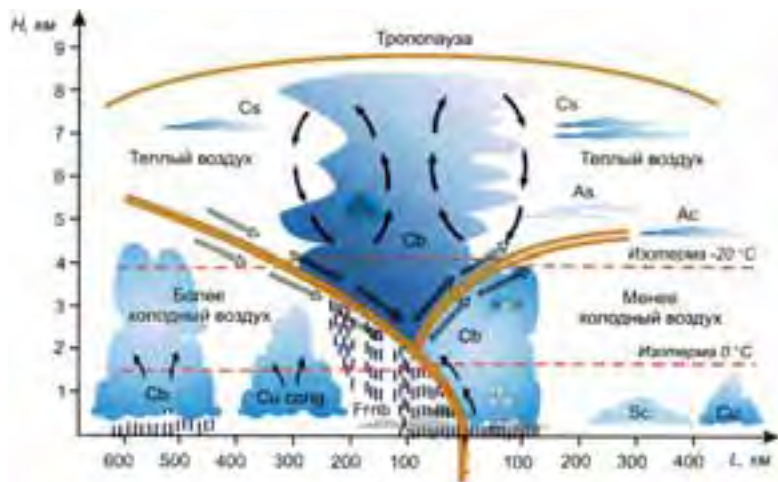


Рисунок 3.5 – Система облаков фронта окклюзии по типу холодного фронта.

Для облачной системы фронтов окклюзии характерно наибольшее по сравнению с системами облаков других фронтов разнообразие в чередовании форм облаков (основных и переходных). Характер облачности этих фронтов усложняется и под влиянием мезосистем, возникающих в условиях сложного процесса окклюдирования циклона.

### 3.2 Внутримассовые системы облаков

*Внутримассовые системы облаков* не связаны с атмосферными фронтами и с восходящим движением воздуха над какой-либо поверхностью раздела. Они образуются в результате взаи-

модействия воздушной массы непосредственно с подстилающей поверхностью или в результате адвекции облачных систем из таких барических образований, как циклоны и ложбины.

Характер облачности в таких системах определяется степенью устойчивости и влажности атмосферного воздуха, наличием или отсутствием слоев инверсий, тепловым состоянием подстилающей поверхности.

Существенную роль играет также характер вертикальных движений. В антициклонах, где преобладают нисходящие движения, часто наблюдается ясная погода или тонкие подынверсионные облака St, Sc, Ac. Приносимые сюда из циклонов и ложбин фронтальные облака под влиянием нисходящих потоков размываются и утончаются.

По признаку температурной стратификации среды различают системы устойчивых и неустойчивых воздушных масс.

Для *устойчивых воздушных масс* характерны волнистообразные (слоистые и слоисто-кучевые) облака, горизонтальная протяженность которых может достигать нескольких сотен, а иногда и тысяч километров. Большое значение имеет также радиационное выхолаживание верхней границы облачности.

В зависимости от влагосодержания воздуха, степени его устойчивости, а также длительности процесса выхолаживания образующиеся облака могут иметь различную высоту нижней границы и различную вертикальную мощност.

Для *неустойчивых воздушных масс* характерны конвективные (кучевые и кучево-дождевые) облака. Количество и мощность конвективных облаков в неустойчивой воздушной массе зависят от степени ее неустойчивости, влагосодержания воздуха, отсутствия или наличия инверсий, скорости конвективных движений. Конвективные облака неустойчивой воздушной массы имеют достаточно четкий суточный ход: минимальное количество облаков наблюдается ночью, максимальное – днем, в 15–16 ч. При значительной неустойчивости возникшие утром



Cu hum. развиваются и последовательно переходят в Cu cong. и Cb. Если неустойчивость воздушной массы невелика, Cu hum. в Cb не развиваются.

### 3.3 Стратосферные и мезосферные облака

#### 3.3.1 Перламутровые облака

Перламутровые облака представляют собой очень тонкие просвечивающие облака, образующиеся на высотах около 22–30 км (см. рис. 1 Введения). По форме они схожи с чечевицеобразными, нередко имеют радужную окраску, обусловленную дифракцией света на частицах облаков. Предполагают, что они состоят из мелких переохлажденных капель воды и кристаллов льда. В сумерках перламутровые облака бывают настолько яркими, что на земле предметы отбрасывают тень. Вечером по мере захода солнца за горизонт расцветка постепенно бледнеет, свечение исчезает. С наступлением утренних сумерек облака снова начинают светиться.

Наблюдаются крайне редко, преимущественно в горных странах зимой и в полярных широтах.

#### 3.3.2 Серебристые облака

Серебристые, или мезосферные, облака образуются в районе мезопаузы на высотах около 82 км (см. рис. 1 Введения). Похожи на перистые или перисто-слоистые облака очень тонкой нежной структуры. Отличаются большой яркостью, но полностью прозрачны. Звезды просвечивают сквозь них, не теряя яркости. Имеют характерный шелковистый отлив и голубовато-белый (серебристый) цвет.

Основные особенности наблюдений за серебристыми облаками заключаются в следующем:

а) наблюдаются только в течение сумерек (вечерних и утренних) при освещении их лучами солнца, погруженного под горизонт на угол до  $8^\circ$  (гражданские сумерки) и до  $18^\circ$  (астрономические сумерки). Вечером, с окончанием гражданских сумерек, серебристые облака могут быть видны не только в северной половине неба, где их и следует прежде всего искать, но и вблизи зенита и даже несколько южнее. По мере опускания солнца сегмент небесного свода, занятый видимыми серебристыми облаками, все больше и больше сокращается. При угле погружения солнца  $18^\circ$ , когда видны все доступные глазу звезды, серебристые облака могут наблюдаться только на севере вблизи горизонта. В утренние сумерки последовательность явлений обратная;

б) наблюдаются только в теплое время года;

в) в северном полушарии наблюдаются преимущественно в широтной зоне  $50\text{--}65^\circ$ , в южном полушарии отмечаются иногда в более низких широтах.

Выделяют 4 типа серебристых облаков.

1. Флёр – тонкая туманообразная пелена.

2. Полосы – размытые и резко очерченные наподобие тонких струй.

3. Валы (волны) – ряд резко очерченных параллельных коротких полос.

4. Завихрения – возникают во флёре, полосах и валах. Характерной особенностью серебристых облаков является довольно большая скорость их движения ( $40\text{--}80$  м/с).

Происхождение и микроструктура этих облаков не ясны. Предполагалось, что они состоят из вулканической пыли, однако оптические явления, типичные для вулканических облаков, при наблюдениях за серебристыми облаками не отмечались.

### 3.4 Эволюция форм облаков. Переходные формы и характерные сочетания

Внешний вид облаков настолько разнообразен, что даже самая подробная морфологическая классификация учитывает лишь относительно небольшое число существующих форм. В связи с этим каждое название облаков неизбежно распространяется на множество их состояний и для определения формы приходится учитывать несколько ее типичных признаков. Это обязывает техника-метеоролога изучить и использовать в работе подробные описания форм.

Каждое облако находится в процессе непрерывной эволюции, что еще больше усложняет определение его формы. В связи с непрерывной эволюцией все основные формы, виды и разновидности облаков, входящие в классификацию, не следует считать конечными продуктами развития. Это всего лишь наиболее характерные состояния облаков, часто повторяющиеся в процессе эволюции.

#### 3.4.1 Характеристика переходных форм

Все известные возможные изменения облаков основных форм в процессе эволюции, приведенные в табл. 3.1, позволяют описать *основные принципы эволюции*, которые необходимо учитывать в практике наблюдений. Они состоят в следующем.

1. В результате эволюции облаков исходной основной формы могут образоваться облака другой основной формы, т. е. определенная доля случаев с облаками основной формы может быть обусловлена эволюцией, а не процессом облакообразования. Так, облака Ci могут возникнуть вследствие эволюции облаков Cc или Cs, облака Ac могут образоваться при эволюции облаков Cc, As, Sc и даже Cu, и т. д.

Таблица 3.1 – Изменения основных форм облаков в процессе эволюции

Исходная форма облаков	Формы облаков, появляющиеся в процессе эволюции исходной формы									
	Ci	Cc	Cs	Ac	As	Sc	Si	Ns	Cu	Cb
Ci		+	+							
Cc	+		+	+						
Cs	+	+			+					
Ac		+			+	+			+	
As			+	+				+		
Sc				+			+	+	+	+
St						+		-	-	-
Ns					+	+	-		-	(+)
Cu				+		+	-	-		+
Cb	V	V	V	V	V	+	-	(+)	-	

Примечание. В таблице приняты следующие условные обозначения: + (плюс) – возможность указанного изменения формы, - (минус) – невозможность непосредственного изменения формы в пределах нижнего яруса, (+) – возможность изменения с образованием переходной формы, V – возможность образования облаков данной формы при распаде Cb.

Облака, возникшие в процессе эволюции, всегда сохраняют признаки своей «материнской» формы, и внимательный наблюдатель легко отличит их от облаков, возникших в результате процесса облакообразования. Исходная основная форма и форма, возникающая в результате ее эволюции, взаимозаменяемы. Например, если As могут переходить в Ac, то и, наоборот, Ac могут переходить в As.

Наибольшее разнообразие взаимных переходов характерно для облаков Sc, которые могут превращаться в облака пяти других основных форм и возникать из облаков каждой из этих пяти форм.

2. Облака верхнего и среднего ярусов любой формы могут в результате эволюции перейти в облака любой другой формы в пределах «своего» яруса. Однако возможности изменения форм облаков нижнего яруса уже ограничены, эволюция облаков здесь менее разнообразна, за исключением облаков Sc, которые могут переходить в любые другие облака данного яруса. Наименее подвержены эволюции St, имеющие наибольшее число невозможных («запретных») переходов в другие формы.

Эволюция в пределах одного и того же яруса происходит обычно быстро, в течение одного или нескольких часов, что обусловлено наличием мезо процессов относительно небольшого распространения.

3. В результате эволюции облака одного яруса могут перейти в другой. При этом вид облаков не меняется, т. е. кучевообразные остаются кучевообразными (например, Ac–Sc), а слоистообразные – слоистообразными (например, Cs–As). Такая эволюция происходит при переходе процесса облакообразования в более высокий или в более низкий слой, что характерно для условий взаимодействия фронтальных облачных систем.

4. При распаде облаков Cb появляется множество облаков других форм, более или менее напоминающих основную форму. Под влиянием общего процесса облакоразрушения (ослабления конвекции) они исчезают вскоре после появления.

Нарушение взаимных переходов Cu и Cb, отмеченное в табл. 3.1, связано с особенностью процесса перехода Cu в Cb. Этот переход является необратимым. Он приводит к столь значительным качественным изменениям начальной структуры облаков Cu, на базе которых развиваются Cb, что при распаде Cb первичные структурные образования уже не обнаруживаются.

Отмеченная в таблице смена одной формы облаков другой иногда может быть вызвана и общим перемещением облачной системы.

*Переходными формами облаков* называют промежуточные формы между какими-либо двумя основными. Число случаев (сроков наблюдений) с преобладанием переходных форм оказывается большим, оно составляет около половины общего числа переходов, и наблюдатели должны это учитывать.

Частая повторяемость переходных форм – результат разнообразной эволюции облаков, когда они на какое-то время теряют признаки прежней основной формы, не приобретая еще признаков новой формы. Если при этом учесть, что одинаковая эволюция всех облаков происходит только в условиях достаточно активного процесса, тогда как при малой его активности характер эволюции разных облаков может оказаться различным, то становится очевидным, насколько неопределенной может оказаться форма облаков. Наблюдатели нередко сталкиваются с таким видом облачного покрова, когда ни одна фотография в Атласе не отвечает в полной мере картине неба.

При наличии Cb, возникающих в слое Ns на теплом фронте, наблюдатель вообще не имеет возможности увидеть, какую часть небосвода занимают Cb.

Наличие переходных форм, этих промежуточных в морфологическом отношении объектов, делает наблюдения за формой облаков наиболее сложным видом метеорологических наблюдений. При этом наблюдатель, следуя описанию форм, может почти с одинаковым основанием отнести облака переходной формы к той или иной форме основных форм облаков, так как общих признаков для этого бывает достаточно.

Однако в оперативных телеграммах SYNOP для таких облаков должна указываться одна форма. В связи с этим в практике наблюдений используется двойная запись, например, Sc (Ns), причем первая форма, как более близкая к данной переходной форме, указывается в телеграмме.

### 3.4.2 Характерные сочетания форм облаков

*Облака верхнего яруса.* Все формы облаков этого яруса могут наблюдаться как в различных сочетаниях между собой, так и совместно с облаками среднего и нижнего ярусов.

Довольно часто, особенно при приближении фронтальной облачной системы, облака *Ci fib.*, увеличиваясь по количеству и постепенно закрывая все небо, сменяются *Cs*. В свою очередь, *Cs*, уплотняясь и снижаясь, сменяются *As*. Иногда слой *As* надвигается на фоне *Cs* самостоятельно, без видимой связи с последними. Возможны также ситуации, когда одновременно могут наблюдаться слой *Cs* и похожий на них слой нижележащих *As*.

В теплое время года *Ci sp.* часто сочетаются с грозовыми *Cb*. На ранней стадии образования, когда еще видна непосредственная связь перистых облаков с разрушающимися *Cb*, *Ci sp.* могут быть достаточно плотными, но постепенно становятся более разреженными.

Если связь перистых облаков с разрушающейся вершиной *Cb* очевидна и образовавшиеся перистые облака еще сохраняют очертания наковальни, то их принято считать грозовыми (послегрозовыми) — *Ci ing.* Иногда эта разновидность облаков образуется из еще не разрушающихся (развитых) *Cb inc.*, когда ветер на высотах «срывает» части наковальни.

В антициклонах, где преобладают внутримассовые системы облаков, облака верхнего яруса часто наблюдаются в сочетании с *Cu* и *Cb*.

*Облака среднего яруса.* Высококучевые облака могут наблюдаться одновременно с высокослоистыми или переходить в них и, наоборот, *As* могут образоваться из покрова *As* при его разрушении вследствие возникновения воздушных волн на уровне облачного слоя. Уплотняясь и понижаясь, *As* могут перейти в облака *Sc*, с которыми они имеют много общих черт.

*Облака нижнего яруса.* Слоисто-кучевые облака могут наблюдаться одновременно с высококучевыми. Ряд разновид-

ностей *Sc cir.* образуется при разрушении *Cu* или *Cb*. Однако и сами *Sc* при усиливающейся конвекции могут развиваться в кучевые облака, что особенно часто происходит с *Sc cast*. При приближении фронта *Sc* могут смениться *Ns*. Наоборот, при ослаблении процессов конденсации после прохождения облачной системы *Ns* могут перейти в *Sc*. При ослаблении волновых движений и наличии турбулентного перемешивания нижних слоев атмосферы и возникновении в них инверсий *Sc* могут перейти в *St*. Летом при интенсивном прогреве и развитии конвекции *St (St fr.)* могут преобразоваться в кучевые облака.

*Облака вертикального развития.* Кучевые облака, развиваясь, могут превратиться в кучево-дождевые. Иногда *Cu* и *Cb* наблюдаются одновременно. Весной и летом облака *Cu* могут наблюдаться на фоне любых других облаков, если эти облака не препятствуют прогреву поверхности земли и развитию дневной термической конвекции.

### 3.4.3 Особые виды облаков и состояний неба

Особые виды облаков и состояний неба приводятся в дополнение к описанным фотографиям видов и разновидностей облаков, составляющим основное содержание Атласа.

*Хаотический вид неба* характерен для грозового состояния неба, когда могут наблюдаться облака всех ярусов и почти всех форм, а одни и те же формы, кроме того, могут наблюдаться на разных высотах. С помощью таблиц для кодирования форм, видов и разновидностей облаков это состояние неба передать в полной мере невозможно, и поэтому оно кодируется особо.

Особым видом облаков верхнего или среднего яруса являются конденсационные (сублимационные) следы, образующиеся за самолетами.

Особый вид неба наблюдается при лесных (торфяных) пожарах и при наличии городского смога («неба не видно»).

### 3.5 Облака как местный признак погоды

По облакам во многих случаях можно судить не только об общем состоянии погоды в данный момент, но и о возможных ее изменениях в ближайшем будущем. Многие облака служат характерными показателями таких условий в атмосфере, при которых возникают определенные явления. Эти облака могут рассматриваться в качестве предвестников данных явлений погоды.

Так, для фронтальных систем наиболее характерны облака Cs, As, Ns, Ac и Cb, а для внутримассовых — Cu и системы St–Sc. Эти облака позволяют судить и о характере процесса облакообразования, и об ожидаемых изменениях погоды при смене воздушной массы.

Однако облака почти всех форм, которые обычно считаются фронтальными, могут наблюдаться и в однородных воздушных массах. В этих массах в результате мезомасштабных процессов возникают линии шквалов, грозовые очаги и зоны осадков. Даже такие облака, как Ns, не всегда могут служить признаком фронтального процесса; облака этой формы иногда возникают в результате радиационного охлаждения. Для оценки возможного изменения той или иной формы облаков целесообразно учитывать масштаб облачной системы, к которой вероятнее всего относятся облака данной формы.

Например, облака, находящиеся на переднем крае облачной системы теплого фронта, могут служить признаком таких явлений (дождь, метель и пр.), заблаговременность которых не менее одних суток, а иногда и несколько более. Однако, поскольку эволюция облачной системы может существенно измениться в течение суток, а отдельные участки ее могут оказаться под сильным влиянием мезопроцессов, такие признаки не следует считать достаточно надежными. Ограниченная часть небесного свода, доступная наблюдателю, не всегда позволяет получить

верное представление о развитии процесса на огромной территории для уточнения прогноза.

Заблаговременность признаков определяется масштабом процесса. Для макропроцессов характерна заблаговременность до суток и более, тогда как облака, связанные с мезосистемами, могут указывать на возможность определенных явлений с заблаговременностью всего лишь несколько часов и позволяют с большей определенностью оценить характер ожидаемых явлений (например, предусмотреть возможные явления в связи с приближением грозовых облаков).

Таким образом, полное отсутствие облаков верхнего и среднего ярусов может служить верным признаком удаленности от места наблюдений всяких фронтальных разделов между воздушными массами, а следовательно, и связанных с фронтами обложных или ливневых осадков.

Уверенную оценку масштаба облачной системы можно получить только на основе синоптического анализа (по синоптическим картам). Методика визуального обнаружения мезосистем с поверхности земли пока не разработана. Поэтому использование облаков как местных признаков погоды остается пока традиционным: типичная фронтальная или внутримассовая облачность и связанные с ней характерные явления и типичная дальнейшая эволюция процесса облакообразования. Что же касается наиболее частых нетипичных случаев эволюции, указывающих обычно на наличие мезопроцессов, то для их подробного изложения пока не имеется достаточных данных.

#### 3.5.1 Облака верхнего яруса

При натекании с одной стороны горизонта широкого фронта перистых или перисто-слоистых облаков и постепенном их уплотнении (особенно, если при этом непрерывно падает давле-

ние, усиливается ветер) в большинстве случаев можно с уверенностью предсказать появление более низких, плотных и мощных облаков. Они приносят обложные осадки, связанные с прохождением теплового фронта или фронта окклюзии по типу теплого, особенно сильные, если облака надвигаются с западной стороны горизонта.

Из разновидностей перистых облаков *Ci unc.* (когтевидные) с прямолинейными нитями, уплотняющиеся к горизонту, чаще всего служат признаком приближения теплового фронта и быстрого ухудшения погоды. Быстрое движение *Ci unc.* указывает на большую скорость перемещения фронта.

Быстро надвигающиеся длинные полосы высоких и тонких *Ci unc.*, *Ci vert.*, полосы *Cs* с четким краем, отдельные пятна тонких *Cc* (движение которых особенно заметно), перистые накопальные ряда высоких *Cb*, сильно растянутые ветром и сливающиеся в одну полосу, и быстрые изменения форм облаков — все это свидетельствует о наличии сильного струйного течения на высоте и о вероятности резкого изменения характера погоды.

Нередко на переднем крае облачной системы теплового фронта наблюдаются гряды *Ci—Cs*, отделенные от основного массива полосой ясного неба. Это наиболее частый случай нарушения типичного (непрерывного) распределения облачности в пространстве. После появления таких гряд можно ожидать типичную последовательность форм облачности системы теплового фронта.

Отдельные разбросанные по небу массы плотных облаков *Ci sp.* и *Ci ing.*, являющиеся остатками наковален *Cb*, обычно предвещают образование нового грозового очага, если имеет место значительная неустойчивость атмосферы.

### 3.5.2 Облака среднего яруса

Важным признаком будущих изменений погоды являются высокослоистые облака, которые обычно связаны с фронтами. Они часто образуются в результате снижения и уплотнения об-

лаков *Cs*. При этом высокослоистые облака сначала имеют вид *As trans.*, а затем уплотняются и переходят в *As op.*

Облака *As*, сменяющие *Cs*, и их дальнейшее уплотнение служат признаком скорого начала длительных обложных осадков (снега или дождя). Если *As* не снижаются и становятся похожими на переходную форму от *As op.* к *As op.*, то обложные осадки обычно бывают слабыми или вообще не наблюдаются.

В однородной воздушной массе облака среднего яруса могут предвещать появление такого мезомасштабного объекта, как линия шквала. Предвестниками линии шквала, достигающей полного развития в послеполуденные часы, являются малоподвижные *As cast.*, нередко вместе с *As lent.* Наблюдаются эти предвестники обычно в утренние часы.

Для линии шквала, образующейся на холодном фронте, характерны быстро движущиеся *As lent.*, с *Cc lent.*, а также переходные формы облаков от *As* к *Sc*.

### 3.5.3 Облака нижнего яруса

Признаками облачности теплового фронта служат ее постепенное снижение и уплотнение, начавшиеся осадки (сначала слабые, затем постепенно усиливающиеся) и появление *Frnb.*

Признаками, указывающими на наличие облачности холодного фронта (первого рода) в зависимости от сезона, служат: летом — переход *Cu* в *Sc*, постепенное уплотнение *Sc*, переход их в *Cb*, появление *Ns* и *Frnb*, переход ливневых осадков в обложные; зимой — уплотнение *Sc*, переход их в *Ns*, появление *Frnb*, осадки.

При наличии сплошных слоистых или слоисто-кучевых облаков, когда не видно вышележащих слоев, необходимо обращать внимание на освещенность и следить за общим изменением характера погоды. При уменьшении освещенности, а также при непрерывном устойчивом понижении давления, постепенном усилении ветра и повороте его влево (от северо-западного через

юг к юго-восточному) можно предполагать наличие фронтальной облачности и ожидать выпадения обложных осадков. При увеличении освещенности, а также при устойчивом повышении давления можно ожидать уменьшения облачности и общего улучшения погоды. Сплошной равномерный и низкий покров слоистых облаков при слабом ветре всегда является признаком установившейся на длительное время тихой, сравнительно теплой, влажной и пасмурной погоды.

### 3.5.4 Облака вертикального развития

Полное отсутствие кучевых облаков является признаком или очень слабого развития конвекции, или большой сухости воздуха.

Если кучевые облака появляются не с самого утра, а сравнительно поздно и развиваются слабо, имея вид *Cu hum.* или *Cu med.*, то это почти всегда является признаком устойчивой, умеренно теплой и умеренно влажной погоды.

Конвективные мезосистемы остаются внутримассовыми системами «хорошей» погоды и при относительно позднем развитии *Cu*. В такой мезосистеме облака *Cu* обычно переходят в *Cb*.

Если же кучевые облака появляются с раннего утра и быстро растут вверх и вширь, принимая форму *Cu cong.*, то в дальнейшем можно ожидать превращения их в кучево-дождевые облака и выпадения ливневых осадков.

Мощные *Cu cong.* и *Cb* почти всегда сопровождаются шквалами. Шквалы, связанные с *Cb*, бывают наиболее сильно выражены при штиле, так как при сильном ветре турбулентное перемешивание препятствует образованию упорядоченных вертикальных движений, необходимых для возникновения резко выраженного шквала.

Устойчивой внутримассовой погоде свойственны почти исключительно облака нижнего яруса – кучевые (преимущественно в теплое время года) или слоистые (преимущественно в холодное время года).

## 4 МЕСТНЫЕ ФОРМЫ ОБЛАКОВ

### 4.1 Облачность горных территорий

Особенности облачности горных территорий обусловлены влиянием рельефа на процессы переноса и трансформации воздуха. Они заключаются в следующем:

- в горах образуются особые, присущие только горным странам формы орографических облаков, а вид и строение других известных форм существенно меняются;
- облака в горных странах (областях) располагаются нередко ниже наблюдателя или на одном с ним уровне. Из-за этого их форма кажется иной, чем при наблюдениях снизу, с поверхности земли.

Особые формы облаков, типичные для горных стран. Во влажной воздушной массе облачность чаще наблюдается над более высокими горными областями, над хребтами и вершинами, чем над пониженными областями.

Подъем влажного воздуха по склонам гор, а также особый радиационный режим высоко расположенных склонов, особенно покрытых снегом, способствуют активной конденсации водяного пара, в результате чего иногда в течение целых месяцев высокие горы бывают закрыты облаками, тогда как в долинах наблюдается ясное небо.

Однако в сухой воздушной массе облачность над более высокими горными областями располагается примерно на такой же высоте над земной поверхностью, что и в долинах, и даже несколько выше.

При адвекции влажного воздуха образование облачных систем происходит главным образом на наветренных склонах хребтов. Облака приобретают форму *Cb* (нередко в сочетании с *Ns-As*) и развиваются вверх до больших высот, значительно выше гор.

В потоке, перетекающем через хребет, облака в результате нисходящих движений и как следствие адиабатического нагре-

вания воздуха на подветренной стороне горы исчезают. Довольно часто облачный массив с подветренной стороны приобретает вид длинного, вытянутого вдоль хребта вала, именуемого фёновым валом или фёновой стеной.

Типичные для теплого сезона года кучевые облака располагаются обычно над склонами, обращенными к солнцу. Над участками местности, где наблюдается особенно активная конвекция, облака приобретают вид высоких башен с узкими основаниями. Достигая стадии *Cu cong.*, облака начинают сливаться в крупные массы, после чего происходит формирование наковален и образование *Cb*.

Мощные слои *Ns* и других низких облаков в горных странах весьма неоднородны. Внутри таких слоев обнаруживаются участки различной плотности и даже безоблачные слои. Дальность видимости в них (горизонтальная и наклонная) быстро меняется. Фронтальные *Ns* часто сочетаются с *Cb*, из которых выпадают ливневые осадки.

Неоднородность облачных слоев обусловлена, по-видимому, сложным влиянием на проходящие облака различных особенностей орографии и подстилающей поверхности горных территорий.

К местным горным облакам относят *Ac lent.*, образующиеся в воздушных волнах, возникших с подветренной стороны горы. Длина этих волн, т. е. расстояние между отдельными валами или грядами чечевицеобразных облаков, достигает нескольких десятков километров. Облака *Ac lent.*, в отдельных случаях образуются в нескольких последовательно чередующихся параллельных гребнях волн, и тогда на подветренной стороне горы наблюдаются гряды облаков, вытянутые вдоль хребта. Эти гряды, как и отдельные чечевицеобразные облака, возникающие в гребнях волн за одиночными вершинами, длительное время сохраняют свое положение в пространстве, несмотря на сильный ветер. На краях этих облаков иногда бывает видна их волокни-

стая структура, указывающая на наличие сильных воздушных потоков внутри облака.

Нередко чечевицеобразные облака оказываются многослойными, при этом они имеют большую толщину. Кучевые облака, возникающие над вершинами, также сохраняются достаточно долго.

Типичными для горных районов облаками являются так называемые облачные флаги – туманные массы, как бы прикрепленные к вершинам гор или к краям утесов. Во влажном воздухе облачные флаги принимают кучевообразный вид и достигают в длину 1–2 км.

В горах наблюдаются также и другие местные образования в виде облачных взбросов и полос тумана на участках, где встречаются теплый долинный ветер и холодный горный ветер.

Своеобразие облаков, обусловленное особыми условиями наблюдений в горах. Условия наблюдения за облаками на горных станциях существенно иные, чем на равнинах. Так, облака нередко располагаются ниже наблюдателя горной станции, образуя так называемое облачное море. Обычно это облака *St* или *Sc*, заполняющие горные долины в вечерние, ночные или утренние часы и разрушающиеся с восходом солнца. Часто они располагаются под слоем инверсии температуры.

Слоистые облака группируются вначале в виде горизонтальных полос и обрывков вблизи горных склонов, затем они увеличиваются в размерах и занимают всю долину. Днем эти облака, если не разрушаются, приобретают кучевообразную форму.

## 4.2 Облачность полярных территорий

Территориальные особенности облачности и местные формы облаков характерны для полярных районов. Главными из них являются следующие.



1. Относительная влажность нижних слоев воздуха в полярных районах (в Арктике и Антарктике) близка к насыщению в течение всего года, несмотря на малую абсолютную влажность. Большая повторяемость мощных инверсий существенно ослабляет обмен воздуха, в связи с чем значительное количество влаги накапливается под инверсиями. Все это определяет преобладание слоистообразной облачности.

2. Низкое положение уровня конденсации обуславливает меньшую, чем в умеренных широтах, высоту облаков всех форм, а отрицательные температуры воздуха в течение большей части года – наличие смешанных облаков и переохлажденных туманов.

3. Высокая степень устойчивости более теплых воздушных масс, приходящих сюда из прилегающих районов, усиливается благодаря наличию в полярных регионах глубоких инверсий в слое до 1,5–2,5 км и более. Зимой инверсии возникают вследствие радиационного выхолаживания воздуха в антициклонах, летом – в результате таяния снега и льда.

Все это определяет большую горизонтальную протяженность облачных полей, достигающую порядка 1000 км, и большую продолжительность их существования. Частое образование нескольких инверсионных слоев в атмосфере обуславливает большую повторяемость многослойной облачности.

В Арктике, как и в более низких широтах, наблюдаются две основные группы облаков: фронтальные и внутримассовые. Облачные системы фронтов в Западном (Европейском) секторе Арктики формируются во влажных морских воздушных массах. Летом эти облака по размерам облачных элементов и по водности близки к облакам умеренных широт. Толщина облаков может достигать 6 км и более.

Облачные системы теплых фронтов могут существенно отличаться от аналогичных образований в умеренных широтах. Эти отличия заключаются в том, что фронтальная облачность

в Арктике часто бывает замаскирована слоистыми и слоисто-кучевыми облаками.

Приближение холодного фронта характеризуется в Арктике появлением не только чечевицеобразных перисто-кучевых и высококучевых облаков, но и чечевицеобразных слоисто-кучевых.

Преобладающими формами внутримассовых облаков в Арктике являются слоисто-кучевые и слоистые. Кучевые облака наблюдаются, хотя и редко, над побережьем или архипелагами.

В ночное время на границе лед–вода вследствие термической конвекции на высотах 200–600 м могут возникать слабо развитые по вертикали кучево-дождевые облака, дающие иногда ливневые осадки и сопровождающиеся шквалистым ветром.

Кучево-дождевые и мощные кучевые облака фронтального происхождения в арктическом бассейне по внешнему виду и характеру осадков мало чем отличаются от Cb и Cu cong. умеренных широт. Общим для всех фронтальных облаков в Арктике является процесс деградации (вырождения), обусловленный ослаблением контраста температуры на фронтах вследствие сильного влияния подстилающей поверхности.

Наиболее характерные облака теплых (устойчивых) масс (слоистые и слоисто-кучевые) наблюдаются в Арктике очень часто. Высота слоистых облаков здесь часто ниже 100–200 м. Слоистые облака большей частью плотные, «тяжелые», затягивают большую часть неба и сильно его затемняют.

В Арктике крайне трудно отличить слоистые облака от разорванно-слоистых и разорванно-кучевых, а также и от разорванно-дождевых.

В арктических районах слоистые облака наблюдаются в форме параллельных полос, низкого сплошного однородного покрова или прозрачной пелены (редко). Однако все они характеризуются малой вертикальной мощностью и, главное, малой водностью. Исключением являются районы Гренландского и Баренцева мо-

рей, где слоистые облака более плотные. Особенно типичны орографические слоистые облака, возникающие на наветренных склонах гор или холмов на отдельных островах. Они имеют иногда вид двух-, трех- и четырехслойного «пирога», кажущегося почти неподвижным. На подветренной стороне гор облачный покров вследствие нисходящего движения воздуха (фёна) частично распадается, а частично сохраняется в форме фёновой стены. При этом наблюдаются чечевицеобразные формы слоистых, слоисто-кучевых, высококучевых облаков.

При больших скоростях ветра, направленного перпендикулярно к горному хребту или к цепи холмов, на подветренной стороне препятствий возникает бора (сильный холодный и порывистый ветер, дующий с низких горных хребтов в сторону относительно теплого моря) и чечевицеобразные облака образуют гряды и валы, располагающиеся параллельно хребту.

Хлопьевидные, башенковидные и вообще кучевообразные высококучевые облака в Арктике встречаются редко вследствие малой повторяемости неустойчивой стратификации атмосферы, необходимой для их формирования,

В Западном секторе Арктики в теплую половину года высококучевые облака преимущественно капельно-жидкие, на что указывает явление иризации в них; в холодную же половину года они чаще всего состоят из ледяных кристаллов. В течение всего года и особенно зимой толщина высококучевых облаков мала.

Перистые и перисто-кучевые облака в Арктике, как и в Антарктике, имеют более тонкую структуру вследствие их малой толщины и малой водности.

### 4.3 Облачность над морскими акваториями

Особенности формирования и развития облаков над морями обусловлены различиями термовлажностных характеристик разных участков водной поверхности. С одной стороны, сущес-

твенно большее испарение с поверхности моря по сравнению с испарением с поверхности суши приводит к накоплению в приводном слое водяного пара, т. е. к повышению влажности прилегающих слоев воздуха и как следствие к понижению уровня конденсации и высоты нижней границы облаков. С другой стороны, ослабление конвективных движений над морем, связанное с увеличением устойчивости стратификации атмосферы, приводит к понижению высоты верхней границы облаков, что обуславливает меньшую развитость (толщину) облачного покрова, особенно облаков кучевообразных форм.

*Слоистые и слоисто-кучевые облака.* Над холодными морскими водами, на которые поступает более теплый воздух, образуются низкие слоистые и слоисто-кучевые облака, занимающие значительные площади. При слабом ветре такие облака опускаются до нескольких десятков метров, а иногда и до поверхности воды. При воздушных потоках с моря слоистая облачность выносятся на побережье и проникает на 5–10 км в глубь суши. Летом в дневное время слоистые облака над сушей либо рассеиваются, либо трансформируются в слоисто-кучевые. И наоборот, при переходе с суши на морскую поверхность слоистые облака зачастую переходят в слоисто-дождевые. При смещении слоисто-кучевых облаков с суши на морскую поверхность они в ряде случаев трансформируются в слоисто-кучевые вымеобразные (*Stratocumulus mammatus*). Высота их нижней границы при этом понижается.

*Кучевые и кучево-дождевые облака.* В холодный период при переходе с поверхности суши на более теплую поверхность моря водность этих облаков увеличивается и происходит снижение высоты их нижней границы. При поступлении холодного воздуха на более теплую водную поверхность над морем образуются *Cu hum.* и *Cu med.*, а при отсутствии низких задерживающих слоев развиваются *Cu cong.* и *Cb*, правда, без наковальни. Для каждой из этих форм облаков характерны относительно одинаковые структура и толщина (меньшая, чем над сушей), а также более низкое расположение. Поскольку суточный ход температуры во-

дной поверхности практически отсутствует, можно сделать заключение, что отмеченные формы облаков могут наблюдаться одинаково часто и днем и ночью.

Из-за низкого положения нижней границы кучево-дождевых облаков и отсутствия орографических препятствий грозы над морями часто сопровождаются возникновением смерчей.

*Бризовый пояс облаков.* Образование облаков над прибрежной частью моря в пределах бризовой зоны протекает под влиянием бризовой циркуляции. Ширина бризовой зоны в умеренных широтах составляет около 10 км (по устьям рек – до 30 км). Границей, отделяющей открытое море от бризовой зоны, является бризовый пояс облаков.

В умеренной зоне этот пояс по наблюдениям с берега имеет вид узкой непрерывной цепи слоистых и/или кучевых облаков, тянущейся над морем на расстоянии 15–20 км от берега. Ширина бризового пояса, в пределах которого облака расположены довольно хаотично, достигает 5 км. Для облаков бризового пояса характерно наличие узких столбов — взбросов, иногда грибовидных вершин, боковых наростов и других быстро меняющихся деталей.

Бризовый пояс возникает рано утром, вскоре после восхода солнца, как только над морским (дневным) бризом появляется антибризовый поток, направленный с суши на море.

С усилением морского бриза начинается разрушение облаков бризового пояса и более активное образование облаков над берегом. Нередко, однако, пояс облаков сохраняется в течение всего дня. На побережьях дальневосточных морей России в послеполуденные часы облака бризового пояса (разорванно-слоистых и слоистых форм) выносятся на берег и вследствие ночного понижения температуры воздуха нередко переходят в туман, что существенно ослабляет береговой (ночной) бриз.

В средних широтах облака бризового пояса достигают лишь стадии *Cu med.*, редко стадии *Cu cong.*, но они никогда не пере-

ходят в *Cb*. Над участком моря между бризовым поясом и берегом облака в условиях бризовой циркуляции не возникают.

При отсутствии бризовой циркуляции, например при прохождении фронта, различия в формах облаков над морем, прибрежной зоной и побережьем исчезают.

*Низкие кучево-дождевые плоские облака полярных и дальневосточных морей.* Для побережий полярных и дальневосточных морей, особенно в холодное время года при воздушных потоках с моря, характерны низкие кучево-дождевые плоские облака, которые не распространяются выше 1,5–2 км и не имеют признаков наковальни. Из таких *Cb* обычно выпадает кратковременный, но интенсивный ливневый снег или крупа (снежные «заряды»). Такими же «зарядами» в теплое время года выпадает мелкокапельный ливневый дождь.

Рассмотренные территориальные особенности облаков относятся к облакам нижнего яруса. Что же касается облаков среднего и особенно верхнего ярусов, то над морем они не имеют заметных особенностей.

Не наблюдается также форм облаков, которые являлись бы исключительно морскими.

## 5 АТМОСФЕРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

С динамикой и эволюцией облаков (поля облачности) связан ряд атмосферных явлений, представляющих несомненный интерес как для наблюдателя, так и для прогнозиста.

Наиболее характерными атмосферными явлениями, связанными с облаками, являются осадки различных видов и различного агрегатного состояния. Так, *обложные осадки* в течение всего года выпадают из *Ns* (а зимой и из *As*) облачной системы *Cs–As–Ns*, связанной с прохождением теплых фронтов, фрон-

тов окклюзии по типу теплого фронта и холодных фронтов первого рода. Характерной особенностью обложных осадков является значительная продолжительность их выпадения (12–24 ч, в отдельных случаях до нескольких суток) и относительно равномерное изменение их интенсивности. Значительные обложные осадки и увеличение барических градиентов при прохождении атмосферных фронтов зимой способствуют возникновению метелей, а при выпадении переохлажденного дождя может образоваться сильный гололед.

*Морозящие осадки* характерны для слоистых облаков, располагающихся в теплых секторах циклонов и малоградиентных барических полях. Они ухудшают метеорологическую дальность видимости на длительное время, особенно в холодное время года при адвекции морского теплого влажного воздуха на холодную подстилающую поверхность. С этим процессом часто связаны *адвективные туманы*, также отличающиеся большой интенсивностью и продолжительностью.

*Осадки ливневого характера* выпадают из Сб летом в виде крупнокапельного дождя, зимой – в виде ливневого снега. Отличаются большой интенсивностью, резким нарастанием ее и столь же резким ослаблением. Продолжительность ливневых осадков, как правило, не превышает 3–6 ч, в редких случаях может достигать 12–15 ч. При выпадении ливневого дождя часто наблюдается радуга.

При интенсивном развитии конвекции в теплое время года с кучево-дождевыми облаками связаны выпадение *града* и возникновение *грозы*, а в низких широтах – образование *смерчей* – интенсивных мелкомасштабных вихрей под облаками Сб, обладающих огромной разрушительной силой.

Нередки случаи, когда при малых значениях влажности нижних слоев воздуха осадки различных видов могут не достигать поверхности земли вследствие испарения. Тогда под основным слоем облаков видны их полосы падения.

С безоблачным (или малооблачным) состоянием неба связано образование *радиационных туманов* и *туманов испарения*. Радиационный туман возникает, как правило, в ночное или утреннее время при безоблачном (малооблачном) состоянии неба вследствие радиационного выхолаживания подстилающей поверхности. После восхода солнца поступающая солнечная радиация способствует рассеянию тумана, который при определенных условиях преобразуется в St fr.

Туманы испарения образуются при поступлении холодного воздуха на открытую более теплую поверхность воды. Холодный воздух очень быстро смешивается со сравнительно теплым влагонасыщенным слоем приводного воздуха, и образуется туман. В арктической зоне туманы возникают на определенном удалении от берега, характеризуются большой продолжительностью и распространяются на несколько сотен километров в сторону моря. Непосредственно у берега при ветре с суши туманы редки.

Чрезвычайно широк спектр оптических явлений в атмосфере, связанных с преломлением, отражением и дифракцией солнечного (лунного) света на взвешенных в воздухе либо падающих ледяных кристаллах. Кроме радуги часто наблюдается радужная окраска краев облаков и отдельных их участков (иризация). При наличии Cs часто наблюдается гало, при Ac – венцы.

## 6 КОСМИЧЕСКИЕ СНИМКИ ОБЛАЧНОСТИ

Одним из наиболее традиционных и важных направлений изучения атмосферы Земли из космоса является исследование глобальных и региональных полей облачности. Анализ получаемых данных показал, что закономерности формирования, эволюции и перемещения облачных образований, связанных с циклонами, атмосферными фронтами и внутримассовыми процессами, опре-

деленным образом проявляются в особенностях структуры и взаимного расположения облаков.

В процессе обработки (дешифрирования) спутниковых снимков облачности выявляются облачные образования, находящиеся на различных стадиях развития и состоящие из облаков разных форм, видов и разновидностей, что дает возможность использовать космические изображения (снимки) для уточнения и конкретизации облачной обстановки, полученной по данным наземной сети наблюдений.

Поступающая с метеорологических искусственных спутников Земли (МИСЗ) информация о состоянии облачного покрова применяется как в оперативной работе службы погоды при решении задач синоптического анализа и прогнозирования погодных условий, так и для климатического обобщения сезонно-широтных закономерностей распределения общего количества облачности и облаков различных форм.

## 6.1 Эволюция фронтальных облачных систем

При анализе и краткосрочном прогнозировании развития атмосферных процессов по серии последовательных снимков выявляются характерные признаки эволюции облачных структур и направления их перемещения.

Признаком активного фронтогенеза и формирования облачной полосы является возникновение перистых облаков, вытянутых в направлении ветровой зоны (рис. 6.1). В начальный момент облачность неплотная, сквозь нее просматриваются нижележащие облака слоистообразных и кучевообразных форм. В дальнейшем облачность уплотняется, формируется облачная полоса с резко очерченной границей со стороны холодного воздуха.

Размывание фронтальной облачной полосы происходит в том случае, когда ее передний край выгибается в направлении, об-

ратном движению фронта, и выглядит на снимке более четким и ровным.

## 6.2 Образование облачных вихрей

Признаком образования вихря на фронтальной облачной полосе является наличие в области волны плотной и яркой облачности, резко очерченной со стороны холодного воздуха и выгибающейся в сторону теплого воздуха (рис. 6.2).

Облачные вихри возникают там, где появляются изолированные компактные облака, напоминающие «шапку» Сb, край которой, обращенный в сторону холодного воздуха, выпуклый и резко очерчен.

В процессе окклюдирования циклона часто создается сложный рисунок облачного покрова, состоящего из нескольких облачных образований, соединенных друг с другом. Если облачная полоса теплого фронта смещается медленно, а точка окклюзии в соответствии с движением холодного фронта – быстро, то около нее последовательно образуются несколько частных облачных вихрей (рис. 6.3).

Активизация облачного вихря происходит в том случае, если в его систему поступает новая порция теплого влажного воздуха, что проявляется на снимках облачности в виде плотной перистой облачности.

Облачному вихрю может соответствовать циклон в средней тропосфере, в то время как у поверхности земли замкнутой циклонической циркуляции не наблюдается. Облачное поле, предшествующее образованию такого вихря, состоит из облаков слоистообразных и кучевообразных форм, накрытых пеленой перистых. Облака образуют отдельные изогнутые полосы Сb (рис. 6.4).

Вторичные облачные вихри формируются в тыловых частях циклонов из облаков кучевообразных форм (рис. 6.5).

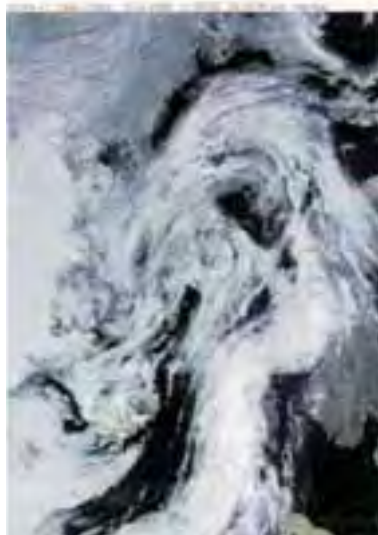


Рисунок 6.1 – Фронтальная облачная система имеет ярко выраженную спиралевидную структуру, сформированную под влиянием циклонической циркуляции воздуха. В средней части снимка хорошо прослеживается образование фронтальной волны, проявляющееся в появлении волнового изгиба. Как правило, этот процесс характерен для малоподвижных (стационарных) холодных фронтов.

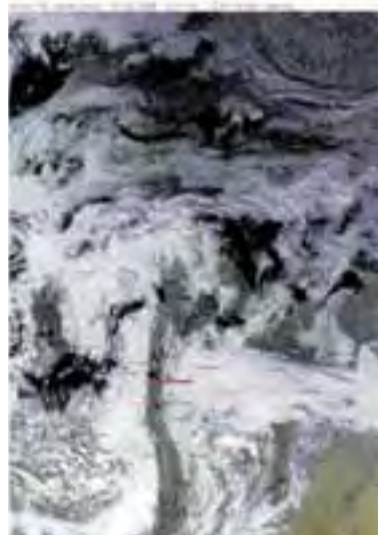


Рисунок 6.2 – Облачный вихрь молодого циклона состоит из двух спиралевидных облачных полос тепло и холодного фронтов, разделенных безоблачной прослойкой. На юго-восточной периферии циклона прослеживается облачный вихрь вторичного (частного) циклона, облачные спирали которого состоят из массива кучево-дождевых облаков.



Рисунок 6.3 – При благоприятных условиях в тропосфере образуются несколько молодых циклонов, связанных одной фронтальной системой. Такие циклоны достаточно подвижны и перемещаются по направлению потока в средней тропосфере.



Рисунок 6.4 – Система облаков заполняющегося циклона в целом сохраняет вихревую структуру, однако облачные спирали атмосферных фронтов состоят из отдельных облачных образований. Эта облачность представляет собой кучевообразные облака, хаотично разбросанные в области циклона. В тылу циклона прослеживаются облачные полосы вторичных холодных фронтов.



Рисунок 6.5 – Облачная система холодного фронта 2-го рода представляет собой довольно узкую (100–200 км) яркую сплошную полосу кучево-дождевых облаков. В предфронтальной зоне часто наблюдаются линии неустойчивости (линии шквалов), располагающиеся параллельно облачной полосе основного фронта и отделенные от нее безоблачной прослойкой шириной 50–100 км.



Рисунок 6.6 – По мере развития циклона облачная система связанных с ним атмосферных фронтов приобретает вполне характерные очертания. Она состоит преимущественно из слоистообразной облачности теплого фронта, кучево-образной облачности холодного фронта и облаков теплого сектора.

На периферии облачных вихрей могут формироваться волны, которые впоследствии отделяются от основного вихря. Эти волны, как правило, возникают на теплых атмосферных фронтах и имеют округлую или эллипсовидную форму с отчетливо выраженной полосной структурой (рис. 6.6).

### 6.3 Перемещение облачных систем и атмосферных фронтов

Исследование динамики облачных образований по серии последовательных снимков облачности представляется весьма важным при анализе облачной обстановки.

Облачный вихрь, имеющий спиралевидную структуру, перемещается вдоль вектора, направленного от центра безоблачной зоны к центру массива наиболее мощной облачности в пределах облачной спирали. Для оценки направления смещения облачного вихря следует использовать выбросы перистых облаков, которые указывают на направление перемещения облачного вихря (рис. 6.7).

Облачные вихри, связанные с южными циклонами (циклонами, смещающимися на север и северо-восток), перемещаются в направлении выпуклости шапки, форму которой обычно имеют Сb.

Облачная полоса теплого фронта имеет наибольшую горизонтальную протяженность (до 1000 км) на начальных стадиях развития циклона (до начала процесса окклюдирования) и состоит из облаков слоистых форм (рис. 6.8).

Облачная полоса холодного фронта выгибается в сторону теплого воздуха. Чем больше ее кривизна, тем быстрее облачная полоса смещается в направлении нормали, проведенной из центра безоблачной зафронтальной зоны к фронтальной облачной полосе. Если профиль облачной полосы меняется (умень-

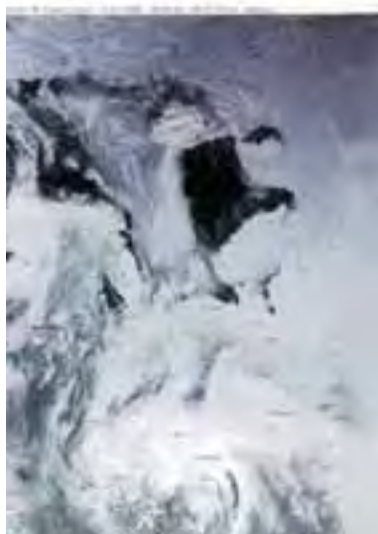


Рисунок 6.7 – Циклонический вихрь в стадии максимального развития имеет три облачные спирали, сходящиеся в одной точке. Они соответствуют теплому, холодному фронтам и фронту окклюзии и имеют большую яркость на снимке. По мере окклюдирования циклона облачная спираль фронта окклюзии удлиняется и плавно переходит в облачную спираль холодного фронта.



Рисунок 6.8 – В верхней части облачной системы теплого фронта расположены перисто-слоистые облака, имеющие большую яркость изображения. В передней части облачной полосы часто наблюдается выброс (шейф) перистых облаков, ориентированный по направлению воздушного потока. В окклюдированном циклоне облачная полоса теплого фронта сокращается и приобретает антициклонический изгиб.



Рисунок 6.9 – При неустойчивой стратификации воздушной массы за основным холодным фронтом наблюдается облачность вторичных холодных фронтов в виде прерывистых изогнутых гряд конвективных облаков. В зависимости от степени неустойчивости и влагосодержания холодного воздуха ширина облачных полос колеблется в пределах 50–100 км.



Рисунок 6.10 – Облачная полоса фронта окклюзии шириной около 250–300 км имеет спиралевидную форму. Передняя часть облачной полосы более размытая, чем тыловая, в которой могут образовываться гряды или скопления конвективных облаков. За основной облачной полосой видна темная спиралевидная полоса безоблачного неба. Точка окклюзии обычно располагается в самой широкой части облачной спирали.



шается кривизна или появляется выпуклость в сторону холодного воздуха), то на этом участке скорость движения облачной полосы снижается (рис. 6.9).

По облачности можно также определить направление перемещения фронта окклюзии, которое определяется на участке, где структура облачности в пределах облачной полосы и за фронтом более или менее однородна. Данный участок фронта движется вдоль вектора, перпендикулярного к фронтальной облачной полосе (рис. 6.10).

Таким образом, анализ космических снимков облачности позволяет уточнить и конкретизировать облачную обстановку, определенную по данным наземных наблюдений, а также получить обобщенную информацию об облачности на значительной территории.

## 7 РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СНИМКИ ОБЛАЧНОСТИ

Радиолокационные наблюдения за облачным покровом позволяют определить наличие и структуру системы облаков в радиусе до 200 км от места установки метеорологического радиолокатора (МРЛ). При этом с помощью МРЛ, фиксирующего отраженные сигналы от облаков (радиоэхо), можно получить данные о горизонтальной протяженности облачной системы, наличии зон с градом, грозой и ливнем в радиусе 150–200 км летом и 50–90 км зимой, а о мощных кучевых облаках без осадков – в радиусе 40–50 км и 10–20 км соответственно. Слоисто-дождевые облака МРЛ обнаруживает на расстоянии 90–120 км в летний период и 60–70 км зимой.

По данным вертикальных радиолокационных разрезов облаков, в частности по высоте радиоэха ( $H$ ) и отражаемости ( $Z$ ) облаков и осадков, можно судить о форме облаков, наличии или отсутствии осадков.

Материалы радиолокационных наблюдений показали, что мезомасштабные поля облаков имеют протяженность порядка 60–100 км и более, а продолжительность существования таких облаков составляет от нескольких до десяти часов.

Достоинством радиолокационных наблюдений является то, что они охватывают большую площадь, при необходимости могут проводиться непрерывно, содержат новые сведения не только об отдельных облаках, но и их системах.

Ниже приводятся типовые примеры радиолокационных снимков, характеризующие различные формы мезомасштабных полей облаков, полученных сотрудниками филиала ГГО – Научно-исследовательского центра дистанционного зондирования атмосферы (НИЦ ДЗА) в пос. Воейково (рис. 7.1–7.4).

Указанные снимки состоят из трех частей. В правой части этих снимков представлены результаты *объемных* горизонтальных разрезов облаков на индикаторе кругового обзора (ИКО). Эти данные получены метеорологическим радиолокатором типа МРЛ-5 во время непрерывного последовательного обзора пространства от угла места его антенны 0 до 30° или 60° в зависимости от расстояния до облаков. В этой же части рисунков маркером со стрелкой выделена зона облака (квадрат), в которой проведен вертикальный разрез. Результаты этого разреза показаны в средней левой части рисунков, а над ним (левая верхняя часть рисунка) в более крупном масштабе – зона облака, выделенная маркером в правой части рисунка.

Положение стрелки на ИКО всех рисунков указывает азимутальное направление данного вертикального обзора. Это направление можно изменять от 0 до 359°.

В левой нижней части рисунков приводится изменение отражаемости  $Z$  в зависимости от высоты радиоэха облака  $H$  (величина отражаемости  $\lg Z$  условно обозначена через  $N_b$ , откладывается по оси абсцисс; высота в километрах — по оси ординат).

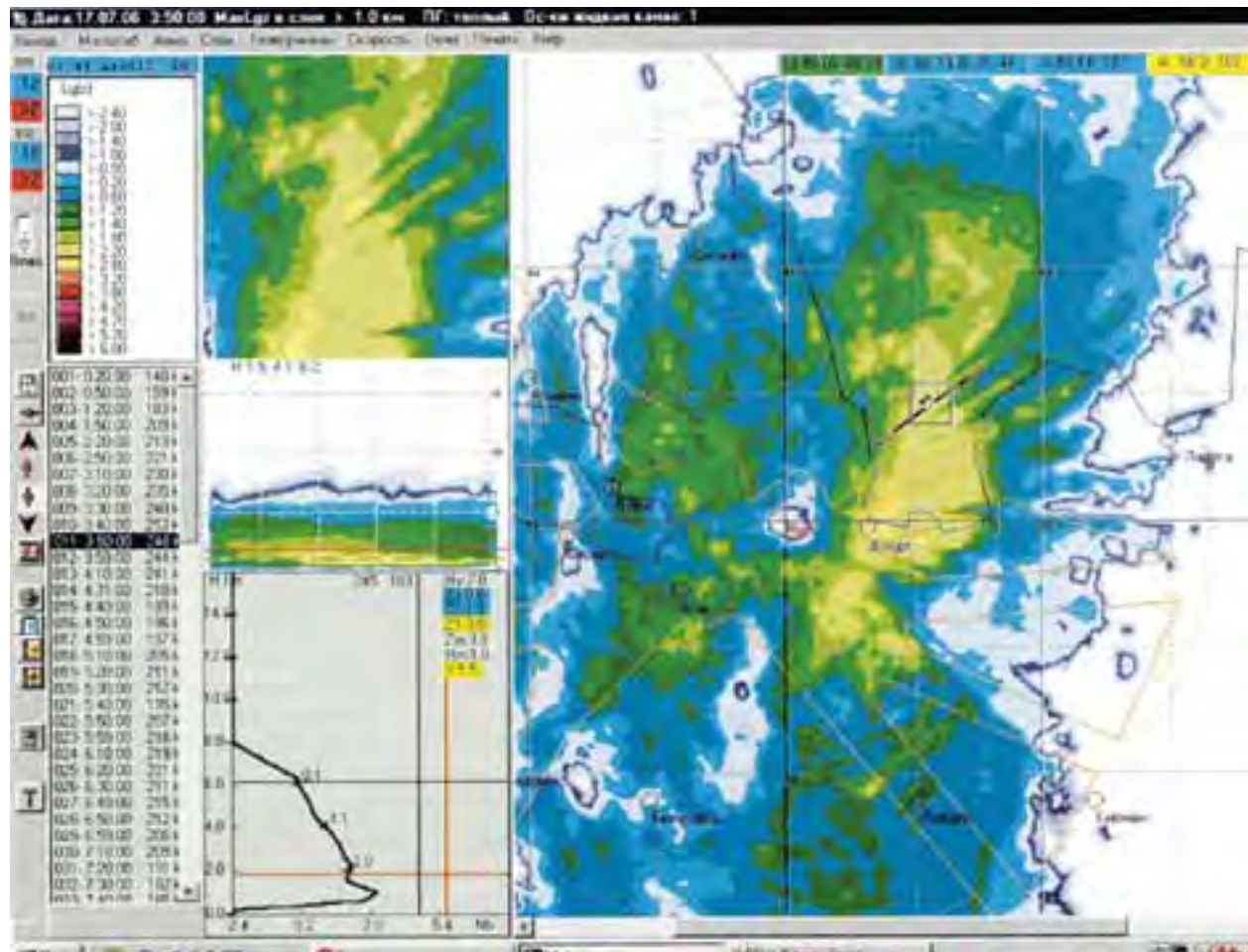


Рисунок 7.1 – Система облаков фронта окклюзии.  
 17.07.06. 03 ч 50 мин ВСВ.  
 Пунктирная линия, проходящая вблизи поселка Новая Ладога, удалена от МРЛ на 100 км.

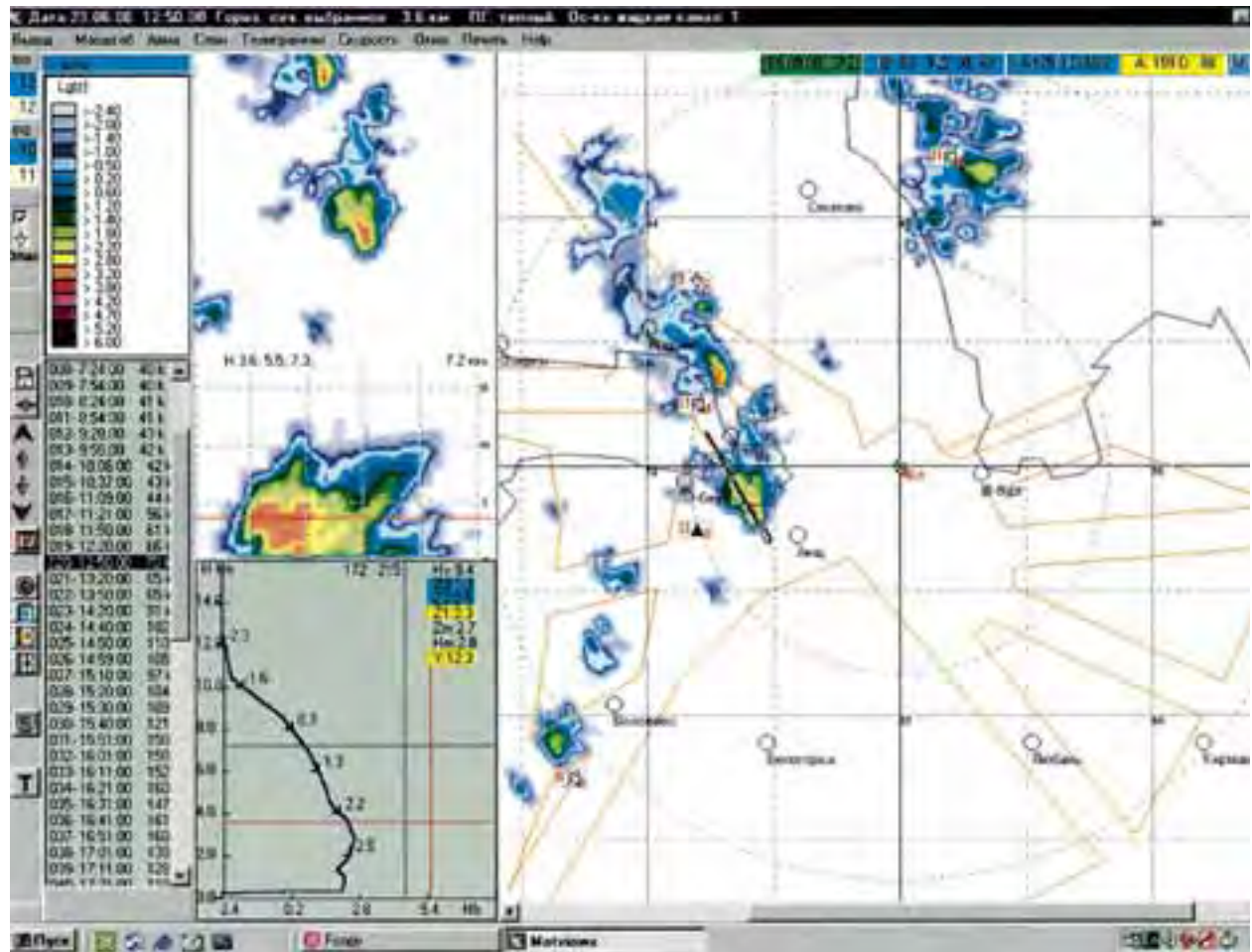


Рисунок 7.2 – Система облаков холодного фронта.  
23.06.06. 12 ч 50 мин ВСВ.  
Первое пунктирное кольцо – удаление 50 км, второе – 100 км.

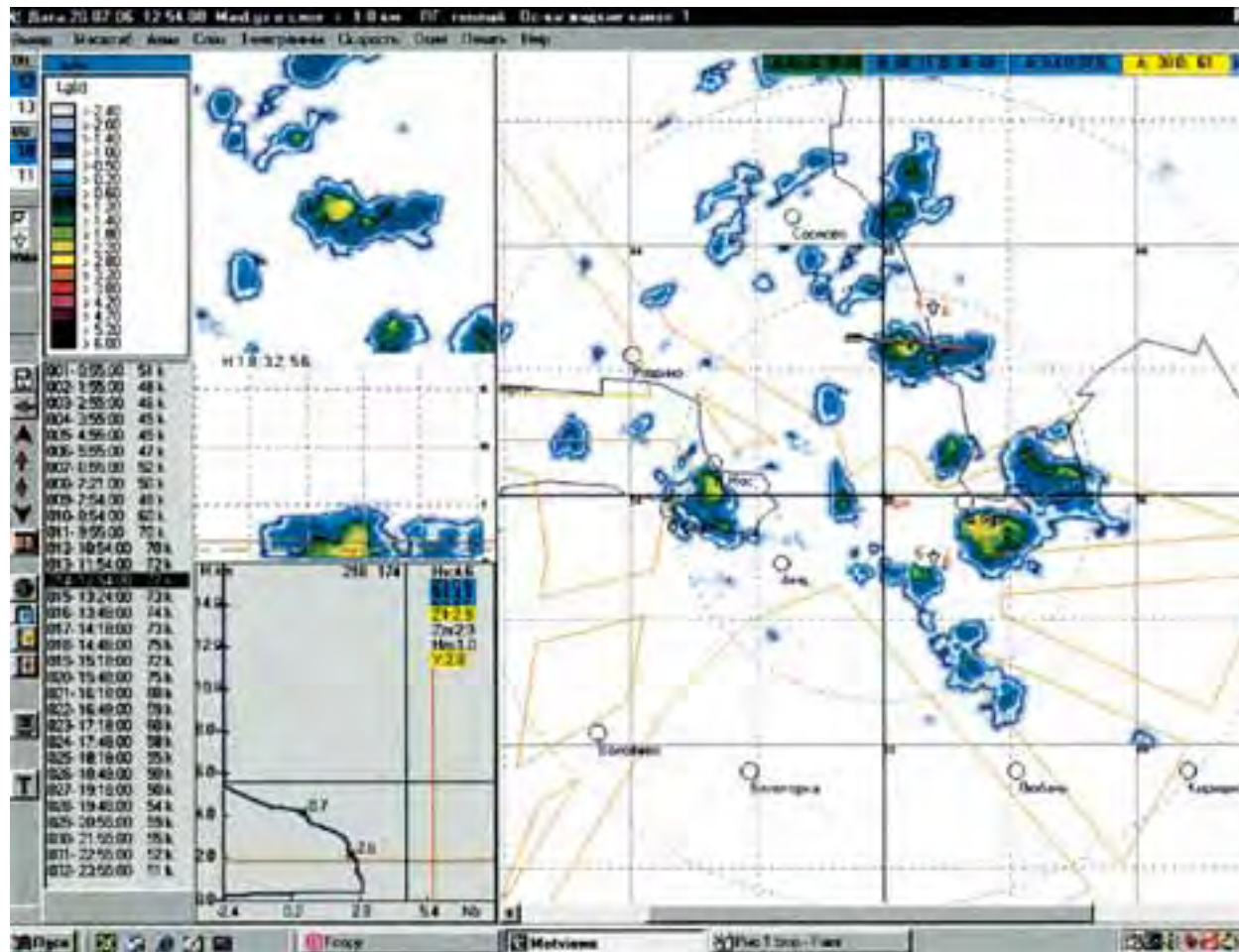


Рисунок 7.3 – Внутримассовые конвективные облака. 20.07.06. 12 ч 54 мин ВСВ. Первое пунктирное кольцо – удаление 50 км, второе – 100 км.

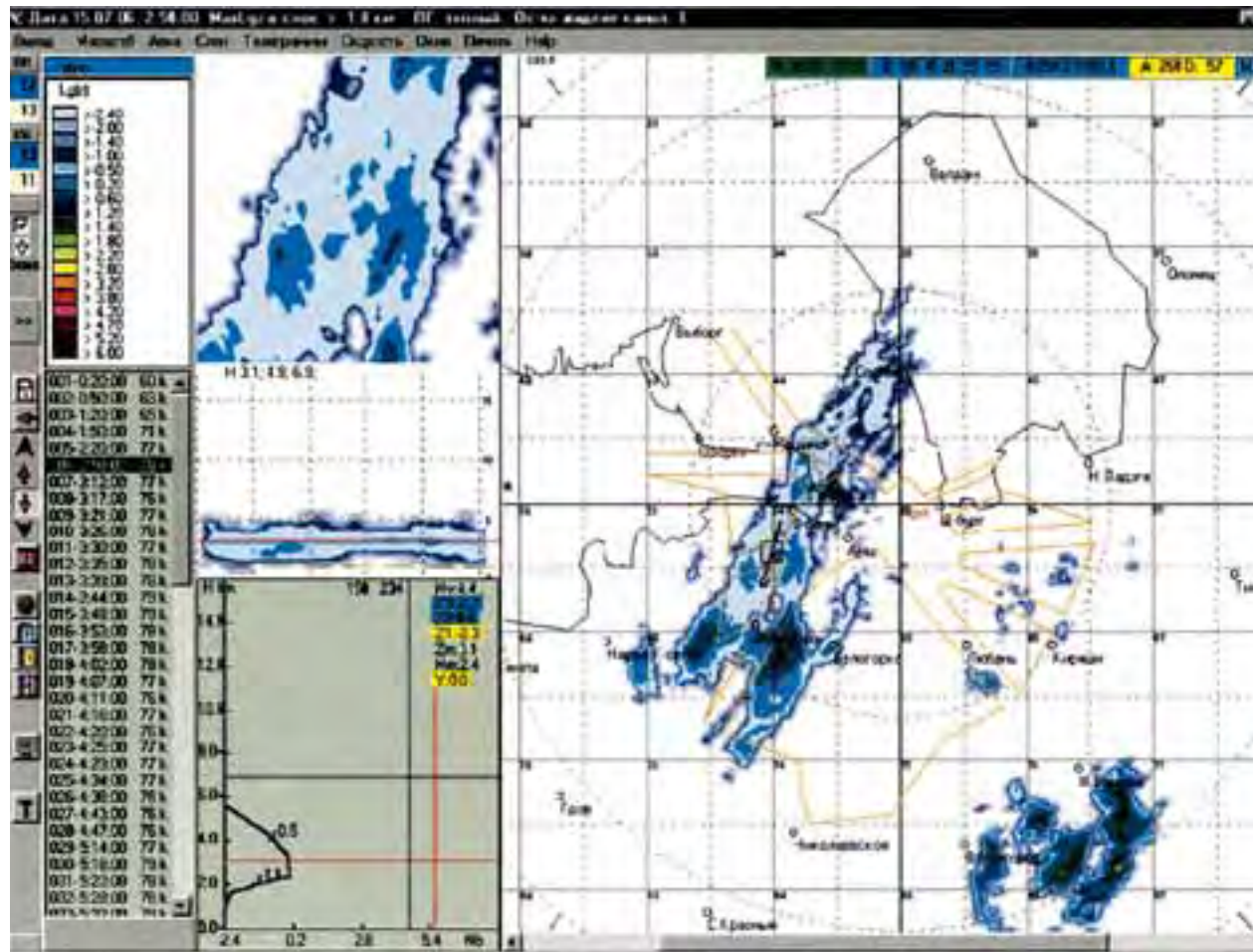


Рисунок 7.4 – Система слоистообразных облаков тепло-го фронта.  
 15.07.06. 2 ч 50 мин ВСВ.  
 Первое пунктирное кольцо – удаление 100 км, второе – 200 км.

Величина отражаемости облака  $Z$  зависит от числа капель и их диаметра в облучаемом МРЛ объеме облака. Здесь же показана красная горизонтальная линия, которая характеризует высоту изотермы  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , получаемой по данным радиозондирования атмосферы.

Слева от рисунков помещена таблица, в которой указаны номер каждого обзора МРЛ и время его проведения, а выше нее – градации  $\lg Z$  и соответствующие им цвета.

На рис. 7.1 показана облачная система фронта окклюзии – слоисто-дождевые облака, простирающиеся с севера на юг почти на 200 км, высота радиоэха которых достигала 8 км. Наличие радиоэха до земли в средней левой части рисунка свидетельствует о выпадении осадков из облака.

На рис. 7.2 представлены результаты объемного горизонтального обзора мезосистемы облаков холодного фронта, сменяющегося с ЮЗ на СВ, состоящей из отдельных очагов куче-

во-дождевых облаков. По азимуту  $260^{\circ}$  в обнаруженной системе наблюдалось развитие грозового облака, высота его верхней границы в 12 ч 50 мин всемирного скоординированного времени (ВСВ) была равна 12 км (на ИКО это облако помечено стрелкой).

На рис. 7.3 приводятся результаты наблюдений конвективных облаков до высоты 5 км. Из рисунка следует, что эта мезосистема облаков существенно отличается по структуре от фронтальной, приведенной на рис. 7.2. Характеризуется наличием изолированных ячеистых очагов облачности, что типично для внутримассовой конвективной облачности.

На рис. 7.4 представлены результаты наблюдений мезосистемы облаков теплого фронта, состоящей из слоистообразных облаков. Вертикальный разрез этих облаков показывает, что их высота не превышает 5,5 км, а изменение профиля отражаемости с высотой дает основание считать, что слабые осадки из этих облаков не достигают поверхности земли.

## СНИМКИ ОБЛАКОВ

---



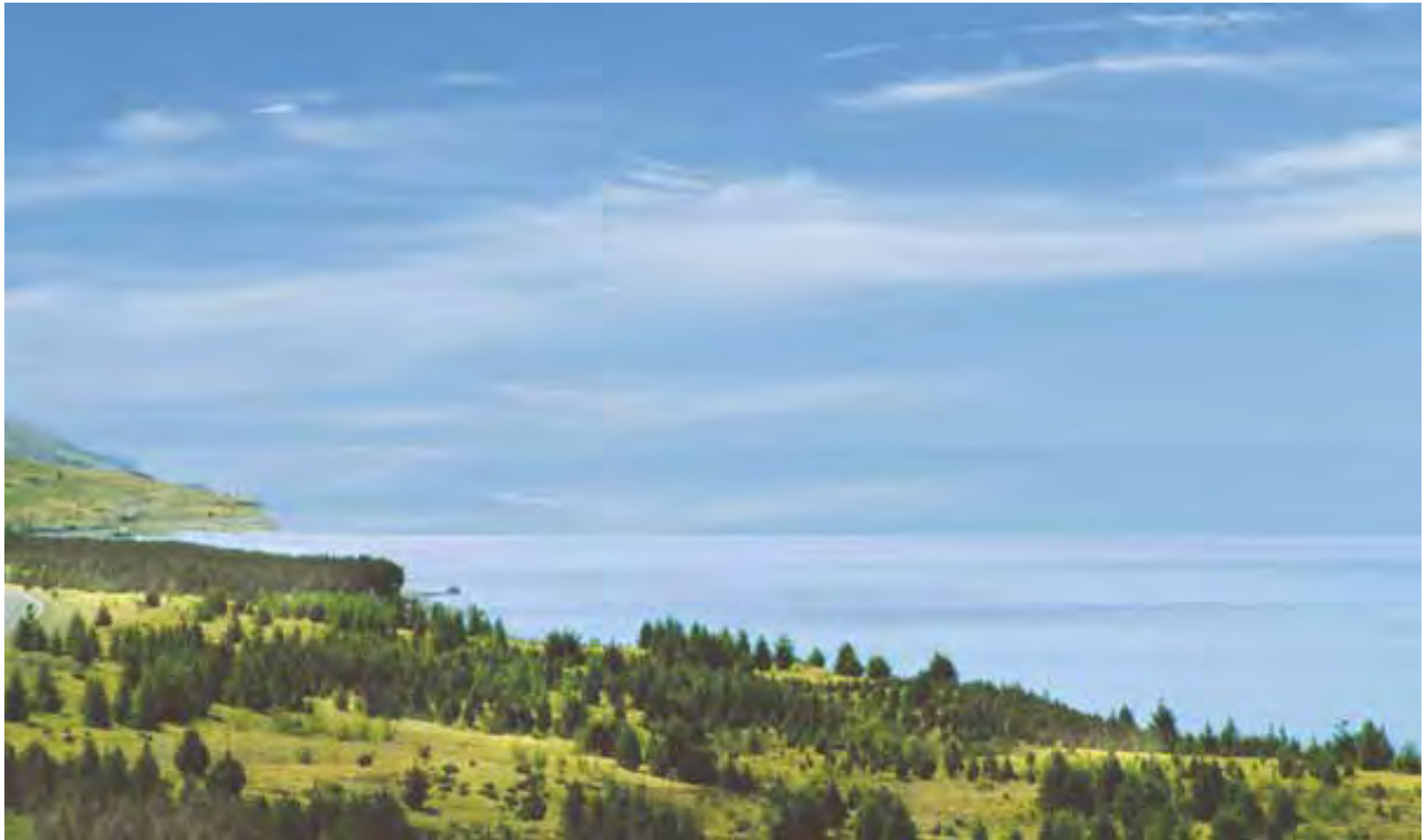
*Облака верхнего яруса представляют собой тонкие белые высоко расположенные облачные образования в виде волокнистого покрова, изогнутых «перьев», волн или прозрачной белой вуали, затягивающей небо. Состоят из ледяных кристаллов в форме игл, шестигранных столбиков или пластинок. Сквозь них хорошо просвечивают солнце и луна, вокруг которых иногда образуются цветные круги (гало). Освещенные солнцем, эти облака могут наблюдаться в сумерки в течение длительного времени. Легко отличаются от облаков среднего яруса по небольшой толщине и прозрачности, а также по отчетливому волокнистому строению. Не дают осадков, достигающих поверхности земли.*

*К облакам верхнего яруса относят три основные формы, часто сочетающиеся друг с другом: перистые (Ci), перисто-кучевые (Cc) и перисто-слоистые (Cs) облака.*



## А. ОБЛАКА ВЕРХНЕГО ЯРУСА

---



*Φωτο 1*



## 1. Перистые волокнистые – Cirrus fibratus (Ci fib.)



Облака нитеобразной или волокнистой структуры. Имеют вид широких прозрачных полос, занимающих более половины небосвода, либо вид волокон или нитей. Волокна или нити облаков могут располагаться более или менее параллельно (*а*), радиально (*б*) или в виде произвольно перепутанных клубков (*в* и *г*). Фото Н. Е. Веремея.

Φoto 2



## 2. Перистые когтевидные – Cirrus uncinus (Ci unc.)



*a*



*б*



*в*



*г*

Перистые облака в виде параллельных полос, имеющих на верхних концах наклонно вытянутые нити, увенчанные на одном конце плотными белыми комочками или коготками (*a*), либо в виде более или менее тонких волокнистых следов (*б*). В некоторых местах эти следы накладываются один на другой, образуя спутанную сеть (*в*). Наблюдается определенная тенденция к увеличению полосы облачности по мере приближения к горизонту, не имеющей, однако, коготков (*г*). *Фото Н. Е. Веремея.*

Φoto 3



### 3. Перистые хребтовидные – Cirrus vertebratus (Ci vert.)



*a*



*б*

Облако напоминает рыбий скелет, вдоль хребта которого располагаются хлопьевидные массы (*a*), более уплотненные в средней части; от хребта расходятся в обе стороны нити наподобие ребер (*б*). Ближе к горизонту может наблюдаться полоса облаков комкообразного строения, относящихся к более низкому ярусу – высококучевых (*в*), или почти однородная вуаль перисто-слоистых облаков (*г*).



*в*



*г*

Фото 4

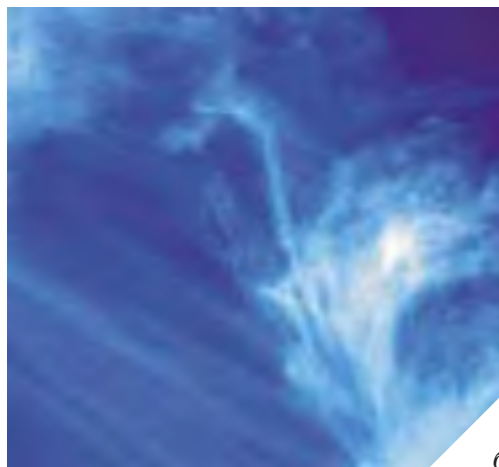




#### 4. Перистые перепутанные – Cirrus intortus (Ci int.)



*a*



*б*



*в*



*г*

Беспорядочно перепутанные волокна облаков, имеющие многочисленные белые уплотнения неправильной формы, загнутые произвольно (*a*), местами зигзагообразно (*б*). Волокна разбросаны по небу в виде клубков и пятен (*в*) или причудливо запутаны по всем направлениям (*г*), но не имеют вида крючков, не соединяются в гряды и полосы.

Φoto 5



## 5. Перистые плотные – *Cirrus spissatus* (Ci sp.)



*a*



*б*



*в*



*г*

Отдельные разбросанные по небосводу массы облаков с отчетливой волокнистой структурой, в целом ярко-белые (*a, б*), но в наиболее плотной части иногда имеющие тень. Расплывчатые части облаков напоминают пену (*в*) или плотные пятна (*г*). Фото Н. Е. Веремея.

Φoto 6



## 6. Перистые образовавшиеся из наковален кучево-дождевых облаков – *Cirrus incus-genitus* (Ci ing.)



*a*



*б*

Масса перистых облаков, являющихся остатками ледяных вершин наковален распадающихся кучево-дождевых облаков (Сb). Облака имеют тонкую и правильную структуру, довольно плотные, с собственными тенями (*a*). В отдельных частях облака видны расплывчатые (*б*) или кучевообразные массы, слегка клубящиеся (*в*), но сильно осевшие (*г*).



*в*



*г*

Φoto 7



## 7. Перистые хлопьевидные – Cirrus floccus (Ci floc.)



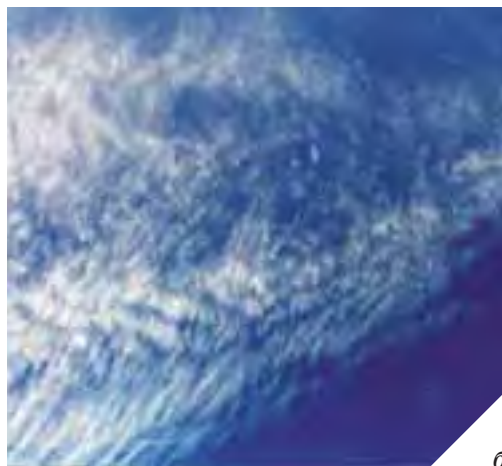
Перистые облака, уплотнения в которых имеют вид белых хлопьев (*a*). По внешнему виду сходны с *Ac floc.*, но расположены значительно выше и их хлопья, в отличие от *Ac floc.*, соединены с окружающими нитями (*б*). Сквозь них хорошо просвечивают солнце и луна. Хлопья могут иметь вытянутую форму, чередуются с безоблачными промежутками (*в*). При их слиянии образуются участки плотной облачности (*г*).

Φοτο 8





## 8. Перисто-кучевые волнистообразные – *Cirrocumulus undulatus* (Cc und.)



Тонкие облака, характеризующиеся наличием волн или мелкой ряби (*a*), составляющие элементы более или менее сгруппированы в ряды (*б*), кое-где разделены просветами (*в*) или сливаются в однородную массу (*г*).



Φoto 9



## 9. Перисто-кучевые чечевицеобразные – *Cirrocumulus lenticularis* (Cc lent.)



Вытянутые, с гладкой поверхностью отдельные облака, для которых характерны белизна, отсутствие теней (*a*) и наличие слабо округленных элементов (*б*), утончающихся к краям. В профиль облака напоминают веретено или чечевицу (*в*). Иногда в отдельных частях облака обнаруживаются признаки нитевидного строения или ряби (*г*).



*Φωτο 10*



## 10. Перисто-кучевые кучевообразные – *Cirrocumulus cumuliformis* (Cc cuf.)



Белые тонкие облака, наблюдающиеся в небольших количествах. Имеют вид мелких башенок (*a*) или хлопьев (*б*), разделенных просветами (*в*). Частично, особенно по краям, имеют волокнистое строение (*г*).



*Φoto 11*



## 11. Перисто-кучевые хлопьевидные – *Cirrocumulus floccus* (Cc flocc.)



*a*



*б*



*в*



*г*

Нежные белые облака, закрывающие значительную часть неба, имеющие вид мелких белых (*a*), часто полупрозрачных хлопьев или их скоплений (*б*), хаотически разбросанных по небу (*в*). Облака Cc иногда (особенно по краям) имеют волокнистое строение (*г*). *Фото Н. Е. Веремея.*

*Φoto 12*





## 12. Перисто-слоистые волокнистые – *Cirrostratus fibratus* (Cs fib.)



Тонкая, едва заметная белая либо голубоватая пелена или полосы однородной волокнистой структуры, нередко полностью покрывающие все небо (*a, б*). Главной особенностью этих облаков является их расположение в виде параллельных (*в*) или кажущихся сходящимися гряд (*г*). Сквозь облака хорошо просвечивают солнце и луна.



Φοτο 13



### 13. Перисто-слоистые туманообразные – *Cirrostratus nebulosus* (Cs neb.)



*a*



*б*



*в*



*г*

Тонкая довольно однородная (*a*), иногда плотная (*б*) белая или голубоватая пелена (*в*), не имеющая нитевидной или волокнистой структуры. В отдельных случаях обнаруживается только по наличию гало (*г*), которое и является признаком того, что это тонкий слой Cs neb.

*Облака среднего яруса представляют собой светло-серый, синевато-серый, иногда белый облачный массив в виде сплошной пелены, а также в виде волн (гряд), пластин или хлопьев, разделенных просветами голубого неба. От облаков верхнего яруса отличаются большей плотностью и большими видимыми размерами отдельных облачных элементов. В отличие от облаков нижнего яруса, имеют большую высоту основания и большую прозрачность. Состоят из переохлажденных капель воды или смеси переохлажденных капель воды с ледяными кристаллами и снежинками. Сквозь них солнце просвечивает слабо или вообще не просвечивает. Иногда могут давать осадки, достигающие поверхности земли (As).*

*К облакам среднего яруса относят две основные формы: высококучевые (Ac) и высокослоистые (As) облака.*

## Б. ОБЛАКА СРЕДНЕГО ЯРУСА

---



*Φoto 14*



#### 14. Высококучевые волнистообразные – *Altostratus undulatus* (Ac und.)



*a*



*б*

Облака, располагающиеся в виде облачных гряд (*a*), различной протяженности полос (*б*) или валов, кажущихся сходящимися у горизонта (*в*). Легко определяются по характерным очертаниям и светлой окраске (*г*). Правильно разбросанные элементы облаков, из которых состоят гряды, сравнительно невелики, чем они и отличаются от Sc.



*в*



*г*

*Φoto 15*





## 15. Высококучевые просвечивающие – *Alto cumulus translucidus* (Ac trans.)



Облака имеют вид волн, гряд, пластин, сливающихся к горизонту (*a*). Облачные элементы различных размеров и плотности – от полупрозрачных (*б*) до полностью затененных (*в*) – четко оконтурены яркой белой каймой, состоящей из ледяных кристаллов. При освещении солнцем края элементов приобретают перламутровый оттенок вследствие иризации. Слои облачности просвечивают, что позволяет определить местоположение солнца (*г*). В просветах между валами видно голубое небо, а волны могут иметь вид почти параллельных гряд (*е*).

*Φoto 16*



## 16. Высококучевые непросвечивающие – *Altostratus opacus* (Ac op.)



Сплошной слой облаков, на нижней поверхности которого различимы темные волнистые гряды или пластины (*a, б*). Между грядами облаков небо не просвечивает (*в*), и невозможно определить местоположение солнца. Облачные элементы небольшие, преимущественно обособленные, в нижней части слоя сливающиеся (*г*).  
*Фото Н. Е. Веремея.*



Φοτο 17



## 17. Высококучевые чечевицеобразные – *Altostratus lenticularis* (Ac lent.)



Вытянутые по горизонтали отдельные облака ослепительного белого цвета чечевицеобразной или сигарообразной формы (*a*), местами сливающиеся в группы (*б*). В этом случае их основания сильно затенены и облака кажутся перекрывающими друг друга (*в*). В облаках Ac lent. отчетливо видна характерная волокнистая кайма и деление на мелкие элементы (*г*). Облака, как правило, изолированные и не связанные с какой-либо другой массой облаков.

Ac lent. могут быть ориентированы по-разному в зависимости от направления воздушного потока на высоте их расположения.



*Φoto 18*



## 18. Высококучевые неоднородные – *Altostratus inhomogenus* (Ac inh.)



*a*



*б*



*в*



*г*

Неоднородная облачность в виде разбросанных обрывков высококучевых облаков (*a*), местами имеющих волнистое строение, но не образующих единого слоя (*б*). Между отдельными грядами обычно виден более высокий слой облаков (*в*). Иногда наблюдаются два слоя Ac inh. Более высокий слой представлен затененными грядами, однако достаточно тонкими. Более низкий слой состоит из разрозненных облаков, освещенные участки которых отчетливо выделяются на фоне облаков верхнего слоя (*г*).

*Φoto 19*





## 19. Высококучевые кучевообразные – *Altostratus cumuliformis* (Ac cuf.)



*a*



*б*



*в*



*г*

Обособленные (*a*) или слившиеся (*б*) массы серых облаков с признаками развития по вертикали (*в*), но, в отличие от Sc, хаотично расположенные по небу и не образующие хорошо выраженных волн, пластин и гряд (*г*).

Φωτο 20



## 20. Высокочучевые хлопьевидные – *Altostratus floccus* (Ac flocc.)



Тонкие, просвечивающие облака, состоящие из большого числа отдельных хлопьев неправильной формы (*a*). Облачные элементы светлосерого цвета с размытыми краями похожи на разорванно-кучевые облака (*б*). В большинстве случаев это облака с разорванными краями (*в*), однако некоторые из них имеют достаточно четкие контуры (*г*). Хлопья облаков сравнительно быстро меняют свои очертания.

*Φωτο 21*



## 21. Высококучевые башенковидные – *Altostratus castellanus* (Ac cast.)



*a*



*б*



*в*



*г*

Вытянутые гряды облаков белого (*a*), иногда (вечером) серого цвета (*б*), пересекающих небо (*в*). На верхних границах гряд видны башенки или небольшие купола, выделяющиеся своей белизной. Башенки быстро меняют свою форму (*г*). Иногда после появления утром Ac cast. скоро исчезают.

Φοτο 22



## 22. Высокочучевые образовавшиеся из кучевых – *Altostratus cumulogenitus* (*Ac cug.*)



*a*



*б*

Белые или серые кучевообразные облачные массы с плоскими сливающимися между собой краями (*a*). Обычно они представляют собой остатки конвективных облаков *Cu cong.* или *Cb*, вершины которых, достигнув уровня среднего яруса, растекаются (*б*). Эти облака характерны для хаотического состояния неба (*в*) и наблюдаются в сочетании с более низко расположенными *Sc* (*г*), также образовавшимися в результате распада конвективных облаков.



*в*



*г*

Φοτο 23





### 23. Высокочучевые с полосами падения (осадков) – *Altostratus virga* (*Ac vir.*)



*a*



*б*



*в*



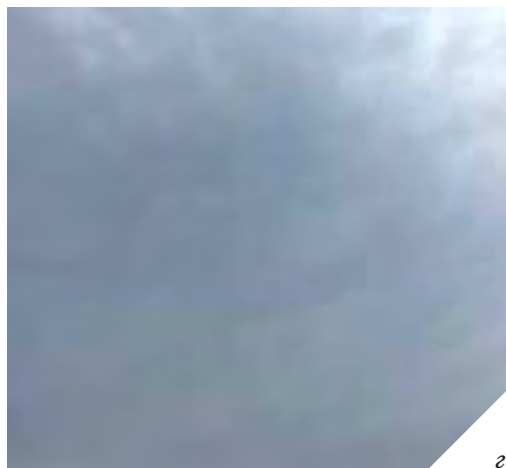
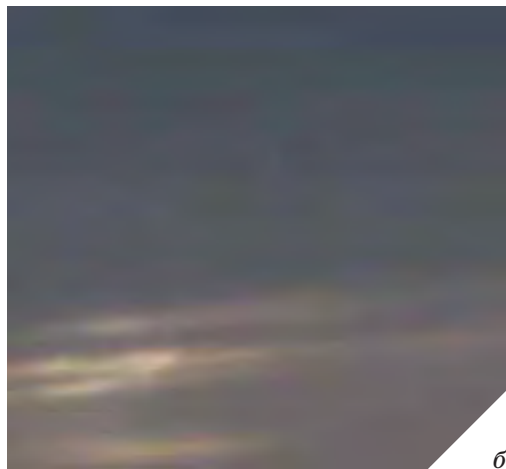
*г*

Облака серого цвета с различимыми отдельными элементами, не образующие сплошного покрова и не имеющие волокнистого строения (*a*). Отчетливо видны темные полосы падения осадков, направленные от облака наклонно или прямо вниз (*б, в*). По мере приближения к земле полосы загибаются вследствие неодинаковой скорости ветра на различных высотах (*г*).

*Φοτο 24*



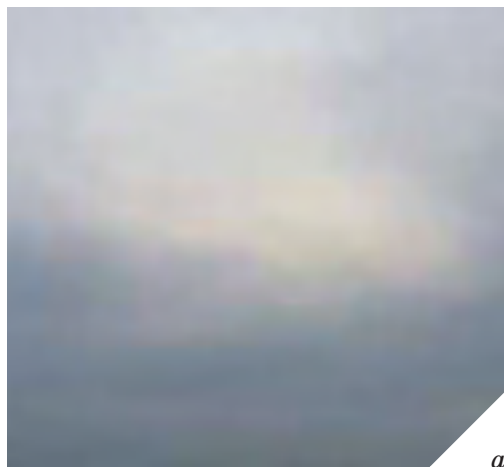
## 24. Высокослоистые туманообразные – *Altostratus nebulosus* (As neb.)



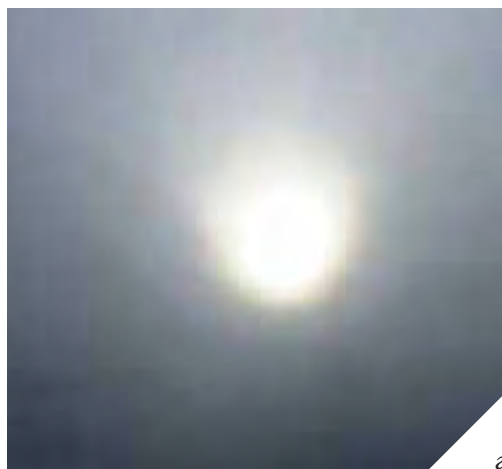
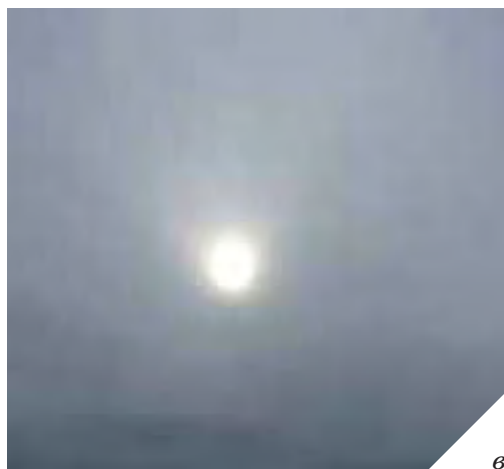
Сплошная однородная туманообразная, без каких-либо видимых структур пелена облаков в виде серого слоя без просветов (*a*), имеющего днем слегка голубоватый оттенок (*б*). Не расчленяется на отдельные пластины (*в*). Нижняя поверхность облаков, в отличие от St, обычно ровная. Облака имеют волокнистую структуру (*г*).  
*Фото Н. Е. Веремея.*



## 25. Высокослоистые туманообразные просвечивающие – *Altostratus nebulosus translucidus* (As neb. trans.)



Туманообразная пелена достаточно прозрачных облаков в виде тонкого слоя голубовато-серого цвета (*a*), волокнистой структуры (*б*). Сквозь эти облака солнце и луна просвечивают, как через матовое стекло (*в, г*). Облака напоминают Cs, однако имеют более серый цвет и расположены ниже. На земле иногда могут появляться слабые тени от предметов.



Φoto 26



## 26. Высокослоистые туманообразные непросвечивающие – *Altostratus nebulosus opacus* (As neb. op.)



Однородный плотный сероватый слой облаков, через который солнце и луна не просвечивают (*a, б*). Слой облаков имеет переменную плотность – облака местами светлее, местами темнее (*в*). Местоположение солнца и луны можно определить по расплывчатому светлomu пятну на облаке (*г*).

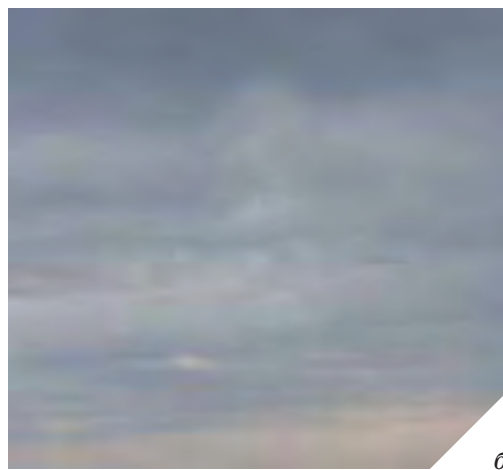


Φοτο 27





## 27. Высокослоистые туманообразные дающие осадки – *Altostratus nebulosus praecipitans* (As neb. pr.)



Слой светлых, сравнительно тонких облаков волокнистой структуры (*a-б*), из которых выпадают непрерывные или перемежающиеся осадки небольшой интенсивности (*г*), в летнее время нередко не достигающие поверхности земли.



Φoto 28



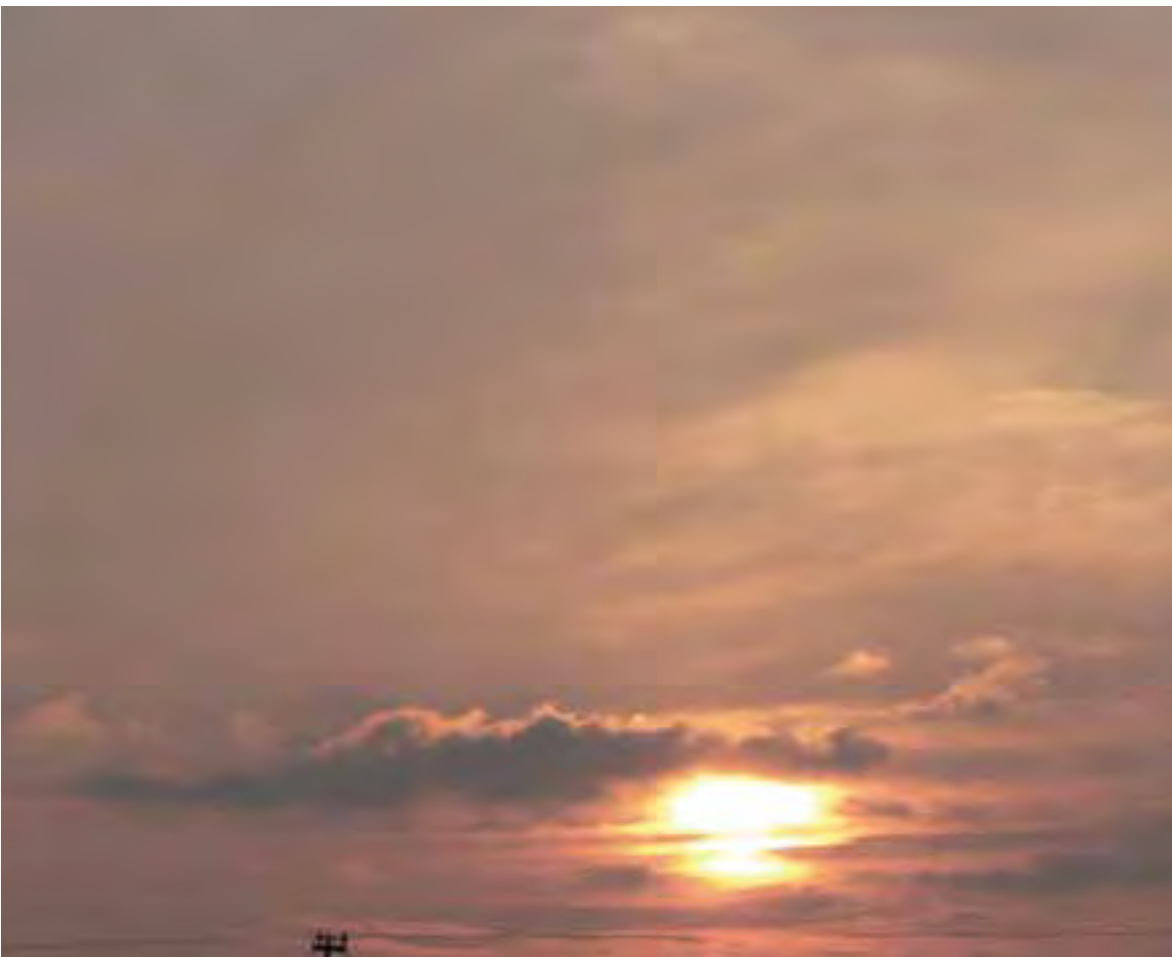
## 28. Высокослоистые волнистообразные – Altostratus undulatus (As und.)



Однородный сплошной темно-серый покров с четко прослеживающейся волнистой структурой (*a, б*), сквозь который солнце видно, как через матовое стекло (*в*). Часто оно видно только через разрывы более низкой облачности (*г*).



## 29. Высокослоистые волнистообразные просвечивающие – Altostratus undulatus translucidus (As und. trans.)

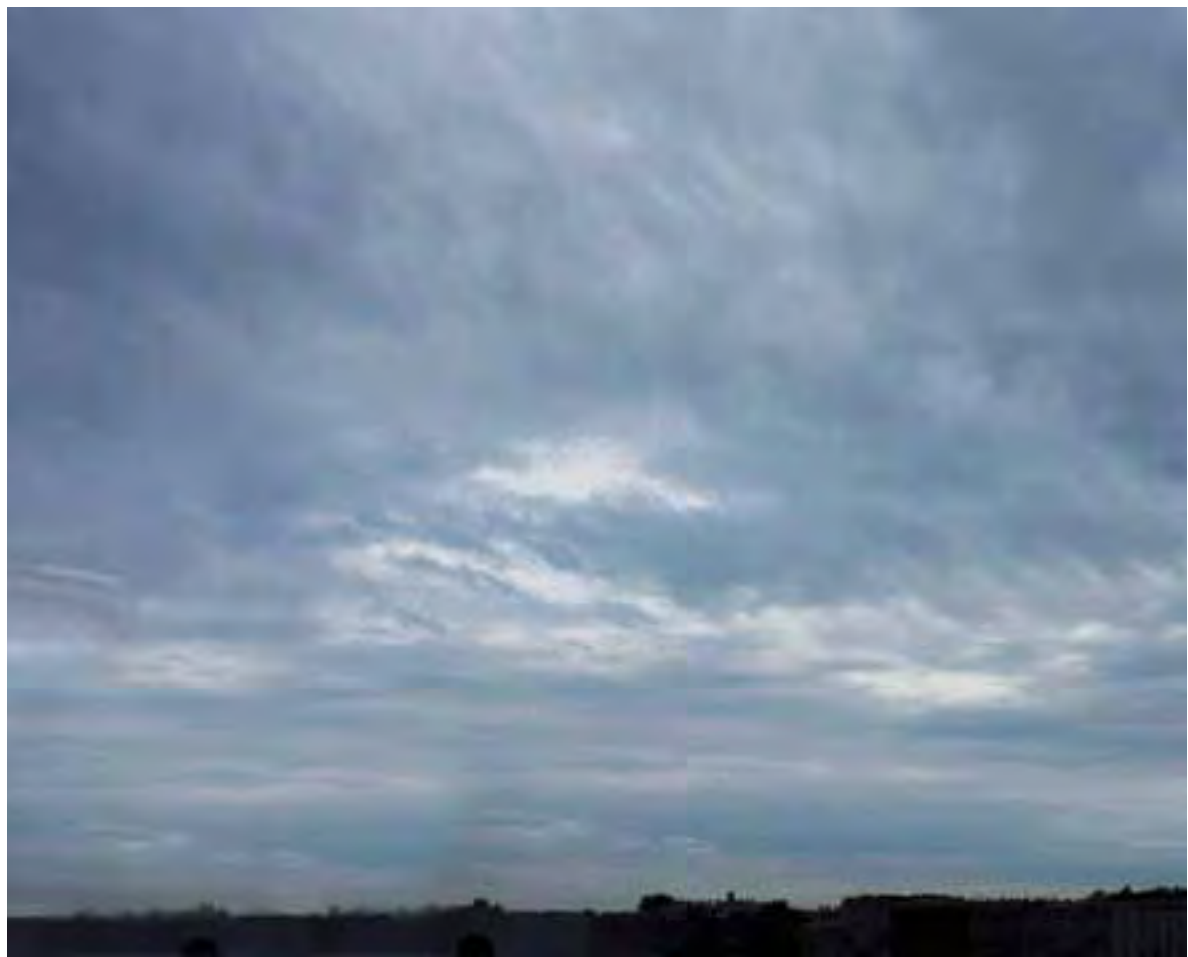


Серая или синеватая однородная пелена облаков, сквозь которую просвечивают солнце и луна. На нижней поверхности заметны слабо выраженные волны.

### 30. Высокослоистые волнистообразные непросвечивающие – *Altostratus undulatus opacus* (As und. op.)

---

Сероватый слой слегка волнистых облаков, имеющих характерный голубовато-серый оттенок. Слой настолько плотный, что солнце и луна не просвечивают, но их местоположение можно определить по расплывчатому светлomu пятну.



### 31. Высокослоистые волнистообразные дающие осадки – *Altostratus undulatus praecipitans* (As und. pr.)

---



Слой светлых тонких облаков As слегка волнистой структуры, из которых выпадают непрерывные или перемежающиеся осадки небольшой интенсивности, в летнее время нередко не достигающие поверхности земли.

## Повторяемость основных форм облаков

При определении форм облаков помощь может оказать знание закономерностей и распределения по территории. Результаты многолетних наблюдений за облачностью показывают, что почти на всей территории России преобладают Ci среди облаков верхнего яруса. Ac среди облаков среднего яруса и Sc или Ns среди облаков нижнего яруса. Суммарная совокупная повторяемость трех названных форм облаков, как правило, превышает 40 % или близка к ним. В отдельных районах азиатской части России (АЧР), в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке повторяемость Ci превышает 50 %, а в Забайкалье и Предбайкалье достигает 70 %. В европейской части России (ЕЧР) повторяемость Ci превышает 40 % в северной половине лишь на возвышенностях, а в южной половине повсеместно. Повторяемость Ac несколько меньше, чем Ci, и, как правило, лишь приближается к 40 %. Только в предгорьях Кавказа и на западных склонах Среднерусской, Приволжской возвышенностей и Южного Урала она больше 40 %. В АЧР значения повторяемости Ac, превышающие 40 %, отмечаются лишь на северо-западных склонах Саян и Енисейского кряжа. В большинстве районов ЕЧР Sc преобладают над другими облаками нижнего яруса — их повторяемость близка к 40 %. В АЧР повторяемость Sc сравнительно невелика, особенно в Восточной Сибири, в Предбайкалье и Забайкалье. Лишь на Камчатке и Чукотке повторяемость Sc близка к 40 %. Повторяемость всех остальных форм облаков значительно меньше и обычно не достигает за год 20 %.

Станция	Форма облаков										
	Ci	Cc	Cs	Ac	As	Cu	Cb	Sc	Ns	St	Frnb
<b>Европейская часть России</b>											
Москва	41	0,8	7	34	9	16	11	39	10	11	17
Курск	38	0,5	2	43	5	13	16	17	22	9	15
Казань	30	3	4	38	15	12	7	32	13	4	12
Оренбург	47	0,7	3	46	6	13	9	15	9	8	9
Сочи	39	6	11	49	4	10	31	35	2	1	11
Грозный	30	0	1	56	7	8	9	39	6	13	5
<b>Азиатская часть России</b>											
Екатеринбург	47	4	7	34	12	14	19	32	5	2	11
Байкит	38	0,6	27	23	14	11	22	0,7	34	3	8
Минусинск	54	2	5	42	38	14	13	0,1	8	2	1
Якутск	53	1	29	28	7	13	10	27	2	1	3
Верхоянск	59	0,1	30	43	10	9	4	17	3	1	2
Улан-Удэ	70	0,3	7	38	18	11	16	0,3	27	2	3
Владивосток	54	0,8	8	33	9	10	6	18	25	6	8

Примечание. Данные заимствованы из монографии «Климат России». — СПб.: Гидрометеоздат, 2001, с. 358.

*Облака нижнего яруса имеют вид низких серых неоднородных гряд (волн) и валов или однородной пелены, закрывающей небо сплошным покровом. Их основания часто размыты и имеют неправильное разорванно-клочковатое строение без четких очертаний. От облаков среднего яруса отличаются меньшей высотой, большими размерами облачных массивов и большей плотностью. Имеют капельно-жидкое строение, а при отрицательных температурах состоят из переохлажденных капель или их смеси с ледяными кристаллами. Сквозь них не просвечивает солнце или иногда слабо просвечивает через их тонкие края. Часто дают длительные обложные (Ns), морозящие (St) и слабые непродолжительные обложные (Sc) осадки.*

*К облакам нижнего яруса относят три основные формы: слоисто-кучевые (Sc), слоистые (St) и слоисто-дождевые (Ns) облака.*



## В. ОБЛАКА НИЖНЕГО ЯРУСА

---



Φoto 32



## 32. Слоисто-кучевые волнистообразные – *Stratocumulus undulatus* (Sc und.)



*a*



*б*



*в*



*г*

Сплошной облачный покров, состоящий из крупных гряд (валов), образующих волнистообразную поверхность. Гряды (валы) облаков расположены в виде параллельных образований (*a*), которые могут сливаться между собой, образуя сплошной облачный покров (*б*), или могут быть разделены небольшими просветами (*в*). Облачный покров может быть либо сравнительно небольшой плотности, так что солнце или луна просвечивают в виде матового пятна (*в*), либо облака образуют плотную пелену, сквозь которую солнце не просвечивает (*г*).

Φoto 33



### 33. Слоисто-кучевые просвечивающие – *Stratocumulus translucidus* (Sc trans.)

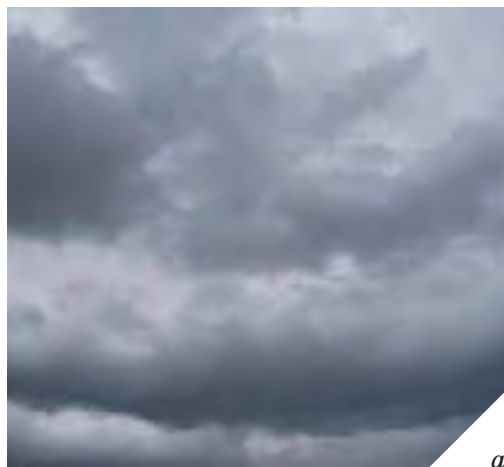


Упорядоченно расположенные облака с элементами неправильной формы (гряды, пластины или глыбы) (*a*), которые намного крупнее элементов похожих на них *Ac trans.*; располагаются неплотно, не сливаясь друг с другом (*б*). Очертания отдельных облаков размыты, цвет их дымчато-серый. Многочисленные мелкие белые элементы тоже относятся к *Sc*, так как расположены на одном уровне с крупными. В просветах между элементами может быть видно голубое небо или облака среднего и верхнего ярусов (*в*). Тонкая часть слоя *Sc* состоит из больших плоских неправильной формы элементов и достаточно просвечивает, что позволяет определить местоположение солнца (*г*).

Φoto 34



### 34. Слоисто-кучевые непросвечивающие – *Stratocumulus opacus* (Sc op.)



Плотный, без разрывов облачный слой темно-серых облаков, состоящий из глыб или пластин неволокнуистой структуры, сливающихся своими краями (*a, б*). Местоположение солнца определить невозможно. В основном облака вытянуты вдоль горизонта и имеют вид волн (*в*). Может наблюдаться также поперечная система волн в виде длинных темных полос или валов, как бы сходящихся у горизонта (*г*).



Φoto 35





### 35. Слоисто-кучевые чечевицеобразные – *Stratocumulus lenticularis* (Sc lent.)



Отдельные достаточно плоские, вытянутые в длину облака с гладкими очертаниями (*а, б*), расположенные сравнительно невысоко (*в*). Образуются из дневных конвективных облаков (*г*). Наиболее часто наблюдаются в полярных районах или у крутых подветренных склонов возвышенностей и гор.

Фото 36



### 36. Слоисто-кучевые кучевообразные – *Stratocumulus cumuliformis* (Sc cuf.)



Облака, образовавшиеся в результате растекания вершин кучевых облаков *Cu med.* или *Cu cong.* (*a*). Расположены в виде вытянутых гряд (*б*). Облачные элементы неплотные, с просветами, достаточно больших размеров, развитые по вертикали и разбросанные (*в, г*).





### 37. Слоисто-кучевые башенковидные – *Stratocumulus castellanus* (Sc cast.)



*a*



*б*



*в*



*г*

Облачный покров в виде отдельных гряд, из которых вырастают вверх многочисленные башенки (*a, б*) с мощными закругленными вершинами (*в*). Они сходны с кучевыми облаками, но отличаются от них тем, что представляют собой не отдельные облака, а некоторый слой, из которого растут башенки. Эти облака типичны для предгрозового состояния неба. При дневном развитии (*г*) Sc cast. могут превращаться в Cu cong.

Фото 38



### 38. Слоисто-кучевые растекающиеся дневные – *Stratocumulus diurnalis* (Sc diur.)



Образуются в дневное время из кучевых облаков при наличии задерживающего слоя (*a, б*), вследствие чего происходит их постепенное растекание (*в*). В начальной стадии образования этих облаков отдельные вершины *Cu cong.* могут выступать из слоя *Sc diur.* (*г*).

Φoto 39





### 39. Слоисто-кучевые растекающиеся вечерние – *Stratocumulus vesperalis* (*Sc vesp.*)



Образуются вечером в связи с ослаблением конвекции, в результате чего вершины кучевых облаков оседают, а основания растекаются и становятся плоскими. *Sc vesp.* имеют вид плоских удлиненных темных гряд (*a, б*) и неоднородную с просветами структуру (*в*), через которые видно солнце (*г*).



Φoto 40



#### 40. Слоисто-кучевые вымеобразные – *Stratocumulus mammatus* (Sc mam.)



*a*



*б*

Имеют серовато-белый цвет на фоне окружающего облачного неба. Покрывают большую часть неба. Облака довольно большие, плотные, округленные (*a* и *б*). Солнце сквозь них не просвечивает. Некоторые облака, выпуклые вниз, напоминают по форме вымя (*в* и *г*).



*в*



*г*

#### 41. Слоистые туманообразные – *Stratus nebulosus* (St neb.)

---

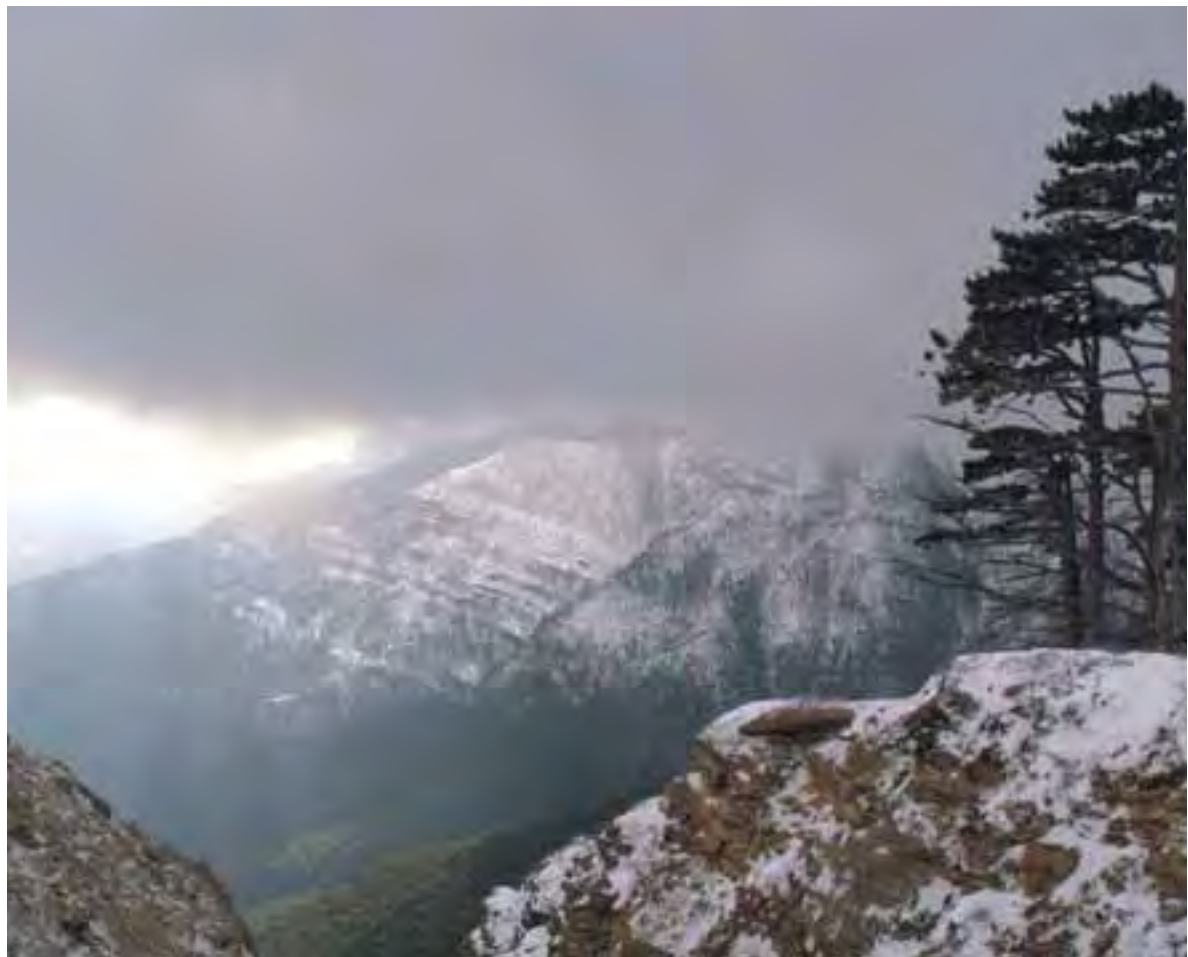


Лишенная структуры однородная тонкая полупрозрачная пелена облаков серого или желтовато-серого цвета с очень неровной нижней границей, местами более плотная, местами просвечивающая. Высоту нижней границы облаков определить часто затруднительно в связи с наличием подоблачной дымки.

## 42. Слоистые волнистообразные – *Stratus undulatus* (St und.)

---

St und. практически не отличаются от St neb., за исключением того, что их основание имеет слегка волнистый вид. Структура облаков однородна, цвет серый или желтовато-серый. Может наблюдаться чередование более темных и более светлых участков. Толщина облаков также разная.



Φoto 43



### 43. Разорванно-слоистые – Stratus fractus (St fr.)



*a*



*б*

Низкие неправильно и беспорядочно разбросанные отдельные обрывки слоистых облаков (*a*), темно-серые, более или менее однородные по структуре (*б*). Облака имеют размытые контуры (*в*). Скопления отдельных облаков с разорванными краями образуют покров со свисающими вниз кочьями, хорошо выделяющимися на фоне более светлой облачности (*г*).



*в*



*г*

Φοτο 44





#### 44. Разорванно-дождевые – Fractonimbus (Frnb)



*a*



*б*



*в*



*г*

Темные низкие, сильно изорванные облака – облака плохой погоды (*a, б*). Образуются под слоем облаков, дающих осадки – As, Ns, Cb – и обычно перемещаются с большой скоростью. Встречаются лишь в сочетании с ними. Могут образовать почти сплошной слой, закрывающий вышележащие слои облаков (*в, г*). Осадков Frnb не дают, а пронизываются осадками, выпадающими из вышележащих облаков.



## 45. Слоисто-дождевые – Nimbostratus (Ns)



*a*



*б*

Сплошной темно-серый, очень низкий слой бесформенных, местами неоднородных (*a*) и даже слегка волнистых (*б*) облаков неодинаковой плотности, с размытым (вследствие обложного дождя или снега) основанием (*в, г*) и с едва заметными полосами падения осадков. Положение нижней границы облаков определить бывает затруднительно. Облака плотные, солнце сквозь них не просвечивает.



*в*



*г*

*Облака вертикального развития имеют вид отдельных плотных облачных масс (скоплений облаков), как правило, значительно развитых по вертикали. Их плоские основания обычно располагаются в нижнем ярусе, а вершины, имеющие вид облачных куполов, башен или наковален, – на уровне среднего или даже верхнего яруса. При этом вершины этих облаков всегда имеют ярко-белый цвет, а основания – белый, серый или темно-синий. В отличие от облаков нижнего яруса, не образуют сплошных длинных валов (кроме Сб) или сплошных слоев. Из кучево-дождевых облаков обычно выпадают ливневые осадки, на расстоянии наблюдаемые в виде так называемых полос падения. При значительном развитии конвективных движений вершины кучево-дождевых облаков начинают обледеневать, приобретая волокнистую структуру. С интенсивно развитыми кучево-дождевыми облаками связаны сильные ливни, грозы, шквалы, смерчи, град.*

*К облакам вертикального развития относят две основные формы: кучевые (Си) и кучево-дождевые (Сб) облака.*

## Г. ОБЛАКА ВЕРТИКАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

---



Φωτο 46



## 46. Кучевые плоские – *Cumulus humilis* (Cu hum.)



Разбросанные по небу достаточно плотные облака, наблюдающиеся преимущественно в теплое время года и в хорошую погоду (облака хорошей погоды), с четкими горизонтальными основаниями, мало развитые по вертикали (*a*). Кажутся плоскими, так как их вертикальная протяженность меньше горизонтальных размеров (*б*). Далеко расположенные облака могут быть завуалированы дымкой, нередко видны зачатки облаков (*в*). Из-за наличия инверсии температуры не получают существенного развития. Облака не образуют сплошного покрова (*г*). Изредка встречаются зимой (в приморских районах умеренных широт).

Φοτο 47





## 47. Разорванно-кучевые – *Cumulus fractus* (Cu fr.)



Небольшие разбросанные по небу облака с рваными краями (*a*) и быстро меняющимися очертаниями. Плоские основания нечетко выражены или не обнаруживаются (*б*). Иногда

Cu fr. являются начальной стадией образования Cu hum. или продуктами их распада. Отдельные разорванные облака располагаются на значительных расстояниях друг от друга и выделяются своим белым цветом на синем небе (*в*). Имеют большую скорость перемещения. Некоторые Cu fr. имеют резко очерченные края (*г*).

Φoto 48



#### 48. Кучевые средние – Cumulus mediocris (Cu med.)



*a*



*б*



*в*



*г*

Достаточно плотные кучевые облака, иногда располагающиеся рядами, с плоскими горизонтальными основаниями (*a*), округленными вершинами (*б*) и умеренным развитием по вертикали (*в*). Переходная форма от Cu hum. к Cu cong., но, в отличие от Cu hum., вертикальные размеры облака равны или больше его длины. Как правило, имеют несколько вершин (*г*), однако резко выраженные выпуклости наблюдаются редко.

*Φoto 49*



#### 49. Кучевые мощные – Cumulus congestus (Cu cong.)



*a*



*б*



*в*



*г*

Сильно развитые по вертикали облака, часто имеющие вид башни (*a*). Вершины облаков ослепительно белые и сильно клубятся. Облака, иногда закрывающие почти все небо, при сильном развитии не остаются изолированными массами, а сливаются в большие группы, образуя нагромождения разной мощности. Горизонтальные основания сильно затенены. Вертикальные размеры облаков в 1,5–2 раза превышают горизонтальные размеры оснований. Характерны значительные выступы (клубы) различной формы (*б*). Части вершин нередко размыты (*в*), но не имеют волокнистой структуры (*г*). Изредка могут выпадать капли дождя.



## 50. Кучевые с покрывалом – Cumulus pileus (Cu pil.)



*a*



*б*



*в*



*г*

Мощные облака, местами с легкой и расплывчатой пеленой или вуалью (*a–в*), опоясывающей вершину облака или располагающейся горизонтально над ней (*г*).

Φoto 51





## 51. Кучево-дождевые лысые – *Cumulonimbus calvus* (Cb calv.)



*a*



*б*

Протяженные плотные белые облака с темными основаниями, со сглаженными вершинами (*a*) слегка волокнистого строения (*б*). Вершины похожи на округлые белоснежные купола (*в*). Иногда при наличии этих облаков могут появиться признаки грозы (*г*).



*в*



*г*

Φοτο 52



## 52. Кучево-дождевые лысые с грозовым валом – *Cumulonimbus calvus arcus* (Cb calv. arc.)



В передней части надвигающегося кучево-дождевого облака образуется дугообразный облачный вал (*a, б, в*). Вал состоит обычно из завихренных быстро перемещающихся облаков *St fr.* и *Frnb (z)*. Прохождение вала сопровождается шквалом, т. е. внезапным резким усилением ветра.





### 53. Кучево-дождевые волосатые – Cumulonimbus capillatus (Cb cap.)



*a*



*б*

Мощные облака, отличающиеся большим вертикальным развитием. Верхняя часть облака имеет хорошо выраженное волокнистое строение (*a–б*). Перистовидные волокна имеют вид веера (*з*).



*в*



*г*

*Φoto 54*



#### 54. Кучево-дождевые волосатые с грозвым валом – *Cumulonimbus capillatus arcus* (Cb cap. arc.)



Имеют вид свинцово-темных облачных масс с клочковатой, неровной нижней границей (*a, б*). Нередко на отдельных участках облака наблюдаются несколько мелких слабо развитых воронок, представляющих собой зародыши смерчей (*в*). Под темным основанием кучево-дождевого облака наблюдаются полосы падения сильного дождя (*г*).



Φoto 55





## 55. Кучево-дождевые волосатые с наковальней – *Cumulonimbus capillatus incus* (Cb cap. inc.)



Под влиянием сдвига ветра по вертикали верхняя обледеневшая часть облака приобретает вид гигантской наковальни (*a*). Ее форма может быть различной в зависимости от скорости и направления ветра (*б, в*). Начавшийся распад верхней части наковальни виден на фото (*г*).



Φoto 56



## 56. Кучево-дождевые волосатые плоские – *Cumulonimbus capillatus humilis* (Cb cap. hum.)



*a*



*б*



*в*



*г*

Cb hum. имеют все характерные признаки кучево-дождевых облаков – отчетливую кучевообразную форму (*a*), волокнистую структуру (*б, в, г*) и ливневые осадки, но сравнительно мало развиты по вертикали.

Φoto 57



## 57. Кучево-дождевые вымеобразные – Cumulonimbus mammatus (Cb cap. mam.)



*a*



*б*

Кучево-дождевое облако, основание которого имеет волнообразный вид в форме валов (*a, б*) или отдельных бугров (*в, г*). На нижней поверхности облака иногда возникают вымеобразные выпуклости, направленные вниз.



*в*



*г*

*Нередко на небосводе одновременно наблюдаются многие формы облаков различных ярусов, а также некоторые переходные формы, являющиеся, как правило, следствием эволюции облаков. Так, во фронтальных зонах при отсутствии значительных горизонтальных градиентов температуры (особенно в теплое время года) нередко происходит постепенный переход от одной воздушной массы к другой. В таких случаях развиваются внутримассовые облака, отличные от типичных для данного атмосферного фронта.*

*Сложное состояние неба может наблюдаться также при наличии нескольких близко расположенных атмосферных фронтов. Поэтому по результатам наблюдений в одном пункте далеко не всегда удастся правильно определить форму облаков.*

## ХАРАКТЕРНЫЕ СОЧЕТАНИЯ ФОРМ ОБЛАКОВ

---



## 58. Перистые облака



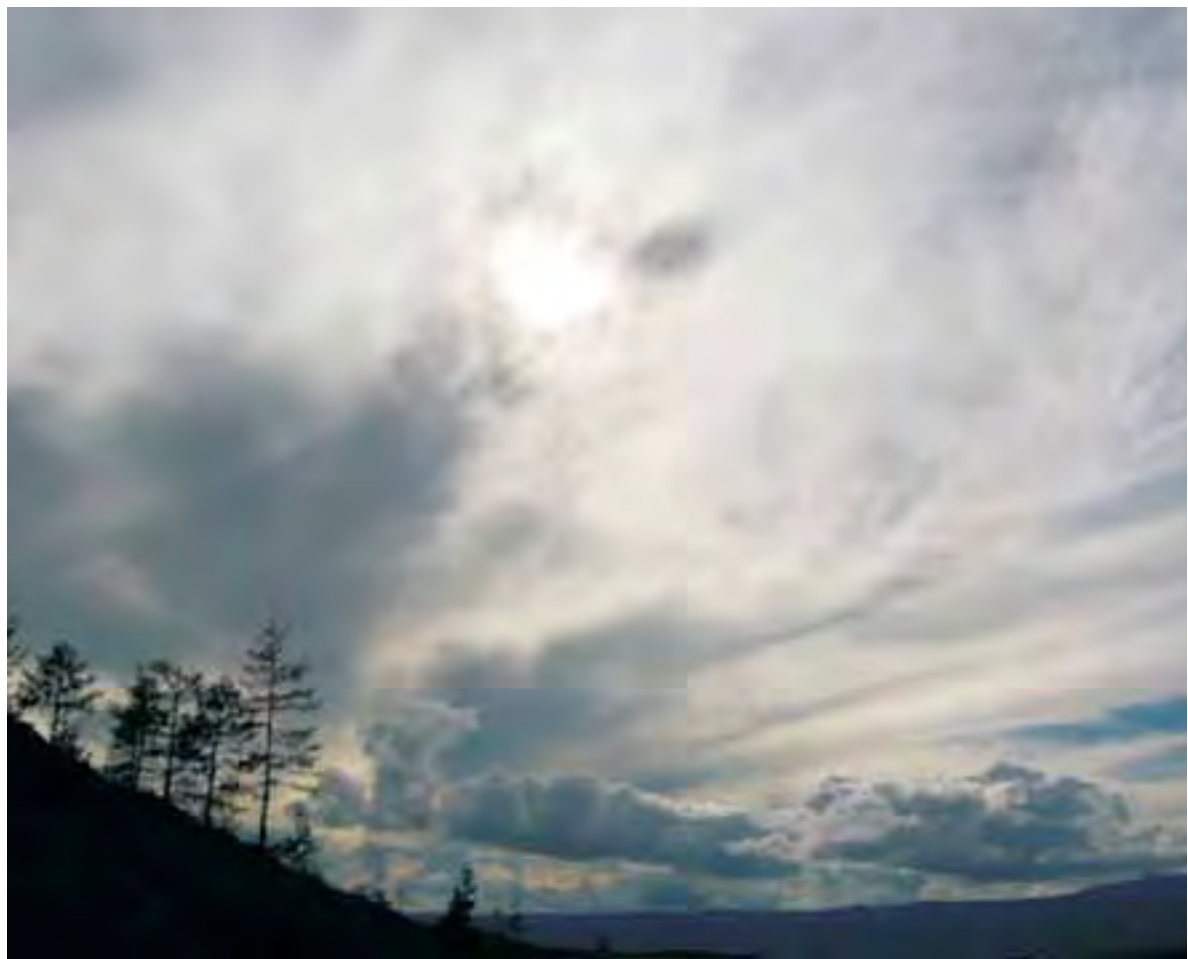
Перистые облака различных видов и разновидностей часто наблюдаются как в сочетании друг с другом, так и с облаками других ярусов. Перистые облака могут наблюдаться вдали от каких-либо атмосферных фронтов, являясь остатками распавшихся фронтальных систем облаков или внутримассовых облаков вертикального развития. Справа хорошо прослеживаются *Ci sp.*, слева – *Ci floc.* Внизу слева видны *Ci cong.*



## 59. Перистые и высокослоистые облака

---

При приближении фронтальной облачной системы количество облаков *Ci fib.* увеличивается и, постепенно закрывая все небо, они сменяются *Cs*. В свою очередь, *Cs*, уплотняясь и снижаясь, сменяются *As*. Справа хорошо просматриваются *Ci fib.*, в верхней части снимка ближе к центру – *Cs*.



## 60. Перистые и кучево-дождевые облака



В теплое время года часто наблюдаются облака *Ci sp.* и их разновидности *Ci ing.* и *Ci floc.*, являющиеся остатками ледяных вершин разрушающихся облаков *Cb.* На ранней стадии образования еще видна непосредственная связь перистых облаков с разрушающимися *Cb.* *Ci sp.* достаточно плотные, но постепенно становятся более разреженными.

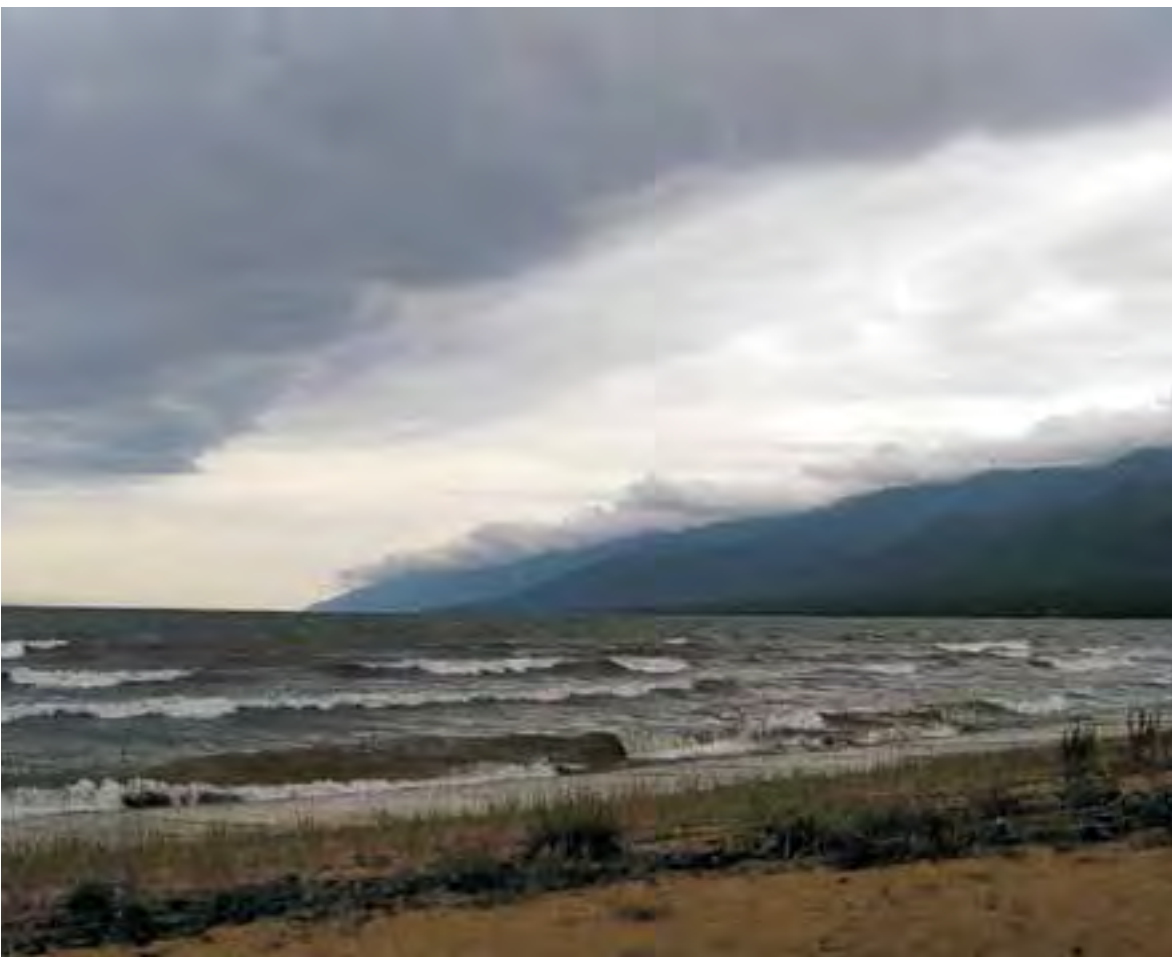
## 61. Перистые и кучевые облака

---

Для теплого времени года при отсутствии атмосферного фронта характерно сочетание облаков верхнего яруса  $Ci\ sp.$  с  $Cu\ hum.$  и  $Cu\ med.$  Кучевые облака имеют плоские горизонтальные основания, округленные вершины и достаточно умеренное развитие по вертикали, которое, тем не менее, может усилиться и тогда  $Cu$  могут перейти в  $Cb$ .



## 62. Облака разных ярусов во фронтальных системах



На фото представлена характерная система облаков теплого фронта. As натекают после Cs и, уплотняясь, начинают переходить в Ns. Облака As здесь являются как бы промежуточным звеном между Cs и Ns, в отличие от системы облаков холодного фронта первого рода, когда As приходят после Ns и, становясь постепенно все более тонкими, переходят в Cs.

### 63. Слоисто-кучевые, высококучевые и кучево-дождевые облака

---

При начавшемся разрушении скоплений облаков Св, вершины которых похожи на круглые белоснежные купола слегка волокнистого строения, образовались облака Sc cuif. Они представляют собой протяженный горизонтальный слой, связанный с Св, и наблюдаются одновременно с Ас, расположенными выше и состоящими из менее крупных элементов.



#### 64. Слоисто-кучевые и высокослоистые облака

---



На фоне заходящего солнца видны совсем плоские Sc vesp., возникшие при растекании кучевых облаков в связи с ослаблением восходящих движений. Они имеют форму длинных пластов, вытянутых по горизонтали. Выше облака переходят в пелену As с заметной волокнистой структурой, сильно освещенную солнцем.  
*Фото В. И. Бессонова.*

## 65. Облака разных ярусов

Над водной поверхностью, покрытой льдом, наблюдается развитие двухслойной облачности. В нижнем ярусе большие темные массы *Sc vesp.* представляют собой последнюю стадию дневного развития облаков *Cu hum.* или *Cu med.*, которые, растекаясь, образовали достаточно однородный и плоский слой. Отчетливо виден процесс растекания облаков. Выше наблюдаются облака *As inh.* в виде неоднородных хлопьев, разделенных просветами, местами почти сливающихся в сплошной покров, имеющий слегка волнистое строение. Видны также *Ci int.*, имеющие вид беспорядочно перепутанных волокон, заволакивающие все небо. *Фото В. И. Бессонова.*



*Состояние неба иногда может существенно отличаться от характерного для фронтальных разделов и для соответствующих воздушных масс. Особые виды облаков и состояний неба являются следствием нетипичных условий стратификации атмосферы и ее взаимодействия с подстилающей поверхностью. Кроме того, особые состояния неба могут быть результатом антропогенного воздействия на атмосферу.*



## ОСОБЫЕ ВИДЫ ОБЛАКОВ И СОСТОЯНИЙ НЕБА

---



## 66. Перламутровые облака



Перламутровые облака располагаются в стратосфере на высотах 20–30 км и кажутся светящимися на темном небе, отражая солнечный свет. Имеют в основном волнистообразную структуру, схожую с перистыми и перисто-кучевыми облаками. Чаще всего наблюдаются в сумерки, когда происходит их сильная иризация.

## 67. Серебристые облака

Серебристые облака наблюдаются в верхней части мезосферы на высотах около 80 км (вблизи мезопаузы) в широтной зоне 50–70° только в теплое время года. Они имеют вид параллельных или перепутанных полос волокнистой структуры и заметны вследствие их слабого серебристо-синего свечения на темном фоне ночного неба при заходе солнца за горизонт и перед его восходом.



## 68. Хаотический вид неба



Этот вид неба в основном характерен для грозового и послегрозового его состояния, когда происходят процессы распада вершин конвективных облаков и их последующей трансформации в различные виды и разновидности облаков верхнего, среднего и нижнего ярусов. Одновременно на небосводе наблюдаются облака почти всех ярусов и многих форм, что весьма затрудняет правильное определение количества и вида преобладающих облаков.

## 69. Облачность приподнятого тумана

Верхняя граница туманов в большинстве случаев совпадает с верхней границей приземной или приподнятой инверсии. Утренний прогрев приземного слоя воздуха в теплое время года приводит к постепенному разрушению инверсионного слоя, ослаблению интенсивности тумана и его последующему преобразованию в слоистую и разорванно-слоистую облачность – так называемую облачность приподнятого тумана. Дальнейший прогрев воздуха способствует трансформации облачности приподнятого тумана в слоисто-кучевые и кучевые облака.



## 70. Грозовой вид неба



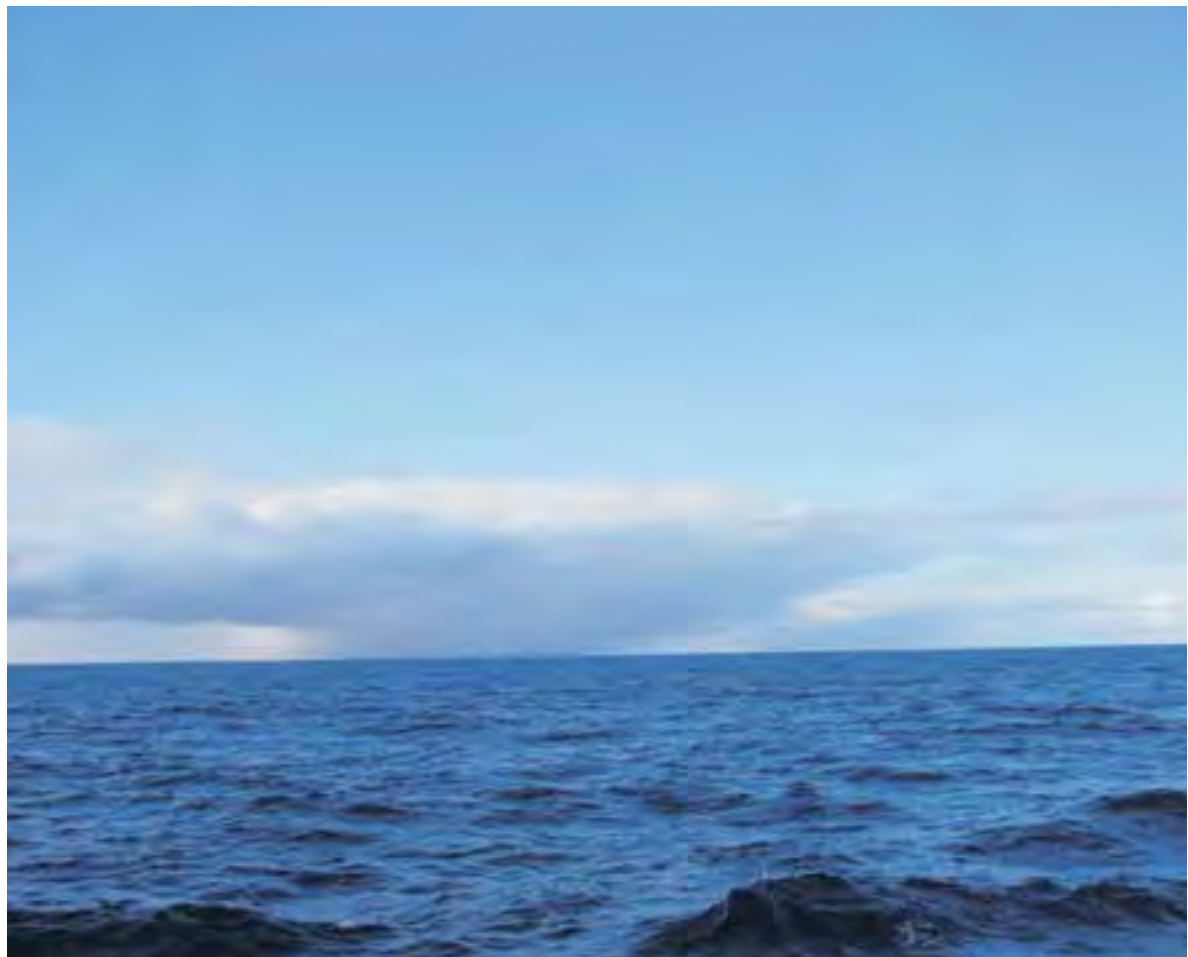
Скопление облаков Сб с плоскими основаниями, не закрывающих небо, а имеющих просветы. Солнце сквозь облака не просвечивает, состояние неба носит грозовой характер, видны полосы падения дождя. Слева видны далекие Сu cong., имеющие округленные вершины. Облака находятся на разных уровнях. Низкие темно-серые облака плохой погоды – разорванно-дождевые (Frnb) – представляются очень темными на сравнительно светлом фоне слоисто-дождевых облаков (Ns), которые обнаруживаются местами. *Фото В. И. Бессонова.*

## 71. Кучево-дождевые облака с низкой наковальной

---

Типичное для полярных районов белое с темным основанием кучево-дождевое облако

Сb сар. inc., развившееся до небольшой высоты из-за наличия над ним устойчивого слоя атмосферы. Заметен процесс растекания верхней части облака с образованием гигантской наковальни большой горизонтальной протяженности, видны полосы выпадения дождя, достигающие водной поверхности. В правой части снимка заметны остатки Cu cong.  
*Фото В. И. Бессонова.*



## 72. Вид неба при лесных (торфяных) пожарах

---



При пожарах в теплое время года создается особый вид облачного неба, вызванный отражением света от горящего леса нижней границей облаков, особенно облаков нижнего яруса. Вследствие пожара продукты сгорания, выполняющие роль гигроскопических ядер конденсации, попадают в атмосферу и способствуют конденсации водяного пара и как следствие образованию и развитию облаков.



### 73. Смог

---

Смог представляет собой смесь дыма и продуктов неполного сгорания различных видов топлива, образующуюся в больших городах и промышленных центрах вследствие длительных и интенсивных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Смог часто наблюдается в сочетании с туманом, что усиливает его негативное влияние на организм человека. Для образования смога чаще всего характерны устойчивая стратификация атмосферы (наличие низких инверсий температуры) и слабый ветер или штиль.



## 74. Конденсационные следы



Конденсационные (облачные) следы образуются вследствие выбросов самолетами в атмосферу продуктов сгорания топлива (выхлопных газов), содержащих водяной пар. По природе образования они являются искусственными облаками, а по своей структуре наиболее схожи с перисто-кучевыми.

## 75. Полярные сияния

Полярные сияния наблюдаются преимущественно в высоких широтах обоих полушарий и проявляются в виде свечения (люминесценции) разреженного воздуха в ионосфере. Ширина светящихся областей может достигать 100 км, а длительность сияния составляет от нескольких минут до нескольких суток. Окраска полярных сияний чаще всего желто-зеленая и голубовато-белая, реже – красноватая или фиолетовая. Положение, интенсивность и окраска полярных сияний изменяются очень быстро.



*Характерные для горных территорий формы облаков образуются вследствие особого вида взаимодействия воздушного потока с протяженными горными массивами, возвышенностями и вершинами гор, а также вследствие приобретения воздушным потоком специфических свойств при его движении по пересеченной местности. По этим причинам возникают особые, присущие только горным территориям формы орографических облаков, а вид и строение других известных форм облаков претерпевают существенные изменения. В горных районах облака часто располагаются ниже наблюдателя или на одном с ним уровне. При этом их форма кажется иной, чем при наблюдении с поверхности земли.*

## ОБЛАЧНОСТЬ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

---



## 76. Фёновая стена облаков



Фёновая стена представляет собой облачную массу, возникающую на наветренном склоне хребта в результате вынужденной конвекции теплого влажного воздуха. При дальнейшем развитии фёна происходит опускание воздуха по подветренному склону, что приводит к растеканию облачности. Поэтому облака наблюдаются только над гребнем хребта и определяются как *Cu med.*, *Cu cong.*

## 77. Стационарные кучевые облака

Кучевые облака образуются под влиянием интенсивного дневного прогрева склонов горных массивов, обращенных к солнцу. В утреннее время с восходом солнца возникают вертикальные токи и образуются стационарные кучевые облака, имеющие вид башен с узкими основаниями, клочковатым строением вершин и располагающиеся вдоль отвесных горных склонов. С усилением ветра днем они могут перемещаться вдоль склона. Определяются как *Cu hum*.



## 78. Облачный флаг



Облако имеет вид флага, развевающегося над изолированной горной вершиной. Возникновение облака связано с динамическим охлаждением воздуха при его подъеме над вершиной, а также с выхолаживанием поверхности горы. Облако вытянуто по направлению ветра. Определяется как *Ac lent.* или *Sc lent.*



## 79. Облачное море

---

„Облачное море” представляет собой сплошной покров слоистых и слоисто-кучевых облаков, располагающийся в долине. Верхняя поверхность облачного слоя часто имеет вид волн. Низкие достаточно плотные St und. заполняют долину. Над горами видны отдельные Cu fr.



## 80. Облачная шапка



Облачная масса вокруг горной вершины, состоящая из нескольких относительно тонких слоев, каждый из которых имеет форму шапки. Масса облаков кажется стационарной, однако ее положение и конфигурация несколько меняются в зависимости от интенсивности процессов конденсации с наветренной стороны вершины и испарения с подветренной стороны, а также от преобладающего направления воздушного потока. Определяется как *Ac lent*.

## 81. Облачная гряда

Гряда формируется под влиянием особенностей циркуляции воздуха в горной местности. Она состоит из облаков кучевых форм, закрывающих вершину и вытянутых по направлению воздушного потока. Облака определяются как Ac и Sc с Cu.



## 82. Чечевицеобразные облака



Чечевицеобразные облака являются наиболее распространенной разновидностью орографических облаков. Имеют вид вытянутых линз, обычно с резкими очертаниями, часто с иризацией. Возникают на наветренной стороне или над гребнем хребта и отдельными вершинами. Определяются как *As lent.* или как *Sc lent.* (справа).

### 83. Полосы слоистых облаков

---

Полосы слоистых облаков располагаются вдоль склонов горных массивов и имеют вид разорванных клубящихся гряд. Возникают в основном вследствие ночного охлаждения воздуха на склонах гор или испарения с поверхности рек и водоемов, а также переноса водяного пара снизу за счет турбулентности. Часто слоистые облака закрывают невысокие вершины гор, перевалов и сопок.



## 84. Туман склонов

---



Туман склонов возникает вследствие адиабатического охлаждения воздуха при его подъеме по горному склону. При наблюдении из долины он определяется как низкая слоистообразная облачность – St, St fr.

## 85. Облачный взброс

Облачный взброс возникает в долинах при взаимодействии стокового (ледникового) и горно-долинного ветров. Наблюдается преимущественно при малооблачной антициклонической погоде. Определяется как *Cu med*.



*Своеобразие облачных форм полярных территорий определяется преобладанием высокой относительной влажности нижних слоев воздуха и низким положением облаков. Большую часть года температура воздуха в полярных районах на всех высотах отрицательна, что создает благоприятные условия для сублимации водяного пара и для переохлаждения капельно-жидких элементов облаков и туманов. Формирующиеся здесь воздушные массы обладают высокой степенью устойчивости, что проявляется в образовании низких инверсий (изотермий) и связанной с ними подынверсионной облачности.*



## ОБЛАЧНОСТЬ ПОЛЯРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

---



## 86. Разорванно-слоистые облака



Характерны для устойчивых воздушных масс и наблюдаются в полярных районах очень часто, как правило, на фоне вышележащих облаков слоистообразных форм. Нижняя граница St fr. очень низкая. По высоте основания разорванно-слоистые облака мало отличаются от слоистых, но, в отличие от них, имеют изорванную форму. На снимке над St fr. располагаются Ns, из которых выпадают осадки.

## 87. Слоисто-кучевые облака

---

Для полярных территорий характерны все виды слоисто-кучевых облаков. Чаще всего наблюдаются в устойчивых воздушных массах. Низкое положение уровня конденсации обуславливает меньшую, чем в умеренных широтах, высоту облаков. На фото хорошо просматриваются валы Sc op.



## 88. Высококучевые облака



Характерные для полярных районов упорядоченно расположенные и хорошо сформированные облака среднего яруса *As trans*. В отдельных местах они имеют вид параллельных волн. Очертания облачных элементов разного размера и плотности размытые, цвет их дымчато-серый. Снизу виден плотный туман и облака, имеющие волнистую структуру, – *St und.*, с чередованием темных и светлых мест, соответствующих участкам большей и меньшей толщины, переходящие в *Sc*, сливающиеся с вышележащими облаками.

*Фото В. И. Бессонова.*

## 89. Перистые и перисто-кучевые облака

В полярных районах над морской поверхностью, частично покрытой льдом, развиваются перистые волокнистые облака  $Ci\ fib.$ , сходящиеся в виде веера. Волокнистая структура облаков хорошо заметна. Слева над ними виден слой  $Cs\ und.$  с достаточно четкими контурами. Пятно от солнца, хотя и вполне различимое, имеет весьма размытые края. Отчетливо видны также полосы  $Ci\ sp.$ , состоящие из многочисленных белых уплотнений неправильной формы. Нитевидное строение у  $Ci\ sp.$  выражено менее резко, чем у  $Ci\ fib.$  *Фото В. И. Бессонова.*



## 90. Чечевицеобразные облака



Устойчивость стратификации воздушных масс и низкое положение уровней конденсации и сублимации, а также большая повторяемость мощных инверсий определяют преобладание разновидностей устойчивых слоистых облаков. Приближение холодного фронта характеризуется в Арктике не только появлением чечевицеобразных облаков Cc и Ac, но и чечевицеобразных Sc и их послойное расположение по вертикали. На фото в центре – Ac lent., справа – формирующиеся Sc lent.

## 91. Перистые и перисто-слоистые облака

---

Перистые и перисто-слоистые облака в полярных районах наблюдаются в основном в холодную половину года в условиях антициклонической циркуляции. Они имеют вид белой или голубоватой пелены слегка волокнистого строения. Перисто-слоистые облака отличаются от перистых тем, что пелена Cs более однородна и непрерывна.



*Условия образования облаков над акваториями морей и океанов во многом отличаются от условий, преобладающих на суше. Отличия в условиях образования облаков проявляются в особенностях их форм, наблюдающихся над морями и океанами. В наибольшей степени эти особенности проявляются в облачных формах нижнего яруса и в облаках вертикального развития, находящихся под наибольшим воздействием водной поверхности. Влияние поверхности моря на облака среднего яруса менее заметно и почти совсем не заметно на облака верхнего яруса.*



## ОБЛАЧНОСТЬ НАД МОРСКИМИ АКВАТОРИЯМИ

---



## 92. Слоистые облака



Низкие слоистые облака образуются над морскими водами и обычно занимают большие площади в виде сплошного облачного покрова, расположенного на небольшой высоте. Как правило, такие облака возникают при адвекции теплого воздуха на более холодную водную поверхность и слабом или умеренном ветре. Иногда слоистые облака могут снижаться до поверхности воды, образуя надводный туман адвективного происхождения.

### 93. Слоисто-кучевые облака

---

Условия образования слоисто-кучевых облаков над поверхностью моря во многом сходны с условиями образования слоистой облачности. Наличие умеренного или сильного ветра и развитие связанной с ним турбулентности в нижнем слое воздуха способствуют формированию облачных валов и гряд, характерных для облаков Sc.



## 94. Кучевые облака

---

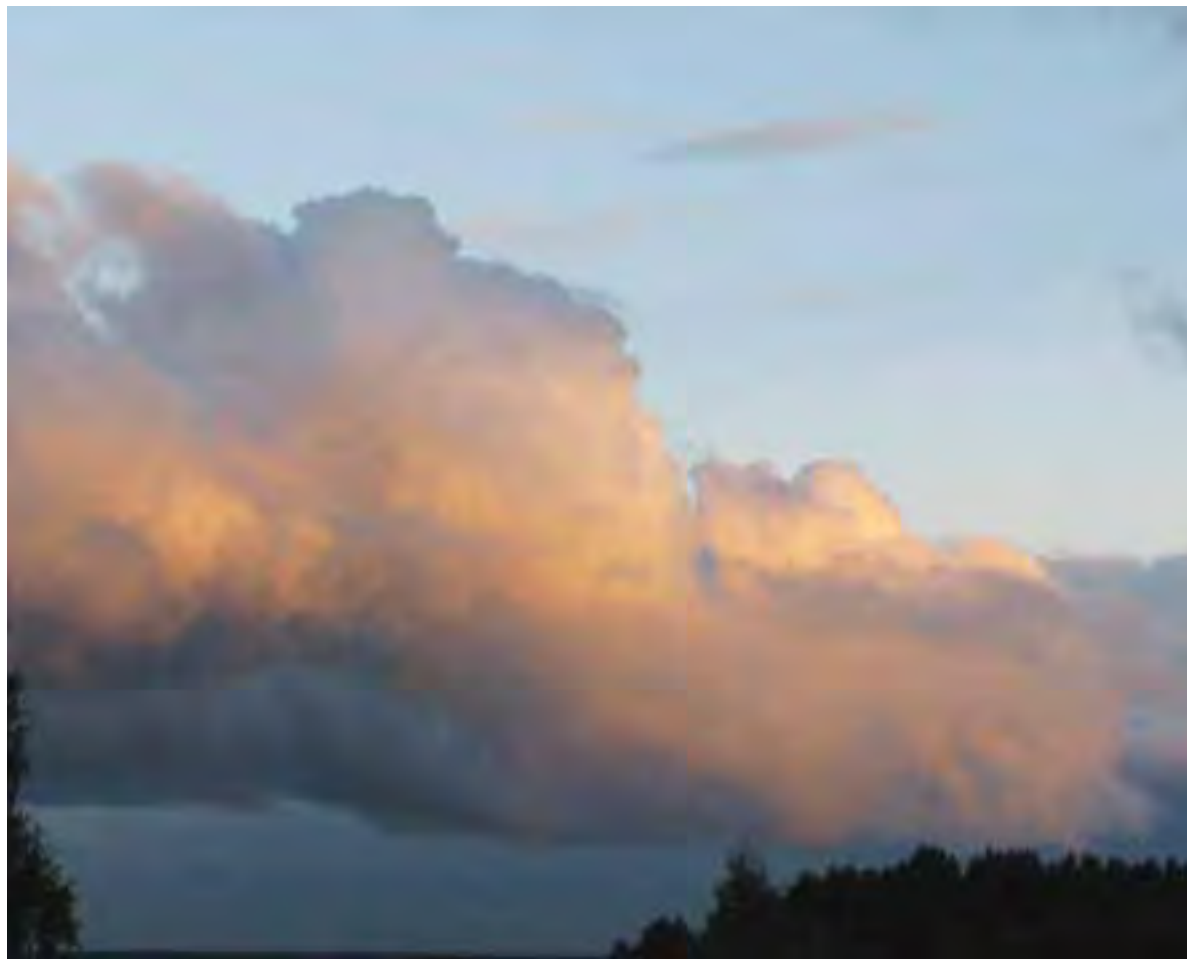


При распространении холодного воздуха над теплыми водами моря на больших пространствах образуются довольно низкие кучевые облака, имеющие достаточно неоднородную структуру. Они представлены в основном *Cu med.* и *Cu fr.*

## 95. Кучево-дождевые облака

---

При адвекции холодного воздуха и отсутствии задерживающих инверсионных слоев над морем развиваются кучево-дождевые облака. При этом основания и вершины Сб расположены ниже, чем над сушей, и имеют изорванную структуру. Осадки, выпадающие из таких облаков, как правило, непродолжительны. На фото – Сб сар. hum. *Фото Н. Е. Вермея.*



## 96. Бризовый пояс облаков

---



Бризовый пояс представляет собой относительно узкую непрерывную цепь кучевых облаков, расположенных над морем на расстоянии нескольких десятков километров от берега. Он образуется утром, после восхода солнца. Очертания бризовых облаков довольно быстро меняются со временем. После захода солнца облака бризового пояса либо растекаются, либо трансформируются в слоистые формы.

## 97. Перистые, перисто-кучевые и слоистые облака

---

Практически все небо занимают *Ci fib.*, веерообразно расходящиеся как бы из одной точки. Слева несколько ниже видны *Cc und.* Облака имеют заметную волокнистую структуру. Слои *Cc und.* состоит из очень мелкой ряби, переходящей непосредственно в *Ci fib.* Участки системы облаков без волокнистой структуры и без четких границ, расположенные у горизонта, относятся к *St fr.* Местоположение солнца легко определяется. *Фото В. И. Бессонова.*



## 98. Высокослоистые облака



Типичная однородная пелена высокослоистых плотных облаков As op. Облачный слой закрывает все небо, но плотность его очень неравномерна, солнца совсем не видно. На нижней поверхности пелены заметны слабо выраженные волны. *Фото В. И. Бессонова.*



## 99. Слоисто-кучевые и высококучевые облака

---

Представленные на фото облака расположены на двух уровнях. Более высокие облака относятся к плотным высококучевым облакам *As trans.*, обрывающимся на краю конвективной облачной системы, о чем свидетельствует четкая граница облачности. Более низкие облака представляют собой непросвечивающий, практически однородный слой *Sc op.*, состоящий из темных, местами совершенно сливающихся облаков, переходящих в слоистые облака. На обоих уровнях отмечается растекание краев облаков. *Фото В. И. Бессонова.*



**К** атмосферным явлениям относятся осадки, туманы, грозы, шквалы, смерчи, метели, пыльные (песчаные) бури, мгла, гололед, гололедица, изморозь, иней, полярные сияния и др. Большинство атмосферных явлений существенно затрудняют деятельность ряда предприятий, причиняют значительный ущерб многим отраслям экономики и относятся к категории опасных (неблагоприятных) явлений погоды. По этой причине они представляют особый интерес для потребителей гидрометеорологической информации. Развитие практически всех атмосферных явлений связано с эволюцией и динамикой облаков (полей облачности).

## АТМОСФЕРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

---



## 100. Обложные осадки

---



Обычно выпадают из облачной системы As–Ns, характерной для атмосферных фронтов, и охватывает значительные территории. Интенсивность осадков меняется, как правило, постепенно. Осадки выпадают непрерывно или с короткими перерывами в течение длительного времени – от нескольких часов до нескольких суток.

## 101. Ливневый дождь

---

Выпадает в теплый период года из кучеводождевых облаков, как внутримассовых, так и фронтального происхождения. Выпадение ливневого дождя особенно характерно для холодных фронтов, в том числе вторичных, наблюдаемых в тыловых частях циклонов при неустойчивой стратификации воздушной массы. Дождь состоит, как правило, из крупных капель и характеризуется быстрым нарастанием интенсивности в начале выпадения, частыми ее колебаниями и резким прекращением. Нередко сопровождается порывами ветра, иногда шквалистыми, и грозами.



## 102. Полосы падения осадков

---



Из оснований слоистообразных и конвективных облаков могут выпадать осадки, хорошо видимые наблюдателем на расстоянии, но не достигающие летом поверхности земли вследствие их испарения. Такое явление принято называть полосами падения осадков (*virga*).

### 103. Орографические осадки

---

Осадки, образующиеся при восхождении теплого влажного воздуха по горному склону и последующей его конденсации. Их выпадение, как правило, связано с усилением фронтальных или внутримассовых осадков за счет увеличения интенсивности восходящих движений над горными склонами. Облака определяются как Св.



## 104. Общая метель

---



Общая метель представляет собой перенос сильным ветром выпадающего и/или поднятого с подстилающей поверхности снега почти в горизонтальном направлении, сопровождающийся вихревыми движениями. При этом не всегда можно определить, переносится ли это выпадающий снег или снег, поднятый с подстилающей поверхности. Общая метель очень сильно ухудшает метеорологическую дальность видимости. Чаще всего наблюдается при наличии значительных градиентов приземного давления во фронтальных зонах теплых фронтов и фронтов окклюзии.



## 105. Низовая метель

Низовая метель представляет собой перенос сильным ветром поднятого с подстилающей поверхности сухого или свежевывавшего снега. При этом перенос снега происходит в слое воздуха высотой до 5 м. Низовая метель чаще всего наблюдается в тылу циклонов и на перифериях антициклонов. Видимость при низовой метели ухудшается.



## 106. Поземок



Поземок – перенос сухого или свежеснегавывпавшего снега сильным ветром непосредственно над подстилающей поверхностью в слое воздуха высотой до 1,5 м. Наблюдается при значительных градиентах приземного давления и в тыловых частях циклонов. Видимость, как правило, не ухудшается.

## 107. Налипание мокрого снега

---

При положительной температуре воздуха, близкой к 0 °С, когда снежинки, выпадающие из облаков, слегка подтаивают или когда вместе со снегом выпадает дождь, обычно происходит слияние снежинок в хлопья. Хлопья такого обложного или ливневого мокрого снега налипают на деревья, столбы, провода и т. п. и, достигая опасных размеров и веса, причиняют серьезный ущерб отдельным отраслям народного хозяйства.



## 108. Гололед



Гололед – отложение льда на поверхности различных предметов, обусловленное осадением и замерзанием переохлажденного дождя, мороси или тумана при отрицательной температуре в приземном слое воздуха. Толщина отложения обычно составляет несколько миллиметров, а в отдельных случаях может достигать 20–25 мм и более. Гололед образуется при адвекции теплого воздуха и при небольших отрицательных значениях температуры в приземном слое.

## 109. Изморозь

Изморозь – отложение ледяных кристаллов на различных предметах (антеннах, ветвях деревьев и т. п.) при низкой температуре воздуха, главным образом с их наветренной стороны.

Она является результатом сублимации водяного пара в тумане (кристаллическая изморозь) или намерзания капель переохлажденного тумана (зернистая изморозь). Изморозь образуется в основном в малоградиентных барических полях, центральных частях антициклонов, в заполняющихся циклонах и ложбинах.



## 110. Радиационный туман



Радиационный туман возникает в приземном слое в результате ночного выхолаживания поверхности почвы при безоблачной (малооблачной) погоде, достаточно высоком влагосодержании воздушной массы и при наличии приземной инверсии температуры. Он имеет небольшую вертикальную протяженность (от нескольких метров до десятков метров). Благоприятными синоптическими ситуациями для возникновения таких туманов являются центральные части антициклонов, седловины и малоградиентные барические поля.

## 111. Адвективный туман

---

Адвективный туман возникает вследствие перемещения (адвекции) теплого влажного воздуха на более холодную подстилающую поверхность. В процессе адвекции воздуха и его взаимодействия с подстилающей поверхностью устанавливается инверсионное распределение температуры. Конденсация водяного пара начинается от земной поверхности и распространяется до верхней границы инверсии. Благоприятные условия для образования тумана создаются в передних частях окклюзированных циклонов и в теплых секторах циклонов.



## 112. Туман испарения



Туман этого вида наблюдается при смещении холодного воздуха на теплую поверхность воды. Туманы испарения чаще всего отмечаются осенью. Образованию туманов способствует радиационное охлаждение воздуха. Благоприятные синоптические условия для образования туманов испарения возникают при вторжениях холодного воздуха в тылу циклонов и восточных перифериях антициклонов.



### 113. Инверсионная мгла

Образование инверсионной мглы в горной местности обусловлено скоплением продуктов вулканической деятельности или хозяйственной деятельности человека под слоем инверсии температуры, возникающей при длительном стационаровании холодного воздуха в горных котловинах. Явление особенно характерно для холодного времени года в условиях безоблачного неба.



## 114. Град



Осадки в виде частичек плотного льда разнообразных форм и размеров, выпадающие обычно в теплое время года из мощных кучево-дождевых облаков вместе с ливневым дождем, всегда при грозе. Ядра градин чаще непрозрачные, иногда окружены прозрачным слоем или чередующимися прозрачными и непрозрачными слоями. Чаще всего диаметр отдельных градин небольшой (менее 0,5 см), но может достигать и 20 см. В редких случаях толщина слоя выпавшего на земную поверхность града составляет 20–30 см. Масса крупных градин составляет от нескольких до 100 (в исключительных случаях) граммов.

## 115. Гроза

---

Гроза, как правило, связана с хорошо развитыми кучево-дождевыми облаками. Она наблюдается преимущественно в теплое время года, но иногда и зимой (на атмосферных фронтах). При грозах возможны шквалы, выпадение ливневых дождей и града.



## 116. Смерч



Возникновение смерчей связано с сильной неустойчивостью в нижних слоях атмосферы. Смерч имеет вид темного облачного столба диаметром до нескольких десятков метров с практически вертикальной или изогнутой осью. По форме он напоминает воронку, опускающуюся из основания кучево-дождевого облака. Скорость ветра в смерче нередко превышает 50–70 м/с, что вызывает катастрофические разрушения.

## 117. Радуга

Радуга представляет собой оптическое явление в атмосфере, обусловленное преломлением, дифракцией и отражением света от водяных капель. Внешняя часть радуги окрашена в красный цвет, внутренняя – в фиолетовый. Остальные цвета располагаются в радуге соответственно длинам волн спектра излучения солнца. Окраска, ширина и интенсивность радуги не всегда одинаковы. Нередко с внешней стороны основной радуги наблюдается вторичная радуга с обратным чередованием цветов, располагающаяся концентрически по отношению к основной.



## 118. «Белая» радуга



Для полярных районов характерна радуга, цвета которой слабо выражены, что связано с низкими температурами воздуха и как следствие с небольшими размерами капель в облаке. Радуга здесь широкая и почти белая, со слегка красноватым и оранжевым внешним краем. Общий центр всех дуг в радуге лежит на линии, проходящей через источник света и глаз наблюдателя, поэтому дуга радуги не больше полуокружности. *Фото В. И. Бессонова.*

## 119. Гало

Явление гало связано с преломлением и отражением света от ледяных кристаллов и образуется главным образом в перистослоистых облаках. Гало имеет вид светлых окрашенных кругов или дуг, светлых столбов или пятен вокруг солнца или луны. Это оптическое явление имеет наиболее яркую окраску красноватого цвета и четкую границу с внутренней стороны. К внешней стороне яркость ослабевает и круг постепенно сливается с серой или белесоватой окраской неба.



## ЛАТИНСКИЕ НАЗВАНИЯ ФОРМ, ВИДОВ И РАЗНОВИДНОСТЕЙ ОБЛАКОВ И ИХ СОКРАЩЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

### Формы облаков

#### Облака верхнего яруса

<i>Cirrus</i>	(циррус) Ci	перистые
<i>Cirrocumulus</i>	(циррокумулюс) Cc	перисто-кучевые
<i>Cirrostratus</i>	(цирростратус) Cs	перисто-слоистые

#### Облака среднего яруса

<i>Alto cumulus</i>	(альтокумулюс) Ac	высококучевые
<i>Altostratus</i>	(альтостратус) As	высокослоистые

#### Облака нижнего яруса

<i>Stratocumulus</i>	(стратокумулюс) Sc	слоисто-кучевые
<i>Stratus</i>	(стратус) St	слоистые
<i>Nimbostratus</i>	(нимбостратус) Ns	слоисто-дождевые

#### Облака вертикального развития

<i>Cumulus</i>	(кумулюс) Cu	кучевые
<i>Cumulonimbus</i>	(кумулонимбус) Cb	кучево-дождевые

### Виды и разновидности облаков

<i>arcus</i>	(аркус) arc.	с грозовым валом
<i>calvus</i>	(кальвус) calv.	лысые
<i>capillatus</i>	(капиллятус) cap.	волосатые

<i>castellanus</i>	(кастеллянус) cast.	башенковидные
<i>congestus</i>	(коигестус) cong.	мощные
<i>cumuliformis</i>	(кумулиформис) cuf.	кучевообразные
<i>cumulogenitus</i>	(кумулогенитус) cug.	образовавшиеся из кучевых
<i>diurnalis</i>	(диурналис) diur.	дневные
<i>fibratus</i>	(фибратус) fib.	волокнистые, нитевидные
<i>floccus</i>	(флоккус) floc.	хлопьевидные
<i>fractus</i>	(фрактус) fr.	разорванные
<i>fractonimbus</i>	(фрактонимбус) Frnb	разорванно-дождевые
<i>humilis</i>	(хумилис) hum.	плоские
<i>incus</i>	(инкус) inc.	с наковальной
<i>incus-genitus</i>	(инкус-генитус) ing.	образовавшиеся из наковален кучево-дождевых
<i>inhomogenus</i>	(инхомогенус) inh.	неоднородные
<i>intortus</i>	(интортус) int.	перепутанные
<i>lenticularis</i>	(лентикулярис) lent.	чечевицеобразные
<i>mammatus</i>	(мамматус) mam.	вымеобразные
<i>mediocris</i>	(медиаокрис) med.	средние
<i>nebulosus</i>	(небулозус) neb.	туманообразные
<i>opacus</i>	(опакус) op.	непросвечивающие
<i>pileus</i>	(пилеус) pil.	в виде покрывала, шапки
<i>praecipitans</i>	(прэципитанс) pr.	дающие осадки
<i>spissatus</i>	(списсатус) sp.	плотные
<i>translucidus</i>	(транслюцидус) trans.	просвечивающие
<i>uncinus</i>	(унцинус) unc.	когтевидные
<i>undulatus</i>	(ундулятус) und.	волнистообразные
<i>vertebratus</i>	(вертебратус) vert.	хребтовидные
<i>vesperalis</i>	(веспералис) vesp.	вечерние
<i>virga</i>	(вирга) vir.	с полосами падения (осадков)