ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА РОССИИ ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

РУКОВОДСТВО ПО ПРОИЗВОДСТВУ НАБЛЮДЕНИЙ И ПРИМЕНЕНИЮ ИНФОРМАЦИИ

с неавтоматизированных радиолокаторов МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5

РД 52.04.320–91

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ 1993

УДК 551.501.81

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

РУКОВОДСТВО ПО ПРОИЗВОДСТВУ НАБЛЮДЕНИЙ И ПРИМЕНЕНИЮ ИНФОРМАЦИИ С НЕАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РАДИОЛОКАТОРОВ МРЛ-1, МРЛ-2 И МРЛ-5

РД 52.04.320—91

Срок введения установлен с 1 октября 1993 г.

Руководство по производству наблюдений и применению информации с неавтоматизированных радиолокаторов МРЛ-1, МРЛ-2 и МРЛ-5 устанавливает порядок наблюдений, обработки, метеорологической интерпретации, передачи и критического контроля данных, полученных с помощью неавтоматизированных радиолокаторов МРЛ-1, МРЛ-2 и МРЛ-5.

Настоящее руководство обязательно для специалистов, занятых эксплуатацией МРЛ, получением и интерпретацией информации непосредственно на радиолокационных станциях сети штормового оповещения и метеообеспечения авиации Роскомгидромета, для сотрудников групп по радиометеорологии УГМС.

Руководство не распространяется на метеорологические радиолокаторы службы градозащиты.

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОСНОВАХ РАДИОЛОКАЦИИ И РАДИОЛОКАЦИОННОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

1.1. Краткие сведения об основных понятиях радиолокации

1.1.1. Радиолокация

Радиолокация — область радиотехники, в которой излучение и отражение электромагнитных волн используется для обнаружения объектов (целей), а также для измерения их координат, параметров их движения, количественных характеристик и т. д. Радиолокация основана на свойствах радиоволн распространяться в однородной среде по известным траекториям с постоянной скоростью. Это позволяет определить направление на цель и дальность цели.

Активная радиолокация осуществляется путем облучения цели электромагнитной энергией, излучаемой антенной радиолокационной станции (РЛС), и приема энергии, отраженной от цели.

1.1.2. Эффективная площадь рассеяния

Если в среде при распространении в ней электромагнитных волн встречается тело, электрические свойства которого (электропроводность, диэлектрическая постоянная и магнитная проницаемость) отличаются от электрических свойств среды, то оно может быть радиолокационной целью. С физической точки зрения цель представляет собой разрыв непрерывности электрических свойств среды, в которой распространяются радиоволны.

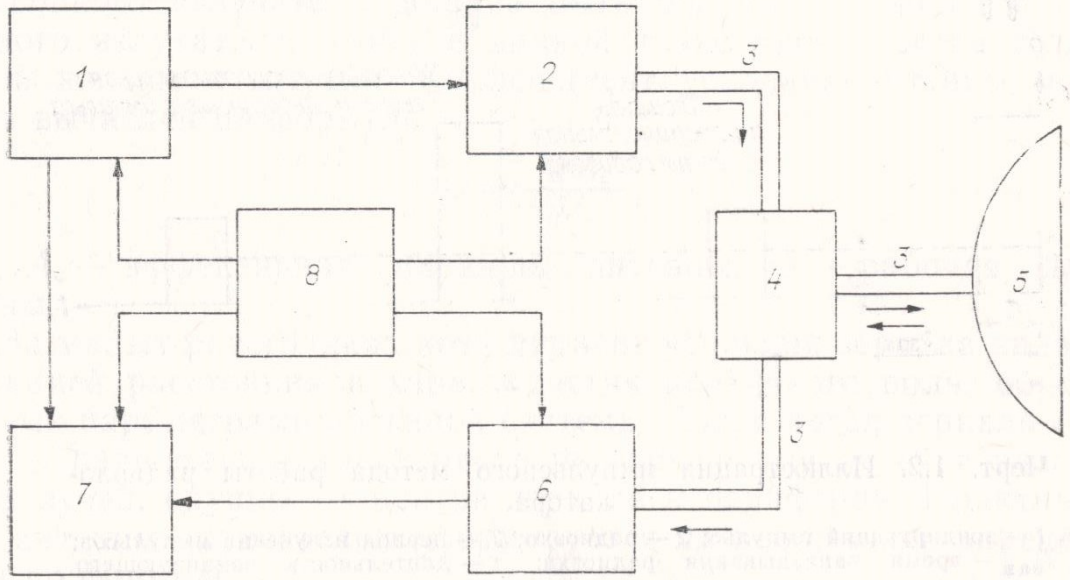
При достижении цели высокочастотное электромагнитное излучение передатчика радиолокатора возбуждает в его поверхностном слое (на поверхности раздела) наведенные токи. Наведенные токи, в свою очередь, возбуждают обратное (вторичное) излучение. Цель будет действовать как вторичный излучатель, как поверхность, рассеивающая электромагнитную энергию, падающую на нее. Эффективность рассеяния в направлении на радиолокационную станцию характеризуется величиной σ — эффективной площадью рассеяния цели.

Под эффективной площадью рассеяния понимается воображаемая площадь поверхности, которая, будучи расположена в точке цели перпендикулярно лучу и рассеивая во все стороны всю падающую на нее энергию, создает в точке приема такую же плотность потока, как и реальная цель. Эффективная площадь рас-

сеяния имеет размерность площади и выражается в квадратных метрах или квадратных сантиметрах. Она связана с размерами цели и зависит от ее формы, свойств поверхности и соотношения между размерами цели и длиной волны радиолокатора. Величина σ не зависит от мощности передатчика, чувствительности приемника и расстояния до цели. Для большинства целей она определяется экспериментально.

1.1.3. Импульсный метод радиолокации

При определении расстояния до цели (r) измеряется время запаздывания ($t_{зап}$) отраженного сигнала относительно зондирующего, излучаемого передатчиком РЛС.



Черт. 1.1. Функциональная схема импульсной радиолокационной станции.

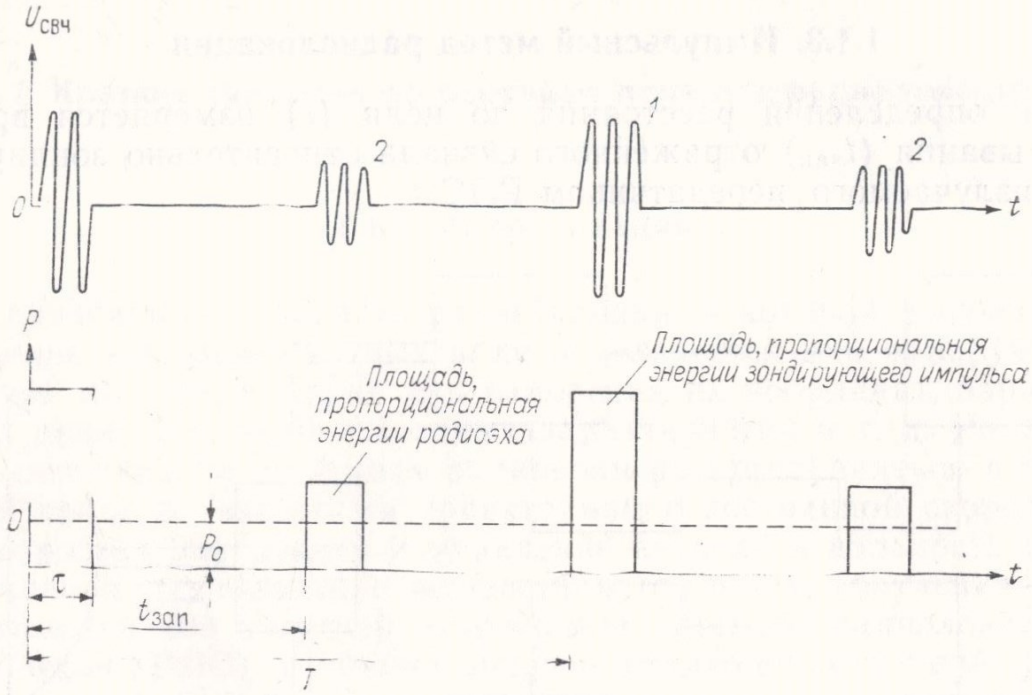
1 — синхронизатор; *2* — передатчик; *3* — фидерная система; *4* — переключатель „Передача—прием"; *5* — антенна; *6* — приемник; *7* — индикатор; *8* — источник питания.

В зависимости от способа измерения интервала времени $t_{зап}$ различают следующие методы радиолокации: импульсный, частотный, фазовый и частотно-импульсный. В метеорологических радиолокационных станциях (МРЛ), предназначенных для радиолокации облаков и явлений, связанных с облаками, используют импульсный метод радиолокации. Принцип действия импульсной РЛС рассмотрим на упрощенной блок-схеме в соответствии с черт. 1.1.

Передатчик РЛС генерирует, а антенна излучает электромагнитные колебания сверхвысокой частоты (СВЧ) в виде периодически повторяющихся кратковременных сигналов (зондирующих импульсов).

В промежутки времени между зондирующими импульсами происходит прием отраженных сигналов антенной РЛС, затем их

усиление и преобразование приемным устройством. С выхода приемника преобразованные и усиленные сигналы (видеоимпульсы) поступают на индикаторные устройства. Индикаторное устройство позволяет измерить интервал времени ($t_{зап}$) между началом излучения зондирующего импульса и началом приема отраженного, а следовательно, и определить расстояние до отражающей цели в соответствии с черт. 1.2.



Черт. 1.2. Иллюстрация импульсного метода работы радиолокатора.

1 — зондирующий импульс; *2* — радиоэхо; T — период излучения импульсов; $t_{зап}$ — время запаздывания радиоэха; τ — длительность зондирующего импульса.

Переключатель «Передача—прием» предназначен для обеспечения передачи и приема на одну антенну. Во время работы передатчика антенный переключатель отключает приемник, чтобы импульс передатчика не повредил его, а во время приема — отключает передатчик, чтобы всю энергию радиоэха направить в приемник.

Для нормальной работы импульсной РЛС необходима синхронизация всех узлов аппаратуры, в том числе синхронизация импульсного передатчика, с индикатором, т. е. моменты излучения зондирующего импульса и начала развертки индикатора должны строго совпадать. Синхронизация отдельных узлов станции может осуществляться как синхронизирующими импульсами передатчика, так и выходным импульсом специального блока-синхронизатора (внешняя синхронизация). Чаще всего применяется внешняя синхронизация.

Высокая точность определения координат цели и экономичность импульсного метода обеспечили ему широкое применение в практике.

1.1.4. Отдельные узлы РЛС

1.1.4.1. Антенная система. Антенная система состоит из антенны, антенного переключателя и фидера, соединяющего ее с передатчиком и приемником. На сантиметровых и миллиметровых волнах антенна РЛС обычно представляет собой устройство, состоящее из параболического зеркала, в фокусе которого установлен рупорный облучатель. В качестве фидера используется волновод — латунная трубка прямоугольного или круглого сечения.

Параболические антенны позволяют получать узкие диаграммы направленности, ширина которых определяется размерами параболического зеркала и рабочей длиной волны станции. Направленные свойства антенны характеризуются коэффициентом усиления по мощности G, который показывает, во сколько раз мощность изотропного излучателя должна быть больше мощности направленного излучателя, чтобы в данной точке пространства создать такой же поток энергии. Коэффициент усиления антенны может быть вычислен по формуле

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2}, \tag{1.1}$$

где A_e — эффективная площадь антенны, λ — рабочая длина волны.

На малых расстояниях коэффициент усиления зеркала является функцией расстояния и характеристик первичного поля, обусловленных параметрами антенной системы. Даже когда зеркало облучается равномерно, имеет место интерференция за счет разности хода лучей, идущих от центра зеркала к периферии. Практически луч антенны окончательно формируется на расстоянии, определяемом по формуле

$$r_{\text{фр}} \geqslant \frac{2D^2}{\lambda}, \tag{1.2}$$

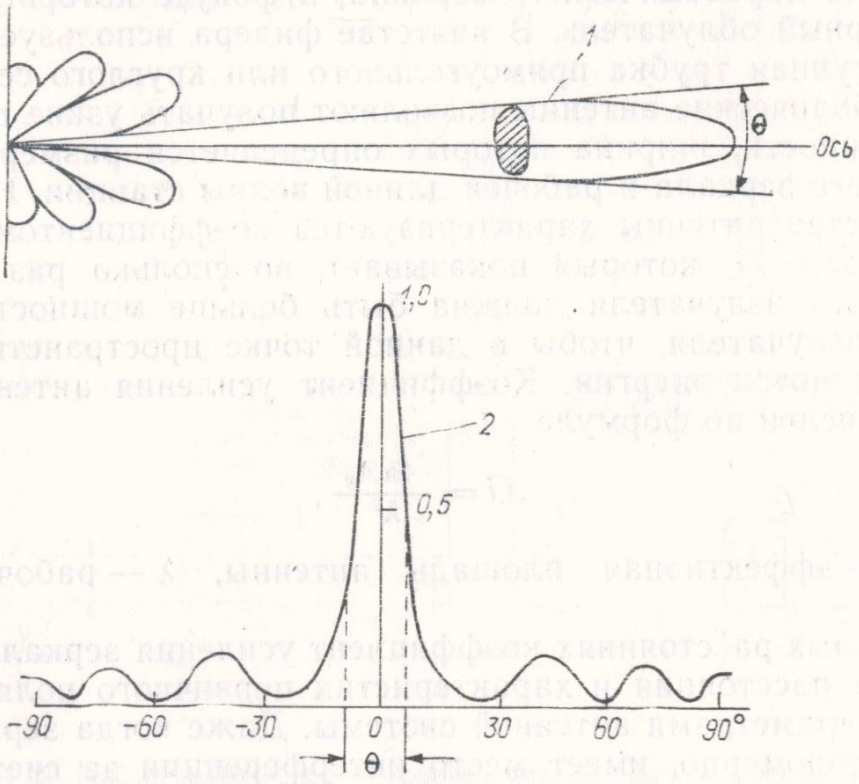
где D — диаметр раскрыва зеркала.

В пределах зоны Френеля—Фраунгофера ($a \leqslant r_{\text{фр}} \leqslant 2D^2/\lambda$) происходит формирование диаграммы направленности антенны.

Кроме основного (полезного) лепестка диаграммы направленности излучения антенны, под различными углами к нему образуются боковые лепестки, уровень которых составляет обычно менее 10 % мощности энергии основного лепестка диаграммы направленности в соответствии с черт 1.3. Наличие боковых лепестков увеличивает «мертвую» зону станции и ухудшает ее тактические характеристики. Для исключения вредных воздействий внешней среды антенна сантиметрового диапазона длин волн часто закрывается колпаком, потери энергии СВЧ в котором ничтожно малы — около 0,2 дБ.

1.1.4.2. Передатчик. В состав передатчика входят подмодулятор, модулятор и генератор энергии СВЧ. Запускающие импульсы синхронизатора поступают на подмодулятор, в котором они уси-

ливаются и приобретают необходимую форму и длительность. С выхода подмодулятора усиленные импульсы поступают на модулятор, который создает прямоугольные импульсы постоянного тока большой мощности и амплитуды. Модуляторы управляют работой генератора СВЧ. Генератор СВЧ преобразует энергию источника постоянного тока в энергию колебаний СВЧ. Эти ко-



Черт. 1.3. Диаграмма направленности антенны.

1 — диаграмма в полярных координатах и распределение плотности потока электромагнитной энергии в основном и боковых лепестках в зависимости от угла измерения; *2* — диаграмма направленности в декартовой системе координат и нормированное измерение мощности по отношению к мощности в направлении максимума излучения диаграммы направленности; θ — ширина диаграммы направленности по точкам половинной мощности.

лебания создаются генератором в течение очень коротких промежутков времени. Импульсная работа генератора, т е. включение его на короткие промежутки времени, осуществляется при помощи модулятора. В передатчиках сантиметрового и миллиметрового диапазонов используются магнетронные генераторы, обладающие высоким КПД (больше 90 %).

1.1.4.3. Приемник. Приемник радиолокационных станций предназначен для усиления принимаемых антенной радиоэхо (отраженных сигналов) и преобразования их в видеоимпульсы, удобные для наблюдения на экранах индикаторов. В диапазоне СВЧ на прием радиоэха оказывают влияние помехи внутреннего происхождения — внутренние флюктуационные шумы приемных устройств.

1.1.4.4. Индикаторы. Индикатором называется устройство, преобразующее электрические сигналы в видимые или слышимые, по-

зволяющие производить отсчет координат цели. В практике встречаются различные виды индикаторов — акустические, оптические, стрелочные, осциллографические. В РЛС получили самое широкое распространение осциллографические индикаторы, в которых используется электронно-лучевая трубка (ЭЛТ). По методу индикации радиоэха индикаторы можно разделить на две большие группы: с амплитудной отметкой и с яркостной отметкой, а по использованию и определяемым координатам — на три группы: индикаторы кругового обзора (ИКО), индикаторы дальность—высота (ИДВ) и индикаторы типа А (ИА).

1.1.5. Технические характеристики радиолокационных станций

Любая радиолокационная система характеризуется определенными техническими характеристиками (параметрами). Выбор этих параметров зависит от назначения данной системы, требуемой дальности действия, точности определения координат цели, отражающих свойств цели и т. д. Правильный выбор параметров обеспечивает высокую эффективность аппаратуры при практическом ее использовании.

Несущая (рабочая) частота f^* — это частота генерируемых передатчиком СВЧ колебаний. Основными факторами, влияющими на выбор несущей частоты, являются: свойства отражающего объекта, обеспечение необходимой точности определения координат, габариты аппаратуры, условия генерирования и усиления энергии колебаний СВЧ и др. Практически используются частоты в диапазоне 100—10 000 МГц и выше. Рабочая длина волны λ (см) может быть вычислена по формуле

$$\lambda = \frac{30\,000}{f^*}, \qquad (1.3)$$

где f^* — несущая частота (МГц).

Длительность зондирующего импульса τ — длительность во времени генерируемых передатчиком РЛС колебаний СВЧ. Для различных РЛС находится в пределах 0,1—15 мкс включительно.

Частота повторения F — число импульсов, излучаемых антенной РЛС в секунду. Измеряется в герцах (Гц).

Период повторения $T=1/F$ (с) — интервал времени между двумя последовательными импульсами. Интервал времени между посылками импульсов должен быть достаточным для возвращения отраженных сигналов от любой цели, расположенной в пределах дальности действия РЛС.

Импульсная мощность $P_и$ — мощность передатчика во время генерирования импульса. Поскольку передатчик генерирует энергию СВЧ в виде очень короткого импульса, а затем выключается на сравнительно продолжительный интервал времени (до следующей посылки), то средняя мощность ($\bar{P}_и$) за один цикл очень мала по

сравнению с $P_и$. Связь между $P_и$ и $\overline{P}_и$ может быть выражена формулой

$$\overline{P}_и = P_и \tau F. \tag{1.4}$$

Отношение периода повторения импульсов к длительности зондирующего импульса называют скважностью (Q^*) и определяют по формуле

$$Q^* = \frac{T}{\tau} = \frac{1}{F\tau}. \tag{1.5}$$

Таким образом, связь между $P_и$ и $\overline{P}_и$ через скважность может быть выражена по формуле

$$P_и = \overline{P}_и Q^*. \tag{1.6}$$

Чувствительность приемника $P_ш$ — минимальная мощность радиоэха на входе приемника, при которой на выходе приемника обеспечивается номинальное (заданное) значение выходного напряжения при заданном соотношении сигнал/шум, позволяющим уверенно фиксировать сигнал на уровне помех. Обычно чувствительность радиолокационных приемников измеряется в ваттах (Вт) и составляет от 10^{-12} до 10^{-14} Вт. Реальная предельная чувствительность приемника может быть выражена формулой

$$P_ш = KT_0 \Delta f^* N, \tag{1.7}$$

где K — постоянная Больцмана, T_0 — абсолютная температура (300 К); $KT_0 = 4 \cdot 10^{-21}$ Вт·с, Δf^* — эффективная полоса пропускания приемного тракта, N — коэффициент шума приемного устройства.

Коэффициентом шума приемника называется число, показывающее во сколько раз отношение мощности сигнала к мощности шума на выходе приемника меньше, чем на входе. В радиолокационных приемниках коэффициент шума N меняется от 5 до 25. Чем меньше N тем лучше приемник. В идеальном нешумящем приемнике $N = 1$.

Диаграмма направленности антенны Θ характеризует направленные свойства антенны РЛС, от которых зависит точность определения координат цели. Форма и ширина диаграммы направленности могут быть различны в зависимости от назначения станции.

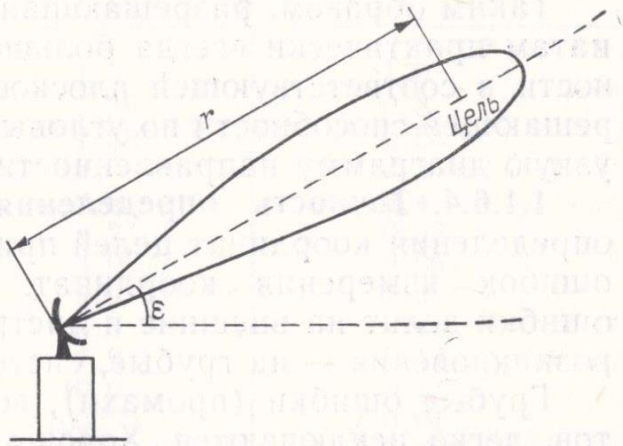
Шириной диаграммы направленности по половинной мощности называется угол между направлениями, в которых излучаемая мощность равна 50 % максимальной мощности, излучаемой в направлении оси диаграммы. Форма и ширина диаграммы направленности зависят от типа и размеров антенны, а также от рабочей длины волны λ. Практически антенны различных РЛС имеют ширину диаграммы направленности от нескольких десятков до десятых долей градуса. Для параболической антенны Θ в градусах можно определить по формуле $\Theta = 70(\lambda/D)$, где D — диаметр параболоида.

1.1.6. Определение координат цели

1.1.6.1. Наклонная дальность r. Постоянная скорость распространения энергии СВЧ ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с) используется для определения наклонной дальности r путем измерения времени $t_{зап}$, необходимого импульсу для прохождения расстояния до цели и обратно. Момент излучения зондирующего импульса берется за начало отсчета времени. Интервал между моментом излучения зондирующего импульса и моментом приема отраженного называют временем запаздывания $t_{зап}$:

$$t_{зап} = \frac{2r}{c}, \quad r = \frac{ct_{зап}}{2}. \tag{1.8}$$

Точность измерения наклонной дальности r зависит от точности измерения чрезвычайно коротких отрезков времени $t_{зап}$. В зависимости от назначения станции точность измерения дальности различна и составляет от 10 м до 1 км (черт. 1.4).



Черт. 1.4. Координаты цели.
r — наклонная дальность; ε — угол возвышения антенны.

1.1.6.2. Угловые координаты (азимут и угол места). Определение угловых координат основано на использовании направленного действия антенны. Обычно угловые координаты определяются по положению антенны, когда она направлена на цель. Различают амплитудные, фазовые и амплитудо-фазовые методы определения угловых координат (пеленгации). В МРЛ принят амплитудный метод пеленгации по максимуму. При этом методе момент точного пеленга определяют по максимуму выходного сигнала на индикаторе. Точность определения угловых координат зависит от ширины диаграммы направленности и метода определения угловых координат.

1.1.6.3. Разрешающая способность. Различают разрешающую способность по дальности и угловым координатам. Разрешающей способностью по дальности ($r_{мин}$) называют минимальные расстояния между целями, находящимися в одном направлении, при котором на индикаторе они наблюдаются раздельно. При дальнейшем уменьшении расстояния между целями радиоэхо этих целей сливаются. Разрешающая способность по дальности (РСД) зависит от длительности импульса в пространстве $h = c\tau$, а также от технических характеристик аппаратуры. Практически РСД колеб-

лется в пределах $h/2 - h$. Так, например, при $\tau = 1$ мкс $r_{мин} = 200$ м. Таким образом, для улучшения РСД желательно применять возможно более короткие импульсы.

Разрешающей способностью по угловым координатам (РСУ) называется наименьшее угловое расстояние между двумя целями, находящимися на одинаковом удалении, при котором можно их наблюдать на индикаторе раздельно. Разрешающая способность по угловым координатам зависит прежде всего от ширины диаграммы направленности антенны в соответствующей плоскости, а также от разрешающей способности индикаторной аппаратуры:

$$РСУ = \Theta + \Delta\beta, \qquad (1.9)$$

где Θ — ширина диаграммы направленности антенны в горизонтальной (вертикальной) плоскости; $\Delta\beta$ — разрешающая способность индикатора по углу в соответствующей плоскости. Первое слагаемое определяет потенциальную разрешающую способность РЛС по угловым координатам.

Таким образом, разрешающая способность по угловым координатам практически всегда больше ширины диаграммы направленности в соответствующей плоскости. Для получения высокой разрешающей способности по угловым координатам необходимо иметь узкую диаграмму направленности антенны.

1.1.6.4. Точность определения координат целей. О точности определения координат целей при помощи РЛС судят по величине ошибок измерения координат. По источникам возникновения ошибки делят на внешние и инструментальные, по закономерности возникновения — на грубые, систематические и случайные.

Грубые ошибки (промахи), возникающие в результате просчетов, легко исключаются. Хорошо обученный персонал РЛС их не допускает.

Систематические ошибки, как правило, являются инструментальными. Они обусловлены точностью настройки и регулировки аппаратуры, состоянием аппаратуры, ошибками привязки и ориентирования РЛС на местности, степенью обученности операторов. Личный состав, обслуживающий РЛС, должен знать источники возможных систематических ошибок и устранять причины их возникновения. Эти ошибки могут быть заранее определены и учтены.

Систематические ошибки могут быть и внешними, как, например, ошибки, обусловленные влиянием на распространение радиоволн конкретных атмосферных условий, или ошибки, обусловленные характером цели.

Случайные ошибки — неизбежные ошибки, обусловленные случайным характером всех процессов в блоках аппаратуры, особенностями распространения радиоволн, отражения от целей, наблюдения за экраном и т. д. Случайные ошибки действующих станций определяются путем предварительных испытаний. Именно случайные ошибки и определяют точность измерения координат целей. Для оценки случайных ошибок пользуются среднеквадратичной, средней (вероятной) и максимальной ошибками.

1.1.7. Единицы измерения в радиолокации

Широкий диапазон мощностей (от 10^{-13} Вт до сотен кВт), с которыми приходится встречаться в радиолокации, а также специфичность способов их измерений, основанных на сравнении измеряемой мощности со стандартной, заранее известной, обусловили применение относительных единиц измерения — децибелов (дБ). Децибел — логарифмическая единица, применяемая для измерения отношения мощностей:

$$A\,(\text{дБ}) = 10 \lg \frac{P_1}{P_0}, \qquad (1.10)$$

где P_1 и P_0 — сравниваемые мощности.

Таблица 1.1

Децибелы	Отношение мощностей	
	Усиление (+)	Ослабление (—)
0	1,0	1,0
1	1,26	0,8
2	1,58	0,63
3	2,0	0,5
4	2,5	0,4
5	3,2	0,32
6	4,0	0,25
7	5,0	0,2
8	6,3	0,16
9	7,9	0,12
10	10,0	0,1
20	100	0,01
30	1000	0,001
40	10000	0,0001
50	100000	0,00001
60	1000000	0,000001

Если P_1 больше P_0, то величина децибела положительная, что соответствует усилению. При P_1 меньше P_0 величина децибела будет отрицательной, что соответствует ослаблению. Применение логарифмических единиц (децибелов) удобно, так как умножение и деление чисел заменяется более простым действием — сложением и вычитанием. Кроме того, запись как дробных, так и больших целых чисел в децибелах получается более краткой. В табл. 1.1 дан перевод децибелов в отношения мощностей.

Из свойств логарифмов следует, что 13 дБ = 10 дБ + 3 дБ, 23 дБ = 20 дБ + 3 дБ и т. д.

В качестве уровня P_0 можно выбрать 1 Вт или 1 мВт. Тогда в децибелах можно выражать абсолютные значения мощности. Например, 10^{-13} Вт = —130 дБ/Вт = —100 дБ/мВт.

При эксплуатации РЛС, особенно в тех случаях, когда они используются для получения количественных характеристик, боль-

шое значение придается контролю импульсной мощности передатчика и чувствительности приемного тракта. Под импульсной мощностью передатчика $P_и$ понимается мощность высокочастотных колебаний, отдаваемая передатчиком в нагрузку. Используемые для измерения мощности приборы, как правило, рассчитаны на измерение среднего значения мощности $\bar{P}_и$. В сантиметровом и миллиметровом диапазоне основными для измерения $\bar{P}$ являются приборы, в которых используются термисторы и термосопротивления, термоэлементы. Импульсная мощность обычно измеряется в киловаттах (кВт) и вычисляется по средней мощности по формуле (1.6).

Реальная чувствительность приемного устройства определяется минимальной мощностью полезного сигнала на его входе, при которой сигнал уверенно обнаруживается на выходе индикаторных устройств. Чувствительность приемников сантиметрового и миллиметрового диапазонов выражается в единицах мощности или децибелах, отнесенных к одному ватту. Реальная предельная чувствительность приемного устройства практически весьма близка к мощности шумов приемника $P_ш$. В этом случае коэффициент различимости, т. е. минимально необходимое отношение мощности сигнала к мощности шума на выходе приемника, равен единице. Величина $P_ш$ может быть вычислена по измеренному значению коэффициента шума. Для приемника, имеющего полосу пропускания Δf^* от 2 до 2,5 МГц, учитывая, что $KT_0 = 4 \cdot 10^{-21}$ Вт · с, $P_ш$ можно вычислить по формуле

$$P_ш = 4 \cdot 10^{-21} \cdot 2{,}3 \cdot 10^6 N = 9{,}2 \cdot 10^{-15} N, \qquad (1.11)$$

$$P_ш \text{ дБ} = -141 + 10 \lg N.$$

1.2. Краткие сведения по основам радиолокационной метеорологии

1.2.1. Дальность радиовидимости

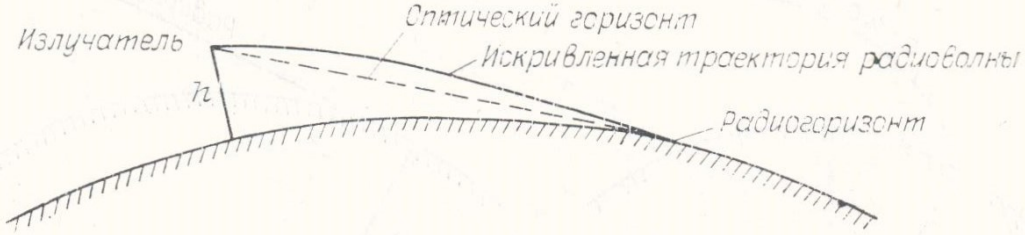
Радиоволны сантиметрового диапазона распространяются в атмосфере в пределах прямой видимости, но не по прямолинейным, а по криволинейным траекториям (траектория распространения радиоволн называется радиолучом). Причина такого явления — атмосферная рефракция, обусловленная диэлектрической неоднородностью атмосферы.

Как известно, диэлектрическая проницаемость и показатель преломления воздуха в диапазоне радиоволн зависят от давления, температуры и влажности воздуха. Все эти параметры в атмосфере обычно убывают с высотой. Убывает с высотой и величина показателя преломления воздуха, которая у поверхности Земли может изменяться от 1,0026 до 1,0046.

С другой стороны, показатель преломления атмосферы определяется как отношение скорости распространения радиоволн

в вакууме к их скорости в реальной атмосфере. Поскольку в верхних слоях атмосферы показатель преломления меньше, чем в нижних, скорость распространения радиоволн увеличивается с увеличением высоты слоя над поверхностью земли. По этой причине траектория любой радиоволны, первоначально горизонтальная, по мере удаления от источника радиоволн загибается вниз, к поверхности Земли.

При распространении радиоволн над сферической Землей появляется радиогоризонт, т. е. граница, определяемая точками каса-



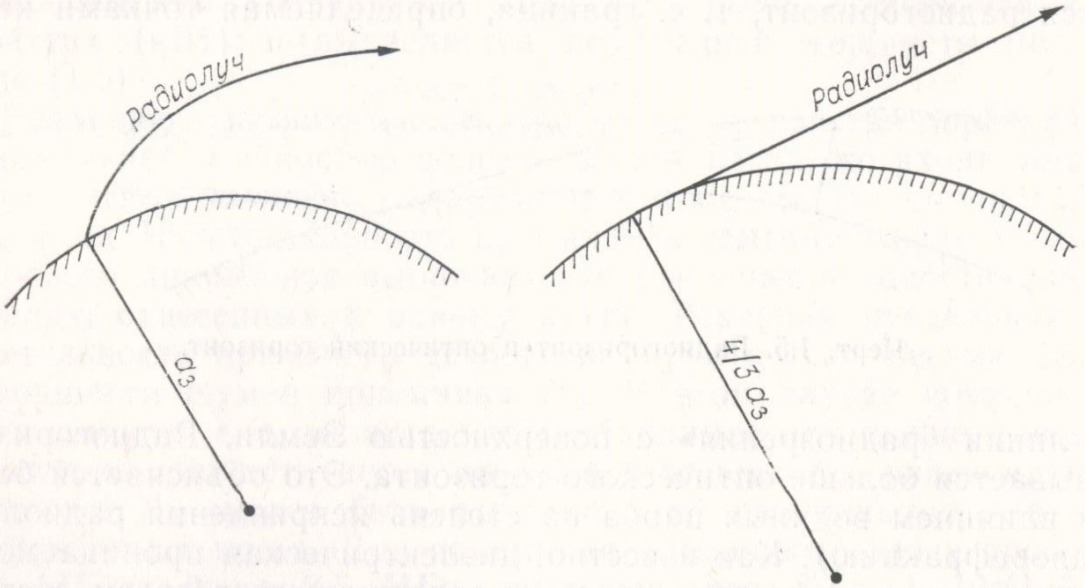
Черт. 1.5. Радиогоризонт и оптический горизонт.

ния линии «радиозрения» с поверхностью Земли. Радиогоризонт оказывается больше оптического горизонта. Это объясняется большим влиянием водяных паров на степень искривления радиолуча (радиорефракцию). Как известно, диэлектрическая проницаемость и показатель преломления газа, не содержащего в своем составе свободных электронов и ионов, обусловлены дополнительными полями, создаваемыми смещением электронов в молекулах и ориентировкой полярных молекул под действием электромагнитного поля. Из числа газов, входящих в состав воздуха, полярными молекулами обладает водяной пар. В диапазоне световых частот (10^{14} Гц) молекулы водяного пара воздуха, которые имеют постоянный электрический дипольный момент, не успевают с такой частотой менять свою ориентацию. Поэтому водяной пар почти не влияет на степень оптической рефракции. Колебания же с частотой радиоволн приводят молекулы водяного пара в колебательное движение и тем самым оказывают влияние на ослабление радиоволн и на степень искривления радиолуча.

Величина показателя преломления воздуха по этой причине оказывается больше величины преломления воздуха для световых частот. Отсюда скорость распространения радиоволн в реальной атмосфере должна уменьшаться по сравнению с их скоростью в вакууме, а их траектория должна искривляться в большей степени, чем траектория световых лучей. Дальность радиогоризонта оказывается в среднем на 15 % больше дальности оптического горизонта (черт. 1.5).

Радиорефракция в атмосфере и расстояние до горизонта определяются не абсолютным значением показателя преломления, а тем, насколько быстро он изменяется с высотой, т. е. вертикальным градиентом. Для нормальной или стандартной атмосферы вертикальный градиент показателя преломления воздуха g_n равен

минус $4 \cdot 10^{-8}$ м$^{-1}$. В стандартной радиоатмосфере принимается, что температура воздуха на уровне моря $T_0 = 288$ К и давление водяного пара $e_0 = 10$ гПа. С высотой они убывают по линейным законам (6,5 °С/км и 3,5 гПа/км соответственно), а давление воздуха ($P_0 = 1023{,}2$ гПа) убывает по формуле для изотермической атмосферы. Относительная влажность с высотой не меняется и остается равной 60 %.



Черт. 1.6. Увеличение радиуса Земли в 4/3 раза позволяет изобразить траекторию радиоволн в виде прямой линии.

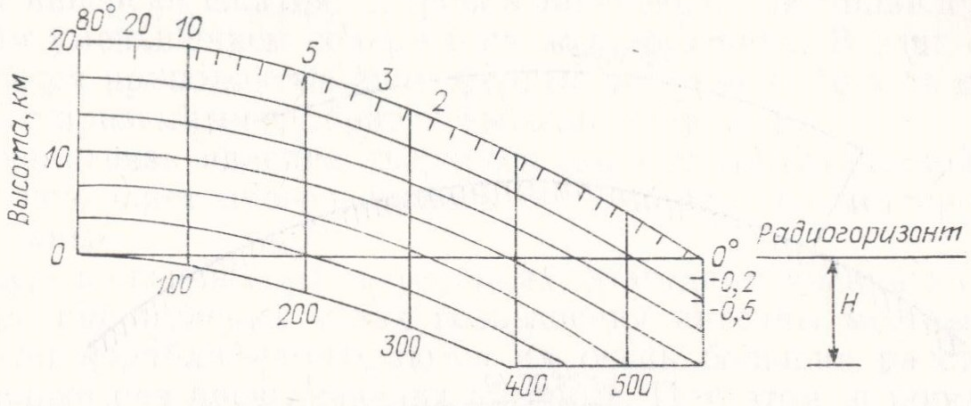
Искривление радиолуча в стандартной радиоатмосфере называется нормальной рефракцией. Радиус кривизны радиолуча будет равен при этом 25 000 км, что составляет примерно четыре радиуса Земли ($a_з = 6370$ км). Для учета влияния атмосферы на искривление радиолуча в условиях нормальной рефракции при расчете дальности радиовидимости, а также для изображения траектории радиоволн в виде прямой линии, радиус Земли необходимо увеличивать в 4/3 раза в соответствии с черт. 1.6.

В условиях нормальной рефракции дальность радиовидимости $r_{рг}$ (км) при поднятой на высоту h^* (м) над поверхностью Земли антенне радиолокатора и находящейся на высоте H (м) над поверхностью Земли цели будет определяться простой формулой:

$$r_{рг} = \sqrt{\frac{2a_з}{1 + a_з g_п}} \left(\sqrt{h^*} + \sqrt{H}\right) = 4{,}1 \left(\sqrt{h^*} + \sqrt{H}\right). \quad (1.12)$$

Для облегчения расчетов по формуле (1.12) существует график зависимости $r_{рг}$ от H для различных углов возвышения антенны при $h^* = 0$ и градиенте показателя преломления $g_п$, равном минус $4 \cdot 10^{-8}$ м$^{-1}$ (черт. 1.7). Из этого графика наглядно видно, что даже при нулевых углах возвышения антенны радиолуч поднимается с увеличением расстояния над поверхностью Земли. Начиная с удаления 100 км от МРЛ, будет существовать расширяющаяся

с расстоянием зона, простирающаяся от поверхности Земли до нижней границы диаграммы направленности антенны радиолокатора. Цели не будут обнаруживаться радиолокатором, если они находятся в этой зоне. Более точно, чем на черт. 1.7, высота H отражающих целей относительно уровня расположения антенны радиолокатора ($h^* = 0$) и с учетом угла возвышения антенны ε



Черт. 1.7. Радиолуч над сферической Землей при нормальной рефракции и антенне, расположенной на поверхности Земли ($h^* = 0$).

в условиях нормальной рефракции ($\xi = 6 \cdot 10^{-5}$ км) определяется по формуле

$$H = r \sin \varepsilon + \xi r^2, \qquad (1.12а)$$

где r — расстояние от радиолокатора до цели. Второй член формулы учитывает искривление траектории в условиях нормальной атмосферной рефракции.

1.2.2. Явление сверхрефракции и аномальное радиоэхо

Формула (1.9) справедлива в среднем при хорошо перемешанной атмосфере, в дни с выпадением осадков. Известны условия в атмосфере, при которых эта формула не совсем верна. Они отмечаются, если вертикальный градиент показателя преломления равен или больше минус $15{,}7 \cdot 10^{-8}$ м$^{-1}$.

В первом случае понятия радиогоризонта не будет существовать, поскольку кривизна радиолуча будет равна кривизне Земли. Во втором случае кривизна радиолуча будет меньше кривизны Земли в соответствии с черт. 1.8. Явление, наблюдаемое при этом, называется явлением сверхрефракции.

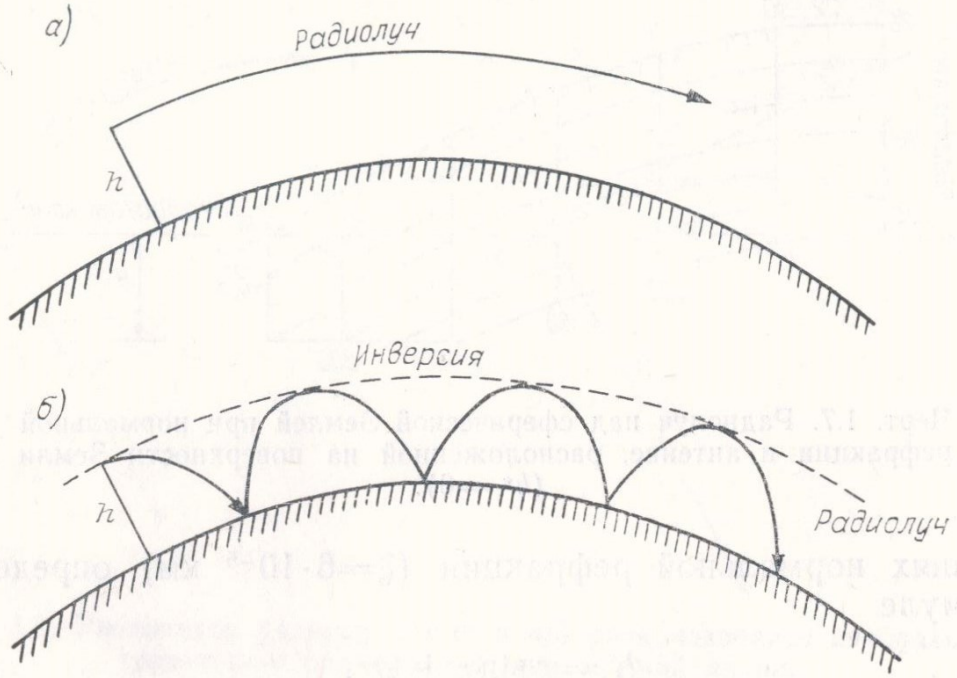
При сверхрефракции радиолуч распространяется вдоль поверхности Земли или воды, как бы между двумя проводящими параллельными безграничными плоскостями. Верхней плоскостью является нижняя граница температурной инверсии, нижней — поверхность Земли или воды. Радиолуч, выходящий под небольшим углом наклона к горизонту (близким к 0°), испытывает полное внутреннее отражение в некотором слое нижней границы инверсии,

125310

затем он достигает поверхности Земли, потом опять отражается и т. д.

Таким образом, распространение происходит вдоль Земли, как по волноводу, только по атмосферному волноводу, и дальность радиовидимости резко увеличивается.

Если антенна передатчика, расположенная на какой-то высоте, излучает электромагнитные волны, траектория которых направ-



Черт. 1.8. Радиолуч над поверхностью Земли.

а — градиент показателя преломления воздуха равен $-15{,}7 \cdot 10^{-3}$ м$^{-1}$;
б — больше $-15{,}7 \cdot 10^{-8}$ м$^{-1}$.

лена под большими углами к горизонту, то эти радиоволны, испытывая лишь частичное преломление, проходят сквозь верхнюю границу слоя сверхрефракции и, следовательно, не захватываются этим слоем.

Сверхрефракция обычно бывает при наличии инверсии температуры, при пониженной влажности атмосферы в приземном слое. В дни выпадения осадков сверхрефракция, как правило, не отмечается. Условия для сверхрефракции возникают при следующих основных метеорологических ситуациях.

1. При перемещении теплых сухих масс воздуха с континента на более холодную морскую поверхность в летнее время. При этом наблюдается сильное испарение с морской поверхности. При слабом перемешивании парциальное давление водяного пара уменьшается с высотой, а температура растет. Волноводное распространение может иметь место в случае перемещения холодного воздуха над теплым, когда несмотря на относительно быстрое падение температуры с высотой, вследствие резкого уменьшения парциального давления водяного пара с высотой наблюдается значение градиента показателя преломления воздуха, превышающее критическое, т. е. минус $15{,}7 \cdot 10^{-8}$ м$^{-1}$.

2. Над сушей при ясной безоблачной погоде ночью при возникновении приземных радиационных инверсий температуры, сопровождающихся образованием росы. Утром с восходом солнца и усилением испарения происходит заметное уменьшение влажности с высотой.

3. В областях повышенного давления (антициклон) вследствие оседания воздуха на верхних уровнях при образовании так называемой инверсии сжатия, сопровождающейся, как правило, значительным уменьшением содержания водяного пара. В этих случаях образуются приподнятые атмосферные волноводы, иногда они сливаются с приземными, образуя высокие волноводы.

Тесная связь явления сверхрефракции с синоптической обстановкой позволяет прогнозировать ее появление по метеорологическим данным.

В перечисленных выше условиях благодаря явлению сверхрефракции при нулевых углах возвышения антенны местные предметы или корабли наблюдаются на очень больших расстояниях, в несколько раз превышающих обычные. При этом возникает возможность выдачи ложной информации о метеорологических образованиях. Об этом подробно будет сказано далее.

1.2.3. Эффективная площадь рассеяния метеоцели

Применение радиолокации в метеорологии основано на рассеянии радиоволн сантиметрового диапазона частицами облаков и осадков в виде капель дождя, градин, кристаллов, снежинок и их различных комбинаций.

При прохождении электромагнитной волны через облака и зоны осадков в каждой отдельной частице возбуждается вторичное излучение. При этом часть энергии падающей волны поглощается и переходит в тепло. Другая часть переизлучается в виде рассеянной волны по различным направлениям, в том числе и совпадающим с направлением на радиолокатор. Частота колебаний рассеянной электромагнитной волны совпадает с частотой волны, падающей на частицу. Интенсивность излучения от такой частицы в направлении на радиолокатор, как и для всякой цели, можно оценить через эффективную площадь рассеяния σ.

Для падающей на сферическую частицу радиусом a плоской электромагнитной волны значение эффективной площади рассеяния частицы можно рассчитать строго, если известна длина волны λ и комплексный показатель преломления вещества частицы m в диапазоне волн λ. Наличие мнимой части в m означает, что падающая на частицу энергия частично поглощается.

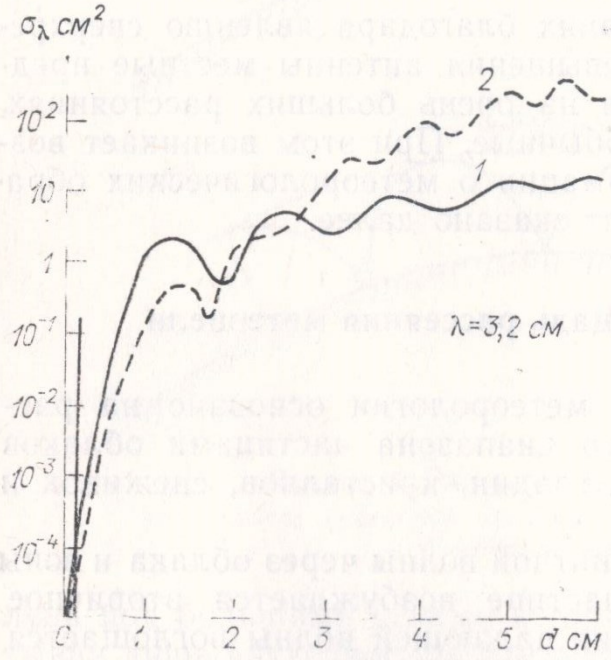
Выражение для σ оказывается совсем простым, если удовлетворяются два условия: радиус частицы a должен быть, во-первых, намного меньше длины волны λ (точнее $a \leqslant 0{,}03\lambda$) и, во-вторых, меньше длины волны внутри частицы ($a < 0{,}13\,\lambda/|m|$). Если это условие не выполняется, то электромагнитное поле внутри частицы

не будет совпадать с внешним, и проникшие в частицу волны породят различные системы стоячих волн.

Для таких малых частиц сферической формы σ описывается формулой Релея

$$\sigma = \frac{64\pi^5 a^6}{\lambda^4} \left| \frac{m^2 - 1}{m^2 + 2} \right|. \qquad (1.13)$$

Множитель $\left|\frac{m^2-1}{m^2+2}\right|$ для воды в сантиметровом диапазоне волн равен $0{,}93 \pm 0{,}004$, а для льда с единичной плотностью 0,197. Отсюда следует, что эта величина для водяной сферической частицы почти в пять раз больше, чем для ледяной сферической частицы таких же размеров.



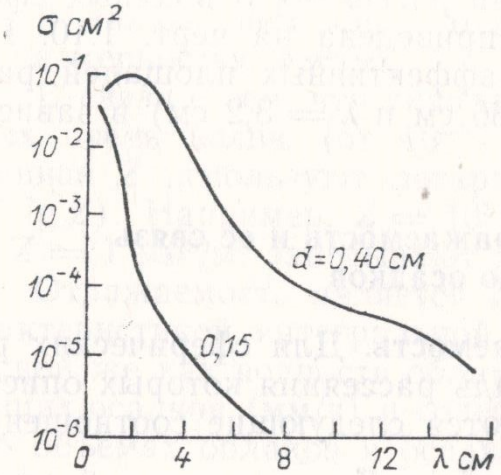
Черт. 1.9. Изменение эффективной площади рассеяния σ_λ водяной (*1*) и ледяной (*2*) сферических частиц на длине волны 3,2 см.

Тонкой линией, параллельной оси σ_λ, отделена область рассеяния Релея.

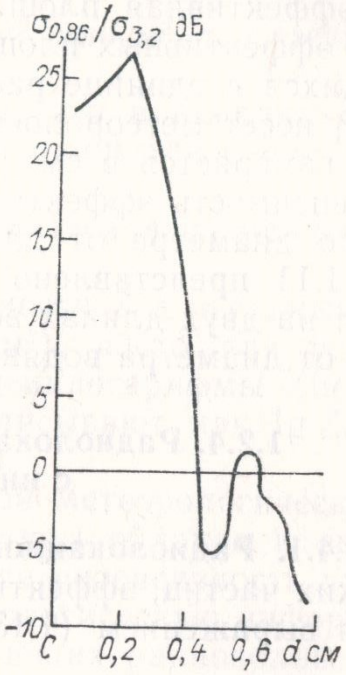
С увеличением размеров частиц, когда $a \geqslant 0{,}03\,\lambda$, величина σ сначала стремительно растет до некоторого предела, зависящего от соотношения между a и λ, а затем начинает осциллировать, постепенно приближаясь к предельному значению, пропорциональному πa^2. Изменение σ_λ в зависимости от a для $\lambda = 3{,}2$ см происходит в соответствии с черт. 1.9. В случае когда $a > 0{,}03\,\lambda$, σ рассчитывается не в соответствии с вышеприведенной формулой, а по точным формулам Ми, графически представленным в виде кривых на черт. 1.9.

Из приведенных графиков следует, что с увеличением диаметра сухих ледяных сфер начинают отмечаться аномалии в рассеянии. Интенсивность рассеяния сухих ледяных сфер, размеры которых равны или больше длины волны, на порядок больше, чем водяных капель равного радиуса. Это обусловлено тем, что ледяная сфера с малым показателем преломления и пренебрежимо малым внутренним поглощением ведет себя как диэлектрическая линза. Малый коэффициент отражения на ее передней поверхности позво-

ляет большей части падающей энергии проникнуть в сферу, где она фокусируется на внутренней поверхности и частично отражается назад. В противоположность этому отражению, отражение от большой водяной сферы (как и от металлической) из-за большого показателя преломления фактически происходит от передней по отношению к падающей волне поверхности, выпуклость которой приводит к расхождению отраженного пучка. Таким образом, небольшое количество энергии, которое попадает внутрь



Черт. 1.10. Зависимость эффективной площади рассеяния σ водяных сфер разного диаметра от длины волны.



Черт. 1.11. Отношение $\sigma_{0,86}/\sigma_{3,2}$ в зависимости от диаметра водяной сферы.

сферы, никогда не достигает ее задней поверхности, так как пучок после преломления на передней поверхности становится настолько узким, что его лучи сходятся на оси вблизи передней поверхности сферы. Энергия, попавшая внутрь, сильно ослабевает из-за большого коэффициента поглощения воды.

По той же причине смачивание больших ледяных сфер ($2a \geqslant \geqslant 0{,}8\,\lambda$) приводит к уменьшению их σ; для этого достаточно толщины оболочки в 10^{-2} см. Эти сведения необходимы для интерпретации отраженных сигналов от крупного града.

На вход приемника радиолокатора в период между посылками высокочастотных импульсов передатчика одновременно поступают отраженные сигналы, создаваемые не одной частицей, а совокупностью частиц, которые заключены в объеме, ограниченном шириной диаграммы направленности антенны радиолокатора и половиной пространственной протяженности зондирующего импульса. Величина такого объема увеличивается с удалением от радиолокатора. Поэтому для характеристики эффективной площади рассеяния совокупности частиц пользуются понятием об эффективной

площади рассеяния единицы объема η. Если положение рассеивающих частиц в объеме взаимно независимо и произвольно, а расстояние между частицами такое, что отсутствует взаимодействие (интерференция) между полями, излученными отдельными частицами, то такое рассеяние называется некогерентным. В этом случае

$$\eta = \sum_{i,\, v} \sigma_i, \tag{1.14}$$

т. е. эффективная площадь рассеяния единицы объема v равна сумме эффективных площадей рассеяния σ_i отдельных частиц, находящихся в единице рассеивающего объема ($м^3$ или $см^3$). Величина η несет метеорологическую информацию об облаках и осадках и измеряется в $см^{-1}$, т. е. ($см^2/см^3$), или $м^{-1}$, т. е. ($м^2/м^3$).

Зависимость эффективной площади рассеяния σ водяных сфер разного диаметра от длины волны приведена на черт. 1.10. На черт. 1.11 представлено отношение эффективных площадей рассеяния на двух длинах волн ($\lambda = 0{,}86$ см и $\lambda = 3{,}2$ см) в зависимости от диаметра водяной сферы.

1.2.4. Радиолокационная отражаемость и ее связь с интенсивностью осадков

1.2.4.1. Радиолокационная отражаемость. Для сферических релеевских частиц, эффективная площадь рассеяния которых описывается выражением (1.13), выполняются следующие соотношения

$$\eta = \frac{64\pi^5}{\lambda^4} \sum_{i,\, v} a_i^6 \left| \frac{m_i^2 - 1}{m_i^2 + 2} \right|^2, \tag{1.15}$$

$$\eta = \frac{64\pi^5}{\lambda^4} Z_a, \tag{1.16}$$

$$Z_a = \sum_{i,\, v} a_i^6 \left| \frac{m_i^2 - 1}{m_i^2 + 2} \right|^2. \tag{1.17}$$

Величина Z называется радиолокационной отражаемостью. Как следует из формулы, радиолокационная отражаемость Z определяется концентрацией и распределением частиц по размерам в единичном объеме и их комплексным показателем преломления в диапазоне сантиметровых и дециметровых волн. Величина Z характеризует рассеивающие свойства облаков и осадков в диапазоне радиоволн. Если в объеме воздуха находятся только частицы воды или только частицы льда, радиолокационная отражаемость определяется как произведение индекса преломления воды или льда на сумму всех возведенных в шестую степень величин радиусов частиц, заключенных в единице объема ($см^3$ или $м^3$),

$$Z_a' = \left| \frac{m^2 - 1}{m^2 + 2} \right|^2 \sum_{i,\, v} a_i^6. \tag{1.18}$$

Если величина Z_a выражается через диаметр частиц, то она обозначается Z и описывается формулой

$$Z = \sum_{i,\ v} d_i^6 \left| \frac{m_i^2 - 1}{m_i^2 + 2} \right|^2, \tag{1.19}$$

$$Z = 64 Z_a, \tag{1.19а}$$

$$\lg Z = \lg Z_a + 1{,}8. \tag{1.19б}$$

Величина Z измеряется в см^3, т. е. см^6/см^3, или м^3, т. е. м^6/м^3, или мм^6/м^3.

Последняя размерность подчеркивает, что в единице объема (м^3) суммируются не просто радиусы находящихся в нем частиц, а радиусы частиц в шестой степени (мм^6).

В дальнейшем для Z будет использоваться выражение (1.17) с размерностью мм^6/м^3.

В связи с тем, что диапазон отражаемости Z в реальных облаках очень велик (от 10^{-5} до 10^5 мм^6/м^3), часто для удобства записи Z используют логарифмы или децилогарифмы ($\lg Z$ или $10 \lg Z$). Например, $Z = 10^{3,5}$ мм^6/м^3 записывают как $\lg Z = 3{,}5$, а $Z = 1$ мм^6/м^3 записывают как $\lg Z = 0$.

Отражаемость является специфической метеорологической характеристикой интегральной микроструктуры облаков и осадков, такой же как водность облаков (г/м^3) или интенсивность выпадающих осадков (мм/ч) и содержит метеорологическую информацию об объемах облаков и осадков, рассеивающих радиоволны. Величина Z в отличие от η не зависит от длины волны λ и от каких-либо других параметров радиолокатора.

Формулы для Z и η выражают еще одну особенность радиолокационной информации, а именно ее сильную зависимость от размера частиц. Если диаметр одной капли больше диаметра другой в 10 раз, то значения Z, η и величина отраженного от них сигнала, будут больше в 10^6 раз. Таким образом, величина Z резко возрастает при увеличении размеров частиц и их концентрации в облаке, и резко падает по мере их уменьшения. Отсюда ясно, что радиолокатор наиболее эффективен при обнаружении и определении размеров облаков, состоящих из большого числа крупных частиц.

Расчет интенсивности рассеяния электромагнитной энергии объемом, содержащим частички облаков и осадков, требует знания аналитического выражения для функции распределения капель по размерам (спектра капель). Спектр является важной самостоятельной характеристикой облаков и осадков, однозначно связанной с водностью облаков и интенсивностью осадков.

Изменение спектра с высотой связано с развитием в облаках восходящих потоков. Капли в поднимающемся облачном воздухе растут за счет конденсации (так как охлаждение поднимающегося воздуха приводит к созданию в облаке пересыщения) и коагуляции. На спектр капель влияет также испарение близ границ об-

лака и падение капель относительно воздуха. Гравитационная коагуляция, играющая главную роль среди коагуляционных явлений в облаках, начинается лишь после появления в облаке капель с $a = 15$ мк.

Сложность физических процессов, происходящих в облаках, позволяет говорить только об осредненных спектрах. Причем осреднение производится по большому числу измерений, выполненных в разных облаках на разных стадиях их развития.

Кривые распределения облачных капель характеризуются, как правило, наличием одного максимума, положение которого меняется в процессе жизни облака. Спектр удобно характеризовать радиусом капель $a_м$, т. е. радиусом, соответствующим максимуму кривой распределения, или иначе наиболее вероятному значению радиуса в данном спектре. Для построения кривых повторяемости числа облачных капель в зависимости от размера по оси абсцисс откладывается радиус (или диаметр) капель, а по оси ординат — отношение числа капель n_a, радиус которых заключен между a и $a \pm da$, к общему числу капель в некотором объеме воздуха. Кривые, представляющие зависимость отношения $n_a/n = f(a)$ от a, носят название кривых плотности распределения.

Более строго функция $f(a)$ определяется следующим образом. Пусть относительная доля $dn(a)/n$ числа частиц, радиусы которых заключены в пределах $(a, a+da)$, представлена в виде

$$dn(a) = nf(a) \tag{1.20}$$

при условии

$$\int_0^\infty \frac{dn(a)}{n} = \int_0^\infty f(a)\,da = 1. \tag{1.21}$$

Функция $f(a)$ и называется функцией счетного распределения частиц по размерам. Средний арифметический радиус определяется из выражения

$$a_{ср} = \int_0^\infty af(a)\,da. \tag{1.22}$$

Было предложено много эмпирических формул, описывающих реальные спектры облаков. Самая распространенная из них — формула Хргиана—Мазина, являющаяся частным случаем четырехпараметрического гамма-распределения. Формула Хргиана—Мазина удовлетворительно описывает спектр для облаков слоистых форм:

$$n(a)\,da = c^* a^2 e^{-ba}\,da, \tag{1.23}$$

где $n(a)$ — число капель, радиусом от a до $a+da$; c^*, b — постоянные, зависящие от формы облаков;

$$c^* = \frac{(5)^5}{2} \frac{\omega}{\pi\rho^* a_м^6}, \quad \omega = \frac{4}{3} \pi\rho^* n \int_0^\infty a^3 f(a)\, da, \qquad (1.24)$$

$$b = \frac{5}{a_м},$$

где $a_м$ — радиус капель, соответствующий максимуму кривой распределения; ω — водность облака; ρ^* — плотность вещества капли.

Формула Хргиана—Мазина непригодна для описания крупнокапельной части спектра. В последние годы сотрудники ЦАО выяснили, что в облаках существуют крупные частицы радиусом, намного превышающим 75 мкм.

Крупные частицы в облаках хорошо описываются обратной степенной зависимостью $n(a)$:

$$n(a) = (\alpha - 1) \frac{N_1}{a_1} \frac{(a_1)^2}{a}, \qquad (1.25)$$

где N_1 — числа частиц, превышающих определенный порог; a_1 — минимальный размер частиц, регистрируемый прибором; α — показатель, характеризующий спад кривой распределения для различных облаков.

Ниже приведены значения α для трех типов облаков и в скобках средняя мощность облаков: слоистые (St) — $\alpha = 6$ (0,22—1,3 км); слоисто-кучевые (Sc) — $\alpha = 5$ (0,1—0,5 км); слоисто-дождевые (Ns) — $\alpha = 3$ (2,1 — 2,8 км). Как и в случае мелкокапельной части спектра, форма кривой распределения крупных частиц по размерам — вполне определенная характеристика облака.

Несмотря на ничтожно малую концентрацию таких капель по сравнению с концентрацией мелких капель (радиусом менее 75 мкм), их суммарный ЭПР может превосходить суммарный ЭПР всех мелких капель в заданном объеме облака. Капли мороси и дождя значительно крупнее облачных. Радиус капель мороси составляет 0,025—0,25 мкм. Радиус наиболее крупных капель достигает 3—4 мм. Капли дождя большего радиуса не могут существовать из-за разбрызгивания. Число капель дождя и мороси в одном кубическом метре редко превышает 1000. Так, например, при слабом дожде интенсивностью 0,5 мм/ч в 1 м^3 воздуха находится в среднем 1250 капель диаметром менее 0,25 мм и всего две капли диаметром больше 1,5 мм, а при сильном дожде (100 мм/ч) — соответственно 3400 и 60 капель.

Среднее распределение капель дождя по размерам удовлетворительно описывается соотношением

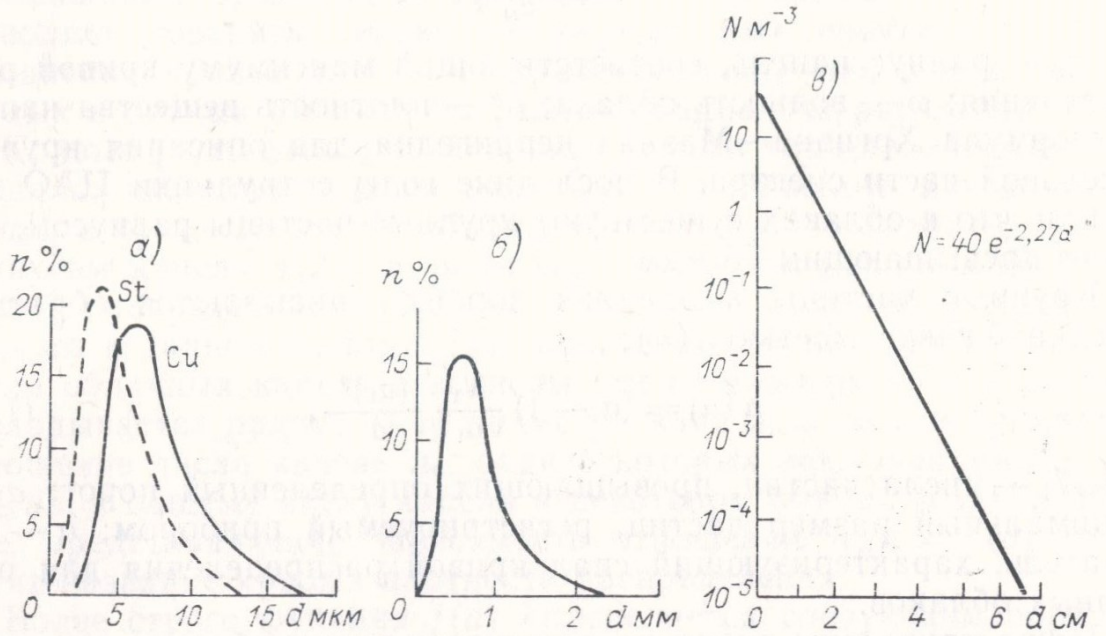
$$F(a) = 1 - e^{2{,}25a/\gamma}, \qquad (1.26)$$

где $F(a)$ характеризует ту часть общего объема воды, которая приходится на капли радиусом от 0 до a.

Параметр γ зависит от интенсивности дождя:

$I_д$	0,5	1,0	2,5	5,0	10	25
γ	1,11	1,3	1,61	1,89	2,2	2,74

Облачные капли и значительное число дождевых капель имеют сферическую форму. Однако крупные капли дождя, радиус которых близок к максимальному радиусу (от 3 до 4 мм), приобретают во время падения форму сплюснутых эллипсоидов.



Черт. 1.12. Гистограммы капель по размерам в облаках, осадках и граде.

а — распределение размеров капель в облаках; *б* — распределение размеров дождевых капель по экспериментальным данным; *в* — зависимость максимальной концентрации града от его диаметра.

Хотя значительные изменения в распределении капель по размерам являются правилом и они связаны с изменением физических условий в процессе падения капель до поверхности, влияние этих изменений в спектре зависит от задач, в которых эти распределения используются.

Единственное, что можно утверждать относительно спектра капель, с полной уверенностью — это то, что этот спектр изменяется во времени и в пространстве в зависимости от типа облачности, из которой выпадают осадки.

На черт. 1.12 изображены гистограммы капель по размерам в облаках, осадках и граде.

Зная спектр облачных капель или частиц осадков, можно рассчитать радиолокационную отражаемость единичного объема.

Приведем пример такого расчета по формуле Хргиана—Мазина. Запишем формулу в следующем виде:

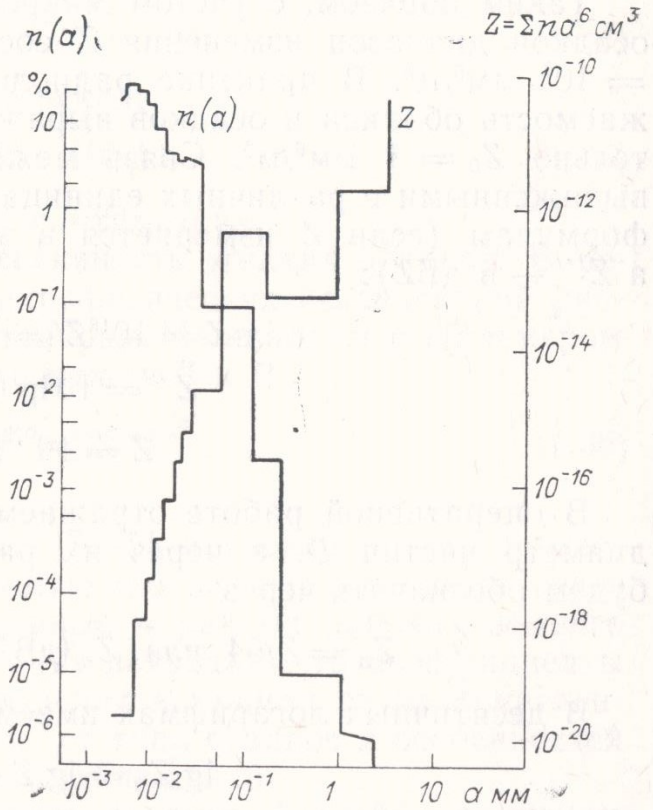
$$n(a) = \frac{27}{2} \frac{N_0}{a_{ср}^2} a^2 e^{-\frac{3a}{a_{ср}}}, \qquad (1.27)$$

где N_0 — число капель в единице объема, $a_{ср}$ — средний радиус капли:

$$a_{ср} = \int_0^\infty n(a)\, a\, da \Big/ \int_0^\infty n(a)\, da, \qquad (1.28)$$

$$Z = \int_0^\infty n(a)\, a^6\, da = \int_0^\infty \frac{27}{2} \frac{N_0}{a_{ср}^2} a^2 e^{-\frac{3a}{a_{ср}}} a^6\, da = 27{,}6 N_0 a_{ср}^6.$$

Мы получим выражение для Z через средний радиус капли. Однако основная особенность величины Z состоит в том, что она лучше реагирует на самую крупнокапельную часть спектра, чем



Черт. 1.13. Распределение отражаемости Z и размеров капель в облаках и осадках.

на средние характеристики $a_{ср}$ и $a_{макс}$. Увеличение диаметра капель в два раза приводит к 64-кратному увеличению Z. Вследствие этого число капель в единице объема оказывает меньшее влияние на Z. Но не всегда следует пренебрегать мелкими каплями, так как их число в единице объема может быть в 10^7—10^8 раз больше, чем крупных. Влияние размеров капель на Z наглядно видно из черт. 1.13, где приведено типичное распределение капель дождя по размерам и вычислен относительный вклад в величину Z, обусловленный каплями разных диаметров. Как следует из черт. 1.13, даже малое число крупных капель способно дать больший вклад в суммарное значение Z, чем большое число мелких капель.

Средние значения отражаемости для слоистых облаков составляют от 10^{-15} до 10^{-14} см^3, а для слоисто-дождевых от 10^{-11} до 10^{-10} см^3.

Для того чтобы получить значения Z в мм^6/м^3, необходимо использовать соотношение 1 мм^6/м^3 = 10^{12} см^3.

Радиолокационная отражаемость (в дальнейшем отражаемость) облаков и осадков Z определяется по формуле

$$Z = \frac{\lambda^4}{\pi^5}\eta, \tag{1.29}$$

где Z измеряется в м^3, λ — в метрах.

Если отражающие частицы имеют сферическую форму, то отражаемость Z равна сумме возведенных в шестую степень диаметров отражающих частиц D в единице объема $V_э$: $Z = \sum D^6/V_э$.

Таким образом, с учетом микрофизических свойств облаков и осадков диапазон изменения Z составляет от $Z_{мин}=10^{-5}$ до $Z=10^7$ мм^6/м^3. В практике радиолокационных наблюдений отражаемость облаков и осадков выражают в мм^6/м^3 или дБZ относительно $Z_0 = 1$ мм^6/м^3. Связь между значениями отражаемости, выраженными в различных единицах, определяется по следующим формулам (если Z измеряется в мм^6/м^3, Z' — в м^3, Z'' — в см^3, а Z''' — в дБZ):

$$Z = 10^{18}Z' = 10^{12}Z'', \tag{1.29а}$$

$$Z''' = 10\lg(Z/Z_0), \tag{1.29б}$$

$$Z = 10^{0,1}Z'''. \tag{1.29в}$$

В оперативной работе отражаемость Z определяется не через диаметр частиц D, а через их радиус a. Такую отражаемость будем обозначать через

$$Z_a = Z/64 \text{ или } Z_a(\text{дБ}Z) = Z(\text{дБ}Z) - 18. \tag{1.30}$$

В десятичных логарифмах имеем

$$\lg Z_a = \lg Z - 1{,}8. \tag{1.30а}$$

1.2.4.2. Эквивалентная радиолокационная отражаемость — $Z_э$. Отражаемость можно получать на основании микрофизических измерений распределений частиц осадков по размерам и на основании радиолокационных измерений с помощью уравнения (1.13). В последнем случае вводят понятие эквивалентной отражаемости — $Z_э$ или Z_e в иностранной литературе. Эквивалентная отражаемость облаков и осадков $Z_э$ — величина, характеризующая свойства единичного отражающего объема в предположении, что отраженный сигнал создается водяными каплями. Величина $Z_э$ определяется по формуле

$$Z_э = \frac{\lambda^4\eta}{\pi^5\left|\dfrac{m^2-1}{m^2+2}\right|^2}, \tag{1.31}$$

где m — комплексный показатель преломления водяных частиц в диапазоне радиоволн МРЛ, для них значение $\left|\dfrac{m^2-1}{m^2+2}\right|^2 = K_в^2 =$

$=0{,}93$ для льда $K^2_{л}=0{,}197$ с диапазоном изменения $K^2_{л}$ от 0,176 до 0,208 [1]. Таким образом, для водяных частиц $Z_э = Z$, для ледяных частиц

$$Z_э = \frac{K^2_л}{K^2_в} Z. \tag{1.32}$$

С учетом диапазона изменения $K^2_{л}$ для ледяных частиц

$$Z_э = (0{,}189 - 0{,}224)\, Z, \tag{1.33}$$

или в дБZ

$$Z_э = [Z - (7{,}2 - 6{,}5)]. \tag{1.34}$$

Для частиц, отличных от релеевских;

$$Z = 3{,}52 \cdot 10^9 \eta \lambda^4, \tag{1.35}$$

где размерность η — в $см^{-1}$ и λ в сантиметрах.

1.2.4.3. Отражаемость и интенсивность жидких осадков. В результате расчетов с помощью микрофизических исследований распределения частиц осадков по размерам Маршаллом и Пальмером [1, 2] была получена зависимость между Z и I:

$$Z = A \cdot I^B = 220 I^{1{,}6}, \tag{1.36}$$

где Z — в $мм^6/м^3$, I — в мм/ч.

Многочисленные исследования [3—5] показывают, что соотношение $(Z - I)$ дает наиболее точную оценку интенсивности осадков I для $I \leqslant 25$ мм/ч. Проведенные в разных районах земного шара проверки соотношения $(Z - I)$ показали, что коэффициенты A и B изменяются в широких пределах и зависят от многочисленных факторов, и в первую очередь, от типа осадков и особенностей синоптических процессов в районе наблюдений.

Ниже приведены интенсивности осадков I (мм/ч), величины $Z_э$ (дБZ) и $\lg Z_a$, соответствующие зависимости Маршалла—Пальмера:

I мм/ч	0,1	0,5	1	2,5	5	10	25	50	100
$Z_э$ дБ Z	7	18	23	29	34,2	39	45	50,2	55
$\lg Z_a$	1,1	0	0,5	1,1	1,22	2,1	2,7	3,22	3,3

Зависимость Маршалла—Пальмера для η выглядит следующим образом:

$$\eta = 5{,}7 \cdot 10^{-8} I^{1{,}6} \lambda^{-4}, \tag{1.37}$$

где η — в $см^{-1}$, λ — в сантиметрах.

1.2.4.4. Отражаемость и интенсивность снегопада. На основании микрофизических измерений в снеге получено, что Z и I связаны соотношением [1, 4]

$$Z = 1780 I^{2{,}21}, \tag{1.38}$$

где Z — в мм^6/м^3, I — в дБZ или в мм/ч,

$$Z = 32{,}5 + 22{,}1 \lg I. \tag{1.39}$$

Для тающего снега $Z_э$ (дБZ)

$$Z_э = 26 + 22{,}1 \lg I. \tag{1.40}$$

Поскольку с увеличением интенсивности снегопада меняется его фазовое состояние и происходит нарушение условий релеевского рассеяния, I для снега будет значительно отличаться от I для дождя, рассчитанного с помощью соотношения Маршалла—Пальмера.

1.2.5. Уравнение радиолокации атмосферных образований

Уравнение радиолокации атмосферных образований связывает технические параметры радиолокатора с отражающими характеристиками объемов, занятых частицами облаков и осадков, их удалением от МРЛ, величиной ослабления на трассе распространения радиоволн.

Уравнение радиолокации атмосферных образований записывается следующим образом: [1, 4—6]:

$$\overline{P}_{пр} = \frac{P_{пер} G_0^2 \Theta_0 \varphi_0}{4^5 \ln 2 \pi^2 r^2} \eta \varkappa K_{зап} K_{АВ}, \tag{1.41}$$

где $\overline{P}_{пр}$ — средняя мощность принятого сигнала (Вт); $P_{пер}$ — импульсная мощность электромагнитных колебаний, генерируемых передатчиком МРЛ (Вт); G_0 — коэффициент усиления антенны; $\varkappa$ — коэффициент ослабления радиоволн в атмосфере на пути $2r$; Θ_0, φ_0 — ширина диаграммы направленности по точкам половинной мощности (по уровню 3 дБ) в двух взаимноперпендикулярных плоскостях (рад); r — удаление отражающего объема облаков и осадков от МРЛ, (м); $K_{зап}$ — коэффициент заполнения отражающего объема частицами; $K_{АВ}$ — коэффициент полезного действия антенно-волноводного тракта при передаче ($K_{пер}$) и при приеме ($K_{пр}$) : $K_{АВ} = K_{пер} K_{пр}$.

Метеорологические радиолокаторы работают в миллиметровом, сантиметровом и дециметровом диапазонах радиоволн. При этом для большинства частиц облаков и осадков за исключением града, как правило, выполняются релеевские условия рассеяния, когда диаметр частиц $D \ll 2\pi\lambda$, где λ — длина волны. С учетом определений (1.29—1.31) уравнение (1.41) запишется в следующем виде:

$$\overline{P}_{пр} = 1{,}22 \cdot 10^7 \frac{P_{пер} \tau_з G_0 \Theta_0 \varphi_0}{2} \frac{Z_э}{r^2} \varkappa K_{зап} K_{АВ}, \tag{1.42}$$

где $\tau_з$ — длительность зондирующего импульса (с).

В процессе оперативных наблюдений ряд параметров этого уравнения определить невозможно. По этой причине введем три допущения:

1) радиоволны отражают сферические частицы, величина σ которых определяется формулой (1.13);

2) не учитывается ослабление радиоволн при их распространении до цели и обратно, а также влияние подстилающей поверхности на диаграмму направленности;

3) имеет место полное заполнение отражающего объема частицами облаков и осадков.

Тогда для МРЛ среднее значение принимаемого сигнала $\overline{P}_{пр}$ на входе приемника связывается с параметрами радиолокатора, удалением r до отражающего объема и радиолокационной отражаемостью Z_a следующей зависимостью:

$$\overline{P}_{пр} = \frac{0,1\pi^6 P_и A_p h K_{АВ}}{\lambda^4} \frac{Z_a}{r^2}, \tag{1.43}$$

где $P_и$ — импульсная мощность передатчика; A_p — площадь раскрыва антенны (апертура); $h = c\tau_з$ — пространственная протяженность зондирующего импульса, равная произведению скорости света c на длительность зондирующего импульса $\tau_з$; λ — длина волны радиолокатора;

$$A_p = \pi D^2/4. \tag{1.44}$$

При измерениях $\overline{P}_{пр}$ в качестве начального уровня выбирают любое значение P_0 (Вт, мВт) или уровень собственных шумов радиолокатора $P_ш$ (Вт, мВт). Разделив обе части уравнения (I.43) на P_0 или $P_ш$, получим уравнение радиолокации атмосферных образований с учетом способа измерений отраженных сигналов:

$$\frac{\overline{P}_{пр}}{P_0} = \frac{0.1\pi^6 P_и A_p h K}{P_0 \lambda^4} \frac{Z_a}{r_2}, \tag{1.45}$$

$$\frac{\overline{P}_{пр}}{P_ш} = \frac{0,1\pi^6 P_и A_p h K}{P_ш \lambda^4} \frac{Z_a}{r^2}. \tag{1.46}$$

При $P_0 = P_ш$ уравнения (1.45) и (1.46) совпадают. Величина

$$П_м = \frac{0,1\pi^6 P_и A_p h K_{АВ}}{P_ш \lambda^4}$$

называется метеорологическим потенциалом радиолокатора. С помощью метеорологического потенциала можно сравнить различные радиолокаторы с точки зрения их эффективности для метеорологических наблюдений. Чем больше потенциал, тем лучше станция приспособлена для метеонаблюдений. Уравнение (1.46) с учетом $П_м$ значительно упростится и будет иметь следующий вид:

$$\frac{\overline{P}_{пр}}{P_ш} = П_м \frac{Z_a}{r^2}. \tag{1.47}$$

Если Z_a измеряется в мм^6/м^3, r — в километрах, то размерность потенциала $П_м$ будет км^2/(мм$^6 \cdot$м$^{-3}$).

В связи с тем, что величина $\overline{P}_{пр}/P_{ш}$ измеряется в децибелах, величину $П_м$ удобно вычислить в децибелах относительно $П_м = 1$ по следующей формуле:

$$10 \lg П_м = 10 \lg A_p + 10 \lg P_и + 10 \lg h + 10 \lg K_{АВ} - \\ - 10 \lg P_ш - 40 \lg \lambda - 110, \quad (1.48)$$

где $P_и$ — в киловаттах, $P_ш$ — в ваттах, $A_р$ — в квадратных метрах, λ — в сантиметрах, h — в метрах.

Формула (1.47) для $\lg Z_a$ запишется в следующем виде:

$$\lg Z_a = 0{,}1 \left(10 \lg \frac{\overline{P}_{пр}}{P_ш} + 20 \lg r - 10 \lg П_м\right). \quad (1.49)$$

С помощью уравнения (1.49) по результатам измерений $\overline{P}_{пр}/P_{ш}$ в децибелах и r в километрах при заданных параметрах радиолокатора легко получить величину $\lg Z_a$.

Если для расчета Z_a используется уравнение (1.45), то вместо метеорологического потенциала $П_м$ в формулу (1.49) будет входить постоянная радиолокатора $П'_м$, которая имеет размерность потенциала и отличается от него в $P_ш/P_0$ раз. В этом случае формула (1.49) преобразуется и запишется в следующем виде:

$$\lg Z_a = 0{,}1 \left(10 \lg \frac{\overline{P}_{пр}}{P_0} + 20 \lg r - 10 \lg П'_м\right). \quad (1.50)$$

1.2.6. Ослабление сантиметровых волн

Ослабление энергии радиоволн при их распространении в тропосфере обусловлено двумя причинами: поглощением радиоволн, т. е. превращением электромагнитной энергии в тепловую, и рассеянием радиоволн частицами облаков и осадков.

Поглощение радиоволн происходит в газах тропосферы (в кислороде и водяном паре) и в частицах воды и льда облаков и осадков. Поглощение радиоволн газами тропосферы носит избирательный, резонансный характер. Оно вызвано молекулярной квантовомеханической структурой этих газов. Электромагнитная волна, взаимодействуя с дипольными молекулами кислорода и водяного пара, вызывает их вынужденные колебания.

Молекулы кислорода магнитно взаимодействуют с полем радиоволн, а молекулы водяного пара взаимодействуют с ним электрически. Поглощение энергии молекулами газов происходит порциями (квантами), различными для разных длин волн.

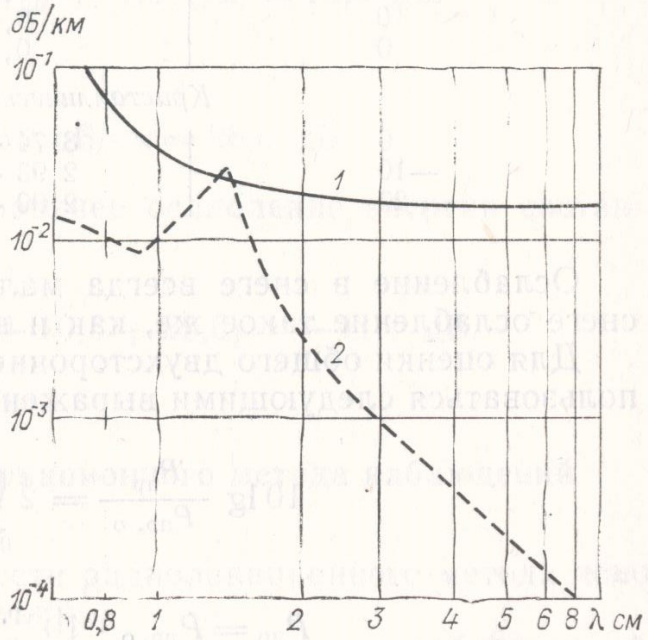
Количественные данные о поглощении радиоволн газами могут быть получены только при помощи формул квантовой механики.

Количественные данные о поглощении и рассеянии радиоволн частицами облаков и осадков получают в результате решения электродинамической задачи о дифракции радиоволн на отдельной частице, имеющей форму шара, т. е. аналогично тому, как при расчете по формуле (I.13).

Для расчета полного ослабления при распространении радиоволн вводят коэффициент ослабления $\alpha_{осл}$. Величина $\alpha_{осл}$ измеряется в децибелах на единицу пути (дБ/км) и равняется сумме коэффициентов ослабления в атмосферных газах (кислороде и водяном паре) ($\alpha_{аг}$), в облаках ($\alpha_{обл}$) и осадках ($\alpha_{ос}$):

$$\alpha_{осл} = \alpha_{аг} + \alpha_{обл} + \alpha_{ос}. \qquad (1.51)$$

Характер изменения ослабления на разных λ приведен на черт. 1.14. В кислороде для $\lambda = 3$ см коэффициент ослабления



Черт. 1.14. Ослабление (дБ/км) радиоволн сантиметрового диапазона кислородом (*1*) и водяным паром (*2*) при $t = 20$ °С для различных λ (по Ганну и Исту).

равен 0,0072 дБ/км, в водяном паре при температуре 20 °С — 0,00039 дБ/км при водности 1 г/м³ и 0,004 дБ/км при водности 7,5 г/м³.

Понятие о $\alpha_{обл}$ можно получить из приведенной табл. 1.2, в которой дан коэффициент ослабления $\alpha'_{обл}$ $[(дБ \cdot км^{-1})/(г \cdot м^{-3})]$ в облаках при распространении радиоволн в одном направлении. Средняя водность облаков M равна 1—2,5 г/м³, редко 4 г/м³ ($\alpha_{обл} = \alpha' M$). Из табл. 1.2 следует, что при изменении длины волны от 1 до 3 см величина ослабления меняется примерно на порядок. Ослабление в кристаллических облаках примерно на два порядка меньше, чем в водяных с тем же содержанием влаги. Для всех практических целей ослаблением микрорадиоволн в кристаллических облаках можно пренебречь.

Ослабление в осадках представляют обычно как функцию интенсивности осадков I. Интенсивность осадков зависит как от содержания жидкой воды, так и от скорости падения капель, причем последняя, в свою очередь, зависит от размеров капель. В табл. 1.3 приведен коэффициент ослабления $\alpha_{осл}$ в осадках разной интенсивности при температуре воздуха 18 °С. Поправка на температуру незначительна, поэтому данными можно пользоваться для расчета ослабления в широком диапазоне температур.

Таблица 1.2

Коэффициент ослабления $\alpha_{обл}$ в облаках [дБ·км$^{-1}$)/(г·м$^{-3}$)] при распространении радиоволн в одном направлении

Температура, ° С	Длина волны, см	
	0,9	3,2
Водяное облако		
20	0,647	0,0483
10	0,681	0,0630
0	0,99	0,0858
Кристаллическое облако		
0	$8{,}74 \cdot 10^{-3}$	$2{,}46 \cdot 10^{-3}$
—10	$2{,}93 \cdot 10^{-3}$	$8{,}19 \cdot 10^{-3}$
—20	$2{,}00 \cdot 10^{-3}$	$5{,}63 \cdot 10^{-3}$

Ослабление в снеге всегда мало, если снег сухой. В мокром снеге ослабление такое же, как и в дожде той же интенсивности.

Для оценки общего двухстороннего ослабления радиоволн надо пользоваться следующими выражениями:

$$10 \lg \frac{P_{пр}}{P_{пр.\,о}} = 2 \int_0^r \alpha_{осл}(r)\, dr, \tag{1.52}$$

$$P_{пр} = P_{пр.\,о} \cdot 10^{-0,2 \int_0^r \alpha_{осл}(r)\, dr}, \tag{1.53}$$

где $P_{пр.\,о}$ — мощность, принимаемая без учета ослабления.

Рассмотрим пример, в котором интегрирование по формуле (1.52) заменим простым суммированием. Для примера рассчитаем на $\lambda = 3{,}2$ см двустороннее общее ослабление энергии радиоволн

Таблица 1.3

Коэффициент ослабления (дБ/км) в осадках разной интенсивности при температуре воздуха 18 °С

Интенсивность осадков, мм/ч	Длина волны, см		
	1,0	3,2	10
0,25	0,037	0,0019	0,0000997
1,25	0,228	0,0117	0,000416
2,5	0,492	0,0317	0,000785
12,5	2,73	0,238	0,00364
25,0	5,47	0,555	0,00728
50,0	10,7	1,26	0,0149
100,0	20,0	2,8	0,0311
100,0	28,8	4,39	0,0481

для расстояния 100 км, вызванное их поглощением и рассеянием, если траектория радиоволн на отрезке 40 км проходит в водяных облаках со средней водностью 1,5 г/м³ и температурой 0 °С, а на отрезке 60 км — в осадках с интенсивностью 12,5 мм/ч.

Ослабление в газах атмосферы:

$$2 \cdot 100 \text{ км} \cdot (0{,}007 + 0{,}004) \text{ дБ/км} = 2{,}2 \text{ дБ}.$$

Ослабление в облаках:

$$2 \cdot 40 \text{ км} \cdot 0{,}0858 \frac{\text{дБ/км}}{\text{г/м}^3} \cdot 1{,}5 \text{ г/м}^3 = 10{,}3 \text{ дБ}.$$

Ослабление в осадках:

$$2 \cdot 60 \text{ км} \cdot 0{,}238 \text{ дБ/км} = 28{,}6 \text{ дБ}.$$

В результате общее двустороннее ослабление энергии составляет

$$10 \lg \frac{P_{\text{пр}}}{P_{\text{пр. о}}} = -(2{,}2 + 10{,}3 + 28{,}6) = -41{,}1 \text{ дБ}.$$

1.2.7. Ограничение радиолокационного метода наблюдений

Изложенные выше особенности радиолокационного метода ясно указывают на ряд его ограничений.

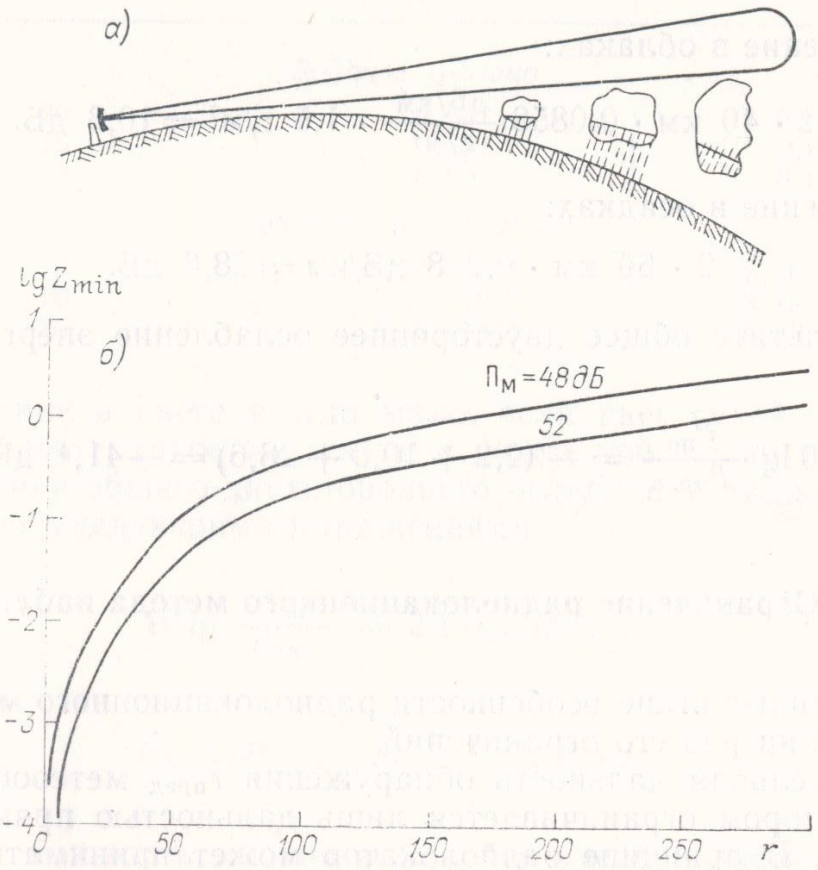
1. Предельная дальность обнаружения $r_{\text{пред}}$ метеообразований радиолокатором ограничивается лишь дальностью прямой радиовидимости. В принципе радиолокатор может принимать отраженный сигнал от всех облаков, вершины которых лежат выше линии радиогоризонта. Однако, как следует из уравнения радиолокации (1.45), (1.46), реальная максимальная дальность обнаружения $r_{\text{макс}}$ определяется при $P_{\text{пр}}/P_{\text{ш}}=1$. Естественно, что $r_{\text{пред}}$ всегда больше $r_{\text{макс}}$.

Начиная с расстояния 100 км от радиолокатора, часть облаков не будет им обнаруживаться из-за того, что их вершины будут лежать ниже линии радиогоризонта. По этой причине с помощью радиолокатора на расстояниях свыше 100—120 км нельзя измерить интенсивность осадков (черт. I.15).

Наличие высоких местных предметов (здания, башни, сопки) вокруг радиолокатора создает углы закрытия, часто намного превышающие нулевые. В связи с этим увеличивается минимальная высота обнаружения облачности, расположенной в азимуте высоких местных предметов.

2. С расстоянием увеличивается минимальное значение отражаемости $Z_{\text{мин}}$, которое при заданном потенциале радиолокатора $П_м$ (но не постоянной $П_м'$) может дать радиоэхо на экранах радиолокатора (см. черт. I.15).

По этой причине облака, отражаемость которых меньше $Z_{мин}$, на некотором расстоянии от радиолокатора, определяемом потенциалом, не будут обнаруживаться радиолокатором. Наличие $\lg Z_{мин}$ как функции расстояния позволяет осуществлять проверку правильности калибровки системы измерения интенсивности радиоэха. Определение на любом из расстояний значений отражаемости,



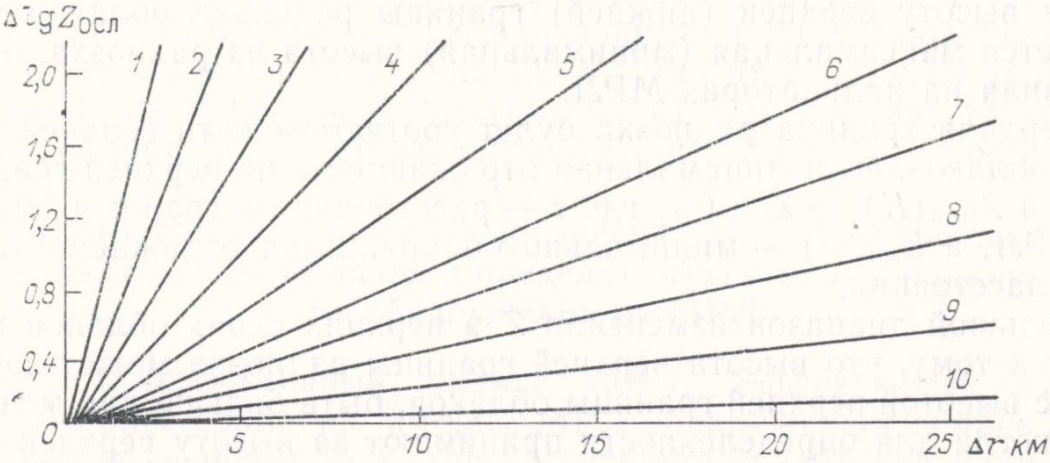
Черт. 1.15. Ограничения радиолокационного метода наблюдений: за счет подъема диаграммы направленности антенны над сферической Землей (*а*) и за счет увеличения минимально обнаружимой отражаемости при заданном потенциале (*б*).

меньших $\lg Z_{мин}$ для этого расстояния и потенциала радиолокатора, свидетельствует о неправильной настройке и калибровке системы измерений интенсивности радиоэха или допущенных оператором просчетах при вычислении $\lg Z$.

3. Из-за сильного ослабления радиоволн в облаках и осадках радиолокатор может не обнаружить облака, отражаемость которых позволила бы сделать это при отсутствии ослабления. Кроме того, при измерении на $\lambda = 3{,}2$ см отражаемость в ячейке, расположенной за зоной экранирующих осадков, мы получаем величину $\lg Z_{изм}$, которая может отличаться от истинной $\lg Z_{ист}$ на величину $(\Delta \lg Z)_{осл}$. Отсюда $\lg Z_{ист} = \lg \lg Z_{изм} + (\Delta \lg Z)_{осл}$.

Поправку, равную $(\Delta \lg Z)_{осл}$, можно учитывать, если существуют убедительные факты, свидетельствующие о влиянии экрани-

рующих осадков на измерение $\lg Z_{изм}$. Величину поправки можно оценить по приводимому графику (черт I.16). По горизонтальной оси отложено расстояние Δr или радиальная протяженность зоны осадков, по вертикальной оси — искомая поправка $(\Delta \lg Z)_{осл}$. Наклонные прямые — линии равной интенсивности осадков или линии равной отражаемости осадков, экранирующих зону облаков,



Черт. 1.16. График для расчета поправок отражаемости $(\Delta \lg Z)_{осл}$ в зависимости от интенсивности экранирующих осадков I (мм/ч) и протяженности зоны осадков Δr (км).

Кривая	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lg Z$	4,4	4,1	3,8	3,5	3,2	2,0	2,7	2,в	2,0	1,1

в которой проводятся измерения. Например, на некотором удалении от радиолокатора расположена зона радиоэха с отражаемостью $\lg Z_{изм} = 1{,}2$; между этой зоной и радиолокатором расположена зона экранирующих осадков с интенсивностью 7,5 мм/ч ($\lg Z = 2{,}0$) на отрезке $\Delta r = 30$ км и с интенсивностью 12,5 мм/ч ($\lg Z = 2{,}4$) на отрезке $\Delta r = 15$ км. Из графика находим поправки $(\Delta \lg Z)_{осл}$, равные 0,7 для первой зоны и 0,7 для второй. Суммарная поправка равна $0{,}7 + 0{,}7 = 1{,}4$, а $\lg Z_{ист} = 1{,}2 + 1{,}4 = 2{,}6$. Об использовании $(\Delta \lg Z)_{осл}$ см. п. 1.2.6.

Таким образом, необходимо помнить, что при измерении облака, расположенного за зоной выпадающих осадков, радиолокатор на длине волны 3,2 см всегда будет давать несколько заниженное значение $\lg Z$.

4. С увеличением расстояния от радиолокатора резко уменьшается его разрешающая способность по угловым координатам. Диаграмма направленности антенны становится настолько широкой, что не позволяет с удовлетворительной точностью измерять высоты и площади радиоэха. Например, на расстоянии 300 км при $\Theta = 1°$ линейные размеры сечения диаграммы направленности антенны составляют примерно 5 км, в то время как на расстоянии 30 км они равны 0,5 км. Отсюда следует неравномерность радиолокационной информации о высотах и площадях, занятых облачностью, и ее зависимость от расстояния.

Эти основные ограничения радиолокационного метода наблюдений необходимо помнить при интерпретации полученных данных.

1.2.8. Высота границ радиоэха облаков и ее связь с высотой облаков

За высоту верхней (нижней) границы радиоэха облаков принимается максимальная (минимальная) высота их радиоэха, определенная на индикаторах МРЛ.

Верхняя граница радиоэха будет соответствовать верхней границе облаков, если минимальная отражаемость на верхней границе облака $Z_{мин}(H) \geqslant Z_{мин}(r)$, где r — расстояние от границы облака до МРЛ, а $Z_{мин}(r)$ — минимально обнаружимая отражаемость на этом расстоянии.

Большой диапазон изменения Z в верхних слоях облаков приводит к тому, что высота верхней границы радиоэха может совпадать с высотой верхней границы облаков, быть больше или меньше ее. Иногда для определенности принимают за высоту верхней границы радиоэха облаков высоту изолинии отражаемости $Z_э = 30$ дБZ ($I = 3$ мм/ч) или $Z_э = 23$ дБZ. Однако в подавляющем большинстве исследований за высоту H облаков принимают высоту контура изоэха с $Z = Z_{мин}(r)$. Максимальный радиус $r_{макс}$, в котором производится измерение высот Cb, ограничивается зависимостью от технических параметров и длины волны МРЛ. Например, для МРЛ-1 и МРЛ-2 $r_{макс} = 180$ км. Для облаков слоистых форм $r_{макс}$ заметно меньше и не превосходит 20 км [5].

Как уже отмечалось, из-за эффекта осреднения диаграммой направленности антенны МРЛ областей с неравномерным распределением Z в верхней части облака, всегда величина $Z_э < Z$. Следовательно, для уверенного измерения верхней границы облаков с помощью МРЛ величина отражаемости Z, измеренная по результатам микрофизических исследований на вершине облака, должна быть на 5 дБ больше уровня $Z_{мин}(r)$.

Визуальная верхняя граница Cb может оказаться ниже верхней границы радиоэха Cb, если будет существовать выброс крупных облачных частиц диаметром больше 500 мкм за счет восходящих потоков.

Для МРЛ-2 $r_{макс}$ обнаружения увеличивается от 18 до 40 км при увеличении их мощности от 220 до 1300 м. МРЛ-2 обнаруживает облака с $Z_{a_э} \geqslant 10^{-3}$ мм^6/м^3 и толщиной большей 200 м. С учетом распределения толщин облаков в разных районах нашей страны [2, 5] и распределений их частиц по размерам примерно в 40—50 % случаев слоистообразная облачность не обнаруживается МРЛ и не дает радиоэха. Границы наблюдаемых на МРЛ слоистообразных облаков, как правило, занижаются, причем нижние границы — за счет выпадения частиц осадков, а верхние — из-за недостаточной концентрации и малых размеров частиц в таких облаках.

1.2.9. Площадь радиоэха и ее связь с площадью облаков и осадков

Под площадью радиоэха облаков и осадков (S) понимают либо площадь обнаружимого, т. е. фактического радиоэха облаков и осадков при заданных параметрах МРЛ, либо площадь радиоэха, на внешнем контуре которого задается величина $Z_э$, равная обычно 18, 24 или 30 дБ ($I = 3$ мм/ч). В каждом конкретном случае авторы статей оговаривают, что они понимают под площадью осадков, измеренных на МРЛ. Однако во многих статьях S является границей изолинии $Z = Z_{мин}(r_{макс})$, где $r_{макс}$ — максимальный радиус обзора МРЛ при заданных технических параметрах.

1.2.10. Оценка точности определения радиолокационных характеристик облаков в пределах эффективных радиусов их обнаружения на МРЛ

1.2.10.1. Эффективный радиус МРЛ. Эффективный радиус $r_{эф}$ — это расстояние, на котором МРЛ обнаруживает облака с вероятностью не менее 95 % (при отсутствии ослабления радиоволн

Таблица 1.4

Эффективный радиус обнаружения $r_{эф}$ облаков и связанных с ними явлений на МРЛ

Формы облаков	Явления	$r_{эф}$ км	
		теплое полугодие	холодное полугодие
Кучево-дождевые	Град, гроза, ливневой дождь или снег	150—200	50—90
Мощные кучевые	Без осадков	40—50	10—20
Слоисто-дождевые	Обложные осадки	90—120	60—70
Слоистые, слоисто-кучевые, высокослоистые	Обложные моросящие осадки	20—30	10—20

в атмосфере между МРЛ и облаком и при отсутствии углов закрытия, вызванных местными предметами в пункте установки МРЛ). Эффективные радиусы получены экспериментальным путем на МРЛ-1 и МРЛ-2 [1, 5, 7] (табл. 1.4). Можно утверждать, что они будут примерно одинаковыми для МРЛ, технические параметры которых приведены в табл. 6.1.

Для Cb с градом, грозой, ливнем, ливневым снегом $r_{эф}$ равно 150—200 км летом и 50—90 км зимой; для мощных кучевых облаков без осадков $r_{эф}$ составляет 40—50 км летом и 10—20 км зимой; для слоисто-дождевых облаков с осадками 90—120 км летом и 60—70 км зимой; для слоистообразной облачности всех ярусов без осадков 20—30 км летом и 10—20 км зимой.

1.2.10.2. Оценка точности определения $Z_э$ и H. Для оценки общей погрешности измерения $Z_э$ запишем уравнение (1.47) отно-

сительно $Z_э$. Тогда дисперсия σ_Z^2 общей погрешности выразится в самом общем виде:

$$\sigma_z^2 = \sigma_{P_{пр}}^2 + \sigma_{П_м}^2 + 2\sigma_r^2. \quad (1.54)$$

Оценки показывают, что при осреднении принимаемой мощности $P_{пр}$ не более чем по 32 отраженным сигналам, нельзя получить точность измерения абсолютных величин $Z_э$ лучше ± 3 дБ.

Точность определения высоты облаков на МРЛ зависит от технических параметров МРЛ, способов измерения высот радиоэха, мощности боковых лепестков антенны, структуры отражаемости в верхней части облака. Общая оценка δ_H измерения высот $H_в$ может быть найдена из выражения

$$\delta_H = \delta_{H_к} + \delta_{H_р} + \delta_{H_о}, \quad (1.55)$$

где $\delta_{H_к}$ — погрешность измерения H за счет конечных размеров зондирующего импульса:

$$\delta_{H_к} = (\delta_r \sin\varepsilon + \delta_L \cos\varepsilon + (\Delta r/2)\sin\varepsilon),$$

$\delta_{H_р}$ — погрешность измерения H за счет рефракции радиоволн:

$$\delta_{H_р} = -\xi r^2,$$

$\delta_{H_о}$ — за счет потери обнаруживающей способности МРЛ с расстоянием:

$$\sigma_{H_о} = -(2/\mathrm{grad}\lg Z)(\lg l - 1);$$

Δr — разрешающая способность вычислителя координат по расстоянию (для МРЛ-5 $\Delta r = 200$ м), δ_r и δ_L — разрешающая способность МРЛ в радиальном и тангенциальном направлениях.

Анализ выражения (1.55) для МРЛ-5 показал следующее.

Завышение H за счет $\delta_{H_к}$ компенсируется занижением H за счет $\delta_{H_р}$ и $\delta_{H_о}$. На расстояниях $r \leqslant 40$ км H получается завышенным на 100—300 м. При $r > 40$ км $\delta_{H_р} + \delta_{H_о} > \delta_{H_к}$, поэтому измеренные H занижены, а на $r > 150$ км измерения высот нерепрезентативны, так как значения $\delta_H = 1 \ldots 2$ км и в некоторых случаях сравнимо с измеряемым значением H.

Повторяемость ошибок единичных измерений высоты облаков, кроме технических и методических аспектов измерений, будет зависеть от повторяемости облаков различных форм, их структуры в районе наблюдений. По этой причине погрешности измерений H не только рассчитываются, но и устанавливаются экспериментально. За эталон принимаются высоты верхних границ, измеренные на самолетах-лабораториях. Было установлено [1, 5, 7], что для МРЛ-2 средние вероятные ошибки определения верхних границ Cb с опасными явлениями составляют $\pm 0{,}51$ км в радиусе 150 км, а для всех остальных форм облаков $\pm(0{,}54—0{,}6)$ км в радиусе 20 км от МРЛ. Было установлено, что при $П_м' < 47$ дБ ошибки измерения H резко увеличиваются, что объясняется «необнаружением» верхней части облаков.

2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ЯВЛЕНИЯХ И ПРОЦЕССАХ, СВЯЗАННЫХ С ОБЛАЧНОСТЬЮ. РАДИОЛОКАЦИОННАЯ СТРУКТУРА И КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЛАКОВ И ЯВЛЕНИЙ. РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ КРИТЕРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОБ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЯХ

2.1. Краткие сведения о кучево-дождевых облаках Cb

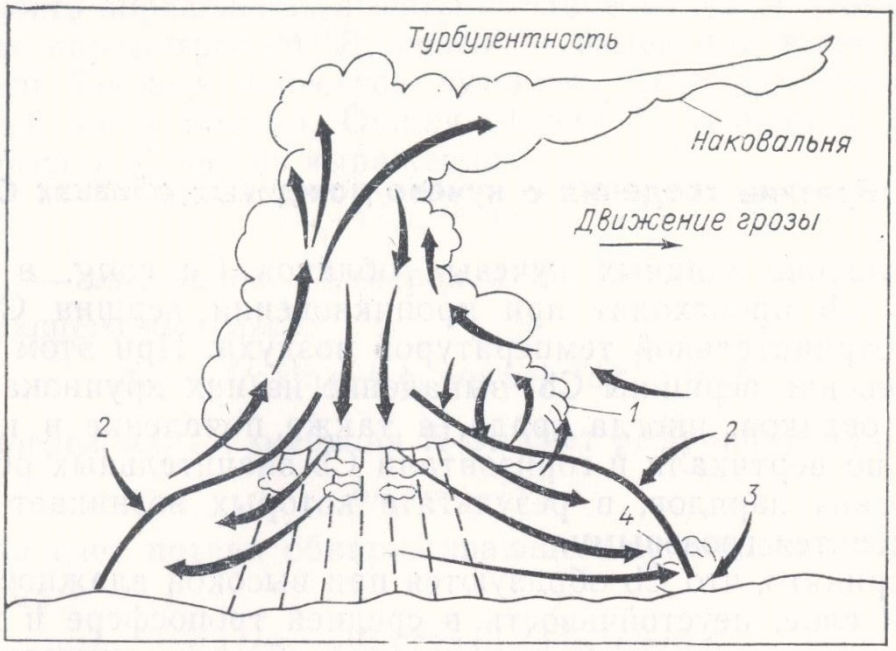
Превращение мощных кучевых облаков Cu cong. в кучево-дождевые Cb происходит при проникновении вершин Cu cong. в слои с отрицательной температурой воздуха. При этом отмечается оледенение вершины Cb, выпадение из них крупнокапельных ливневых осадков, иногда града, а также появление в наиболее развитых по вертикали и горизонтали Cb значительных объемных электрических зарядов, в результате которых возникает молния и Cb становятся грозовыми.

Общепринято, что Cb образуются при высокой влажности в пограничном слое, неустойчивости в средней тропосфере и наличии ниже уровня конденсации термической или динамической конвекции.

В зонах активных атмосферных фронтов кучево-дождевые облака образуются квазиупорядоченным мезомасштабным подъемом воздуха. Во внутримассовой ситуации (к ней относят и слабо выраженные вторичные фронты) Cb отмечаются над районами, где резко меняются термические характеристики и существуют заметные колебания шероховатости подстилающей поверхности (побережья рек, озер и морей, вблизи границ городской застройки). Мезомасштабные восходящие потоки обычно связаны с мезомасштабной конвергенцией в нижней тропосфере. Первые радиоэхо Cb появляются таким образом, что их верхняя граница, как правило, находится вблизи слоя таяния. Высота верхней границы первого радиоэха обычно статистически связана с максимальной высотой, которой радиоэхо достигнет к моменту максимального развития Cb.

Известно, что Cb состоят из одной или нескольких (до пяти—восьми) конвективных ячеек. Каждая из них за время существования Cb проходит через три стадии эволюции: рост, зрелость и распад. По структуре радиоэха Cb можно разделить на одноячейковые, мультиячейковые и суперячейковые (черт. 2.1—2.4). При такой классификации за ячейку принимают элемент облака, с которым связан локальный максимум отражаемости и связанные с ним локальные максимумы интенсивности осадков и скорости

восходящих потоков. Часто одноячейковые Cb являются только начальной стадией формирования мультиячейковых облаков. Дочерние ячейки могут быстро возникать на расстояниях до 20—30 км от первичной (материнской) ячейки. Чем больше развита первичная ячейка по вертикали, тем больше скорость ее переноса, тем быстрее она догонит дочернюю и сольется с ней. На черт. 2.2 показаны особенности поведения ячеек во время их слияния. Для



Черт. 2.1. Грозовое кучево-дождевое облаков в стадии развития с сопровождающими его опасными явлениями.

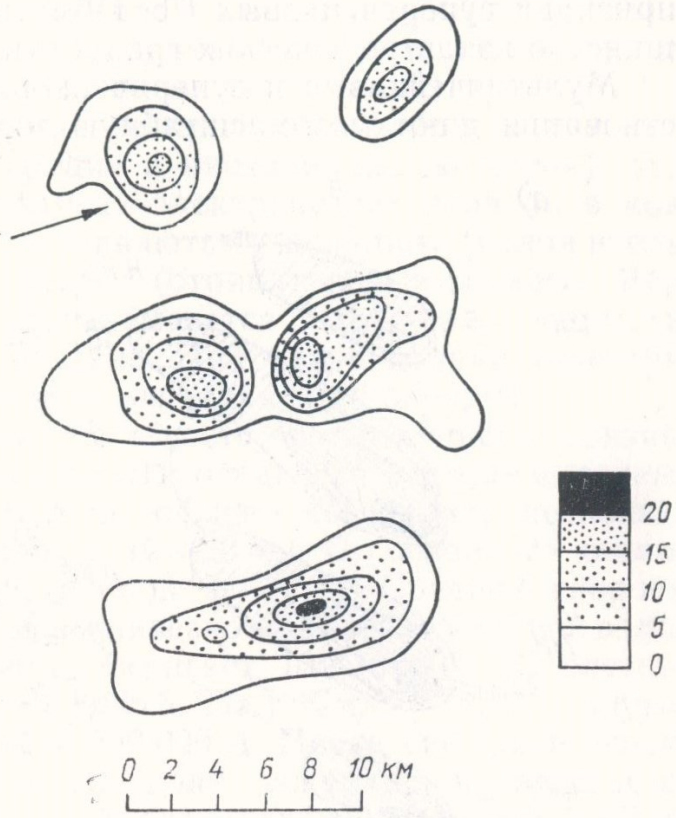
1 — шкваловый ворот; *2* — турбулентность сдвига ветра; *3* — порыв ветра; *4* — пыль.

этого необходимо, чтобы центры облаков были расположены вдоль направления скорости ветра, облака находились на разных стадиях развития и сдвиг в верхней части облаков был больше, чем в нижней. Заметное увеличение интенсивности осадков у слившихся облаков (от 5—15 мм/ч до 30—100 мм/ч) объясняется тем, что осадки из большого (первичного) облака падают через слои с высокой водностью маленького облака. При этом уменьшается испарение, поскольку становится меньше расстояние, на котором выпадают осадки в безоблачном воздухе.

Если дочерние ячейки образуются вследствие вынужденного подъема воздуха перед мезомасштабным нисходящим потоком под первичной ячейкой, то они появляются перед первичной ячейкой справа (по направлению переноса). Ячейки сравнительно слабо взаимодействуют друг с другом. Типичная схема градового четырехячейкового Cb приведена на черт. 2.3. Мультиячейковые Cb могут существовать в течение нескольких часов.

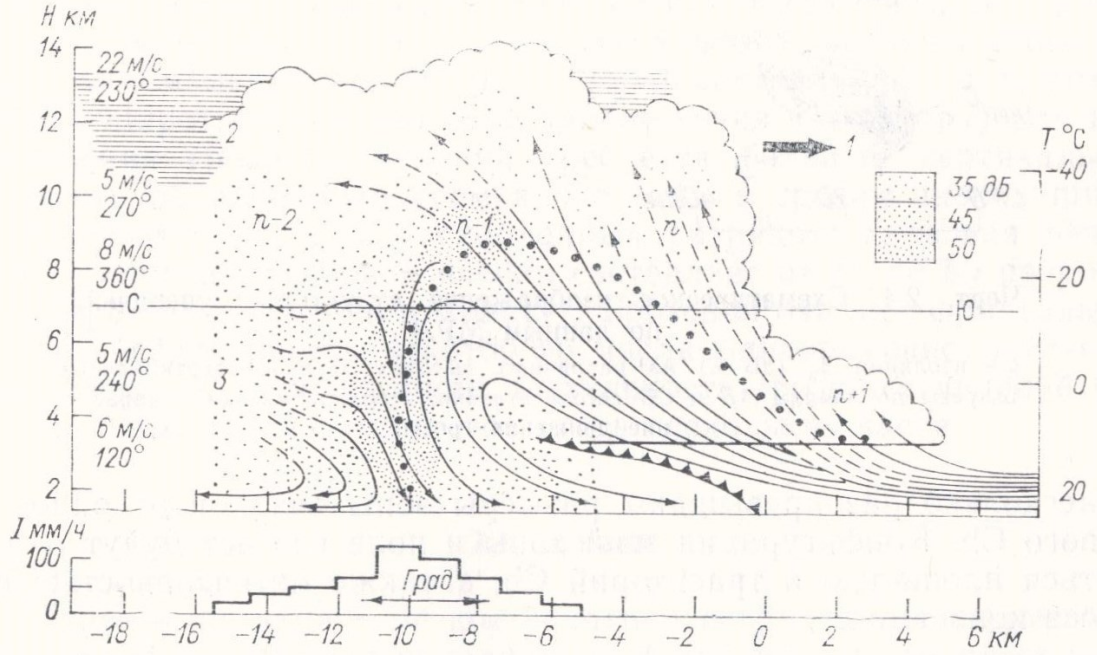
Суперячейковые Cb состоят из одной квазистационарной конвективной ячейки (см. черт. 2.4), которая объединяет восходящий и нисходящий потоки, расположенные по соседству друг с другом.

Из-за больших скоростей восходящих движений (несколько десятков м/с) в таких Cb отмечается их обтекание внешним потоком. Существование куполообразных ниш с малыми значениями отра-



Черт. 2.2. Слияние радиоэха двух ячеек.

Стрелкой указано направление перемещения ячеек.

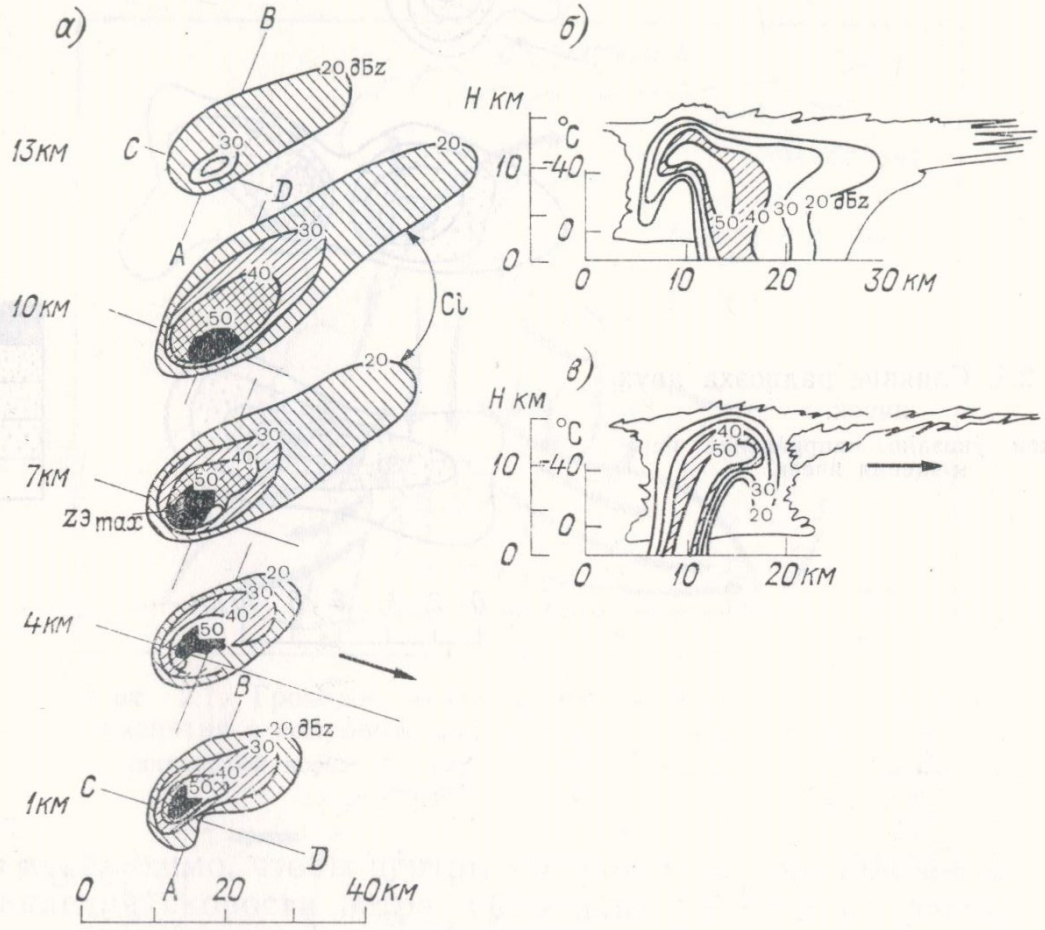


Черт. 2.3. Схематическое изображение мультиячейковой грозы с градом 9 июля 1973 г. Раймер, штат Колорадо: вертикальный разрез вдоль направления движения грозы.

Сплошные — линии тока относительно движения системы; кружками показана траектория градин в период их роста из небольших частиц на нижней границе облака; *1* — направление движения грозы; *2* — поток, входящий в плоскость рисунка; *3* — поток, выходящий из плоскости рисунка; *n* — номер ячейки: (*n*—*1*)-я — зрелая, (*n*—*2*)-я — распадающаяся, *n*-я и (*n* + *1*)-я — растущие.

жаемости (в области особо сильных восходящих потоков) и наличие радиоэха в виде «крюков» или «навесов», в которых происходит интенсивный рост ледяных частиц — наиболее характерные признаки суперячейковых Cb. Обметим, что с ними связано большинство катастрофических градобитий.

Мультиячейковые и суперячейковые Cb за время своего существования дают мезомасштабную зону осадков, размеры которой



Черт. 2.4. Схематическое изображение структуры суперячейки по данным МРЛ.

а — изолинии $Z_э$ (дБ Z) на различных высотах; *б* и *в* — вертикальные разрезы по линиям *AB* и *CD* соответственно; стрелкой указано направление движения грозы.

в несколько раз превышают размеры зоны осадков от одноячейкового Cb. Конфигурация этой зоны и поле изогиет будут определяться площадью и траекторий Cb, а также интенсивностью процесса конвекции.

2.2. Гроза

По определению справочника Хромова [8], «гроза — комплексное атмосферное явление, необходимой частью которого являются многократные электрические разряды между облаками или между

облаком и Землей (молнии), сопровождающиеся звуковым явлением — громом... Гроза характеризуется еще сильными шквалистыми ветрами и ливневыми осадками, нередко с градом». Отметим, что облако, с развитием которого связана гроза, — грозовое облако — часто используют как синоним Cb, хотя последнее не обязательно сопровождается грозовыми явлениями.

Основная причина появления молнии заключается в том, что конвективные потоки (восходящие и нисходящие движения) приводят к разделению разноименных электрических зарядов в конвективном облаке, которые скапливаются у вершины (положительные заряды) и у основания облака (отрицательные заряды). Вершина конвективного облака оказывается заряженной положительно, а основание — отрицательно. При ударе молнии (электрическом разряде) произойдет нейтрализация этих зарядов.

Как правило, наивысшая активность молнии тесно связана с районом наибольшей интенсивности осадков в системе грозовых облаков. Длина линейной молнии обычно составляет несколько километров, но может достигать и 10—20 км. От основного канала молнии имеются ответвления длиной 2—3 км. Средняя скорость движения молнии 150 км/с. Динамическое давление ударной волны перед головным концом искры достигает 100 кг/см². (В системе Си 1 кг/см² = 98066,5 Н/см² = 98066,5 Па.) Сила тока внутри канала молнии может достигать 200 000 А. Почти две трети огромной энергии, выделяющейся за доли секунды, превращается в тепло. Температура плазмы в канале молнии превышает 1000 °С.

Интенсивность генерации и разделения электрических зарядов в грозовом облаке зависит от вертикального развития этого облака. Минимальная высота грозового Cb составляет 5 км. С уменьшением широты места (по мере приближения к экватору) для возникновения грозовых явлений требуется большая вертикальная мощность облаков. Одновременно с этим в грозах низких широт увеличивается число внутриоблачных разрядов. Грозовая активность единичной грозовой ячейки составляет от 10 до 50 разрядов (1—2 грозовых разряда в минуту). Грозовой очаг при фронтальных грозах — совокупность некоторого числа одновременно действующих ячеек. По этой причине длительность грозовых явлений при фронтальных грозах может достигать нескольких часов.

2.3. Шквал

Шквал — внезапное резкое усиление ветра, часто сопровождающееся изменением его направления. Согласно современным представлениям, образование шквалов можно представить следующим образом.

В мощном Cb сильный восходящий поток, длительно поддерживаемый снизу притоком теплого и влажного воздуха, имеет форму струи, в которой происходит рост облачных частиц. Максимум вертикальной скорости, с которым связана зона интенсивного

роста частиц осадков, располагается обычно выше середины облака. Выпадая из восходящего потока, частицы осадков увлекают воздух благодаря его вязкости. В зону нисходящих движений происходит вток относительно сухого с низкой потенциальной температурой воздуха средней тропосферы. Его проникновению сюда способствуют большие относительные горизонтальные скорости движения околооблачного воздуха, сопровождающиеся частичным «продуванием» Cb. Поскольку внутри большей части Cb и в его окрестностях воздух стратифицирован влажнонеустойчиво, то нисходящий поток начинает ускоряться под действием веса осадков и силы плавучести. В подоблачном слое температура воздуха в потоке чаще всего ниже, чем в окружающей атмосфере, из-за испарения и таяния частиц осадков, и скорость потока продолжает расти. Поэтому на участке, где скорости нисходящих движений максимальны, обычно наиболее интенсивны и осадки. Если из-за малой влажности воздуха в подоблачном слое осадки не достигают Земли, то при большой неустойчивости в этом слое могут возникать так называемые микрошквалы — резкие кратковременные усиления ветра. Характерное время их существования несколько минут, линейные размеры — 3—4 км. На скорость подоблачного нисходящего потока влияет фазовый состав осадков (при выпадении крупы и града происходит более интенсивное охлаждение воздуха за счет их таяния).

Вблизи поверхности Земли нисходящий поток начинает растекаться, образуя фронт порывистости. Поскольку облако движется относительно Земли, то нисходящий поток переносит к Земле и горизонтальную скорость облака, которая складывается со скоростью растекания потока. Поэтому скорость ветра под передней частью облака больше, чем под его тыловой частью. Под мощными зрелыми облаками эта разность может превышать 20 м/с. Фронт порывистости может отстоять от переднего края зоны осадков из Cb на 10—15 км. В горных районах скорость порывов может возрастать за счет орографических эффектов.

На возникновение шквалов влияет и синоптическая ситуация. В зонах атмосферных фронтов (особенно холодных, быстродвижущихся фронтов окклюзии и линий неустойчивости) создаются условия для организации Cb в виде линий (гряд), что упорядочивает циркуляцию в облаках, увеличивает интенсивность процессов осадкообразования и время жизни очагов. Основным эффектом организации конвекции в виде линии шквалов является слияние зон порывистости отдельных Cb в одну сплошную зону, которая обнаруживается существующей сетью метеостанций. Шквал является более локальным явлением, чем гроза. Для его регистрации необходимо прохождение облака непосредственно над метеостанцией.

Таким образом, основными факторами, влияющими на образование шквала, являются следующие: интенсивность осадков, высота зоны их образования; стратификация атмосферы в слое осадкообразования; скорость переноса облака; синоптическое положение; интенсивность восходящих движений; фазовый состав осад-

ков; мезомасштабная структура очагов радиоэха; орография местности.

Шквалы на территории нашей страны наблюдаются при прохождении Cb с высотами радиоэха $H = 8...16$ км. Шквалы, связанные с Cb, высота радиоэха которых меньше 8 км, наблюдаются сравнительно редко и отмечаются, как правило, при больших скоростях ветра в средней и нижней тропосфере на фоне общего усиления приземного ветра в зонах холодных фронтов.

2.4. Смерч

Кучево-дождевые грозовые облака могут сопровождаться смерчами. При этом внутри облака возникает спиральный вихрь типа водоворота. Располагается материнский вихрь в нижней части кучево-дождевого облака, не поднимаясь выше 3 км. Материнские вихри порождают не только смерчи и воронки, устремляющиеся книзу; есть воронки, которые взмывают ввысь, иногда пробивая плотную облачность. С этими башенкообразными вихрями связано образование необычайно крупного града, нередко сопровождающего Cb со смерчем.

Группа смерчей представляет сложное атмосферное явление. В него входят сравнительно немногочисленные воронки, доходящие до Земли, десятки зачаточных воронок, повисающих в воздухе, затем иногда десятки, а иногда и сотни материнских вихрей, висящих в нижней части материнского облака, и, наконец, десятки башенкообразных облаков-вихрей, обусловливающих выпадение града. Исходя из физики явления и данных доплеровских измерений можно сделать вывод о том, что смерч представляет собой вихрь с размерами сечения порядка сотен метров и скоростью кругообразного движения воздуха в смерче 50—100 м/с.

Как правило, размер смерча меньше размера радиолокационного объема и отражаемость облака смерча сравнительно невелика. Поэтому непосредственное обнаружение самого смерча затруднительно даже с помощью МРЛ. Однако есть возможность определять предшественника смерча Cb. Им является область мезоциклона с повышенной интенсивностью циркуляции воздуха, размеры которой превышают размеры смерча и составляют по данным американских исследователей 2—15 км. С мезоциклоном связаны в основном мощные и долгоживущие смерчи. Менее интенсивные смерчи часто возникают в областях повышенных градиентов ветра (сдвига ветра): на фронтах порывистости, холодных фронтах и т. п.

2.5. Краткие сведения об осадках

Зоны осадков характеризуются рядом параметров: формой, размерами, скоростью перемещения, временем жизни, фазой развития,

структурой. По синоптическим признакам осадки делятся на фронтальные и внутримассовые, а также на грозовые, ливневые и обложные. По структуре осадки бывают в виде ячеек: многоячеистых образований и в виде полос.

Из облаков выпадают жидкие, твердые и смешанные осадки. В зависимости от физических условий образования, дисперсности, интенсивности и продолжительности жидкие осадки делятся на ливневые, обложные и моросящие дожди. Твердые осадки выпадают в виде града, ледяной крупы, снега, снежной крупы, снежных зерен, ледяного дождя и ледяных игл. Смешанные осадки состоят из одновременно выпадающих осадков различных видов: например, дождь со снегом и дождь с крупой.

Ливневой дождь представляет собой кратковременный крупнокапельный (с максимальным диаметром капель до 0,6—0,7 см) дождь большой интенсивности, выпадающий из кучево-дождевых облаков фронтального или внутримассового происхождения. Его продолжительность составляет от нескольких минут до 1—1,5 ч. Интенсивность осадков существенно меняется во времени. Наиболее интенсивные ливневые дожди сопровождаются порывами ветра, шквалами и грозовыми явлениями.

Ливневые дожди формируются за счет гравитационного роста «гигантских» облачных капель (возникших на гигантских ядрах конденсации) либо крупных кристаллов, а также мелкого града и крупы, которые тают в теплой части атмосферы, превращаясь в капли дождя. Размера, при котором начинается гравитационный рост, кристаллы достигают благодаря разности парциального давления насыщенного водяного пара над водой и льдом, вследствие чего в смешанных облаках наблюдаются испарение капель и конденсация водяного пара на кристаллах.

Обложной дождь состоит из капелек среднего размера (0,01—0,2 см), имеет умеренную интенсивность, большую продолжительность и выпадает из слоисто-дождевых или высокослоистых облаков фронтального происхождения. Обложные дожди с короткими перерывами или непрерывно могут продолжаться несколько часов и даже несколько суток.

Моросящий дождь представляет собой атмосферные осадки в виде мельчайших капель диаметром не более 0,05 см, выпадающие из внутримассовых облаков, обычно слоистых, реже слоисто-кучевых, или из тумана. Скорость падения капель составляет 0,3—2 м/с. Интенсивность осадков ничтожно мала.

Град — осадки в виде шарообразных плотных частиц льда (градин) диаметром от 0,5 до 10 см, выпадающие из кучево-дождевых облаков фронтального или внутримассового происхождения. Градовые осадки имеют продолжительность от долей минуты до 30—40 мин и выпадают преимущественно во второй половине дня в период максимального развития термической конвекции.

Градины обычно состоят из перемежающихся слоев прозрачного и непрозрачного льда различной толщины, плотность их в среднем составляет 0,8—0,9 г/см^3. Интенсивность градовых осадков при ка-

тастрофических градобитиях может достигать 1000—1500 мм/ч. Выпадающий град часто покрывает поверхность Земли сплошным слоем толщиной до 20—30 см. Интенсивные градобития обычно сопровождаются шквальным, а иногда ураганным ветром. Они уничтожают посевы, могут повредить различные сооружения, строения, леса, привести к гибели животных.

Град растет в мощных восходящих потоках за счет гравитационной коагуляции зародышей града, возникших на крупной замерзшей капле или обзерненной крупе, с переохлажденной крупнокапельной и мелкокапельной фракцией.

Ледяная крупа выпадает в виде мелких сферических частичек плотного льда диаметром менее 0,5 см. Обычно наблюдается с ливневым дождем в переходные периоды года — весной и осенью, а также в высокогорных условиях. Изотерма при 0 °С расположена высоко, крупа полностью тает и достигает поверхности Земли в виде ливневого дождя.

Ледяной дождь — это мелкие прозрачные ледяные шарики диаметром 0,1—0,3 см, образующиеся при замерзании капель дождя в процессе падения сквозь нижний слой воздуха с отрицательной температурой. Отмечаются случаи выпадения неполностью замерзших капель, имеющих лишь ледяную оболочку.

Снег представляет собой твердые осадки в виде кристаллов размером от долей миллиметра до нескольких миллиметров, выпадающих из плотных слоистых облаков фронтального происхождения, либо в виде хлопьев снега (размером от 0,1 до 3—4 см), образовавшихся путем механического соединения снежинок, выпадающих преимущественно при ливневых снегопадах из слоисто-кучевых облаков.

Снежная крупа выпадает в виде матово-белых снегоподобных ядер неправильной округлой формы или в виде конуса размером 0,1—1,5 см и плотностью 0,1—0,3 г/см^3. Образуется за счет обзернения снежинок и их коагуляционного роста в кристаллических кучево-дождевых облаках преимущественно в зимний период.

Снежные зерна — это твердые осадки в виде мелких крупинок снежной структуры диаметром менее 0,1 мм, похожих внешне на манную крупу. Выпадают из слоистых и слоисто-кучевых облаков в незначительном количестве.

Снег с дождем представляет собой смесь снежинок и капелек или полурастаявшие снежинки, выпадающие при температурах, близких к 0 °С.

Ледяные иглы — это мелкие ледяные кристаллы, размером от сотых долей миллиметра до 1 мм, иногда крупнее, парящие в приземном слое воздуха при безоблачном небе или при высокой облачности.

В исследованиях по радиолокационной метеорологии к осадкам синоптического масштаба относят осадки на площади $S > 10^5$ км^2, время прохождения которых над точкой и дождемером достигает 10 ч. К мезомасштабным относят зоны осадков протяженностью 50—80 км, площадью S от 10^3 до 10^4 км^2 и временем прохождения

над точкой от 1 до 2 ч. За ячейки осадков принимают небольшие зоны протяженностью 1—4 км, с S от 1 до 10 км², из которых выпадают ливни длительностью несколько минут. Почти все тропические дожди и примерно половина дождей в умеренных широтах обусловлены ячеистой конвекцией.

Интенсивность осадков (I мм/ч) на данном уровне, т. е. масса воды, падающая сквозь единичную площадку в единицу времени, зависит от концентрации и спектра размеров дождевых капель и скорости их падения относительно Земли. Количество атмосферных осадков характеризуется их суммой. По определению, сумма осадков (Q) измеряется высотой слоя воды, который образовался бы на участке горизонтальной поверхности непосредственно или в результате таяния кристаллов льда при условии, что вода не стекает, не испаряется и не просачивается через поверхность.

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} I(t)\, dt, \qquad (2.1)$$

где t_1 и t_2 — время начала и окончания выпадения осадков (ч), Q — сумма осадков (мм).

За обложные осадки обычно принимают осадки с интенсивностью I от 0,6 до 3,0 мм/ч, за ливневые — интенсивностью I больше 3 мм/ч. Осадки можно характеризовать средней ($I_{ср}$) и максимальной ($I_{макс}$) интенсивностью за дождь. Все эти величины связаны между собой (табл. 2.1).

Известные механизмы образования осадков дают разное распределение повторяемости интенсивности осадков в средних и

Таблица 2.1

Статистические параметры распределений количества осадков Q, их средней $I_{ср}$ и максимальной $I_{макс}$ интенсивности за дождь для осадков разной продолжительности по данным Валдайского ливнемерного куста

Параметр	$I_{ср}$ мм/мин			$I_{макс}$ мм/мин			Q мм		
	⩽1 ч	1—3 ч	⩾3 ч	⩽1 ч	1—3 ч	⩾3 ч	⩽1 ч	1—3 ч	⩾3 ч
Число дождей	4319	1937	1861	4319	1937	1861	4319	1937	1861
Среднее значение	0,038	0,026	0,02	0,115	0,182	0,19	0,74	2,1	6,02
Максимальное значение	1,4	0,28	0,8	3,9	5,8	3,7	21,0	56,0	62,4
Среднее квадратическое отклонение	0,059	0,026	0,025	0,264	0,393	0,31	1,34	2,97	6,13
Коэффициент асимметрии	1,53	1,02	1,24	2,28	2,16	1,62	1,82	1,42	1,02
Коэффициент вариации	7,31	3,43	—	6,13	5,63	—	5,9	5,73	—
Эксцесс	105	17,42	—	55,7	52,3	—	53,3	64,7	—

южных широтах; в южных широтах дожди $I_{макс} > 15$ мм/ч (табл. 2.2) отмечаются чаще, чем в средних. Среднее годовое число дней с осадками $Q > 20$ мм для Валдая составляет 3 дня,

Таблица 2.2

Интегральное распределение вкладов (%) осадков различной интенсивности в суммарное количество (А) и суммарную продолжительность (Б) осадков за теплый период

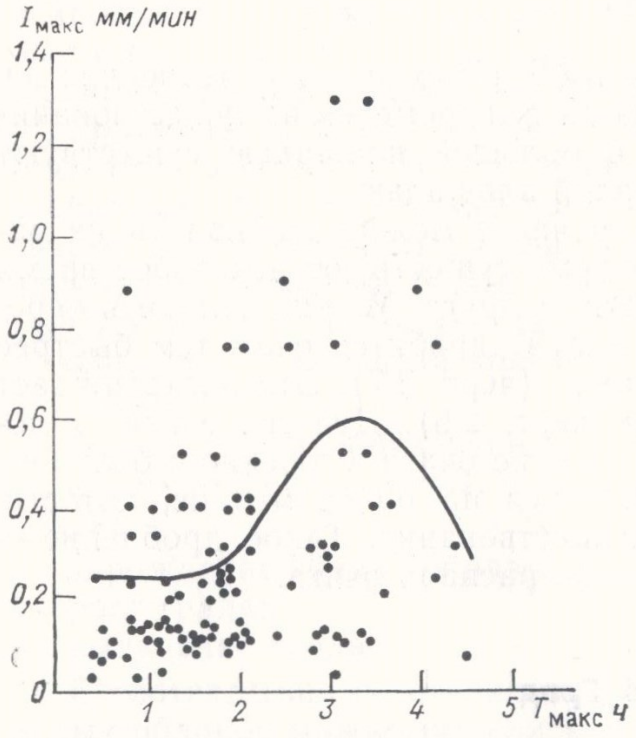
Станция	Интенсивность, мм/ч					
	⩽1,2	⩽3	⩽9	⩽15	>15	<9
	А				Б	
Валдай	22	38	55	70	30	85
Ростов-на-Дону	13	21	43	59	41	70
Ташкент	8	32	45	50	50	77

а для Батуми — 42 дня. С увеличением $I_{макс}$ уменьшается среднее время $\Delta\bar{t}$ сохранения постоянной интенсивности (табл. 2.3). В районе Валдая доля моросящих осадков составляет 30 %, обложных —

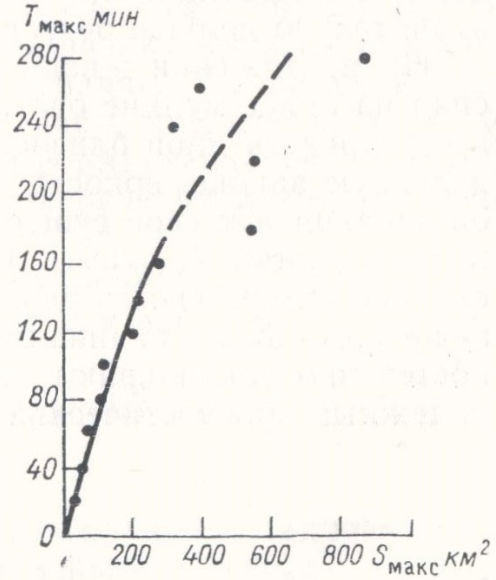
Таблица 2.3

Среднее время $\overline{\Delta t}$ сохранения постоянной интенсивности дождей над дождемером

I мм/ч	0,03—0,1	0,1—0,3	0,3—1	1—3	3—10	10—30
$\overline{\Delta t}$ мин	13,5	8	5,5	4,0	2,5	1,5



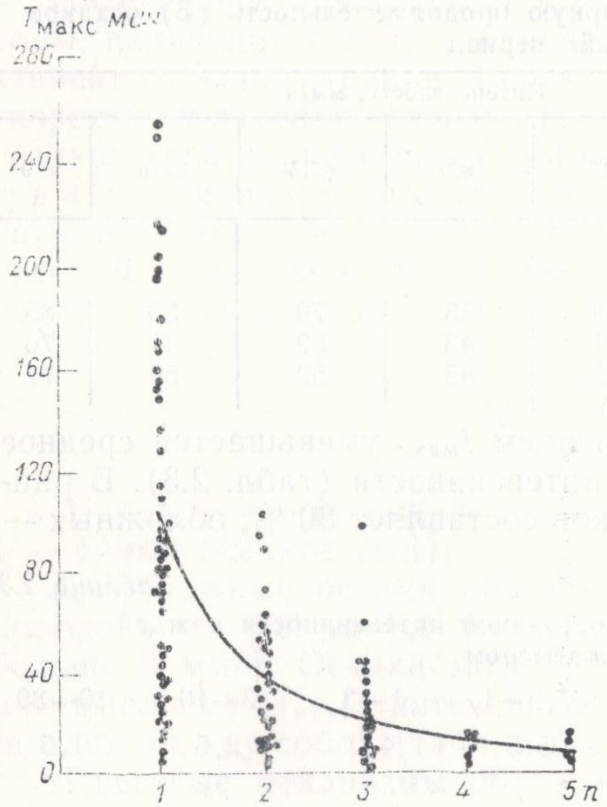
Черт. 2.5. Осредненная зависимость между максимальной интенсивностью осадков $I_{макс}$ и продолжительностью существования очага $T_{макс}$.



Черт. 2.6. Осредненная зависимость между временем существования очага $T_{макс}$ и максимальным значением занимаемой им площади $S_{макс}$.

56 %, ливневых — 14 %. Абсолютные максимумы $I_{макс}$ в СНГ — 426 мм/ч, в США —1850 мм/ч, в ФРГ (Бавария) — 930 мм/ч.

На черт. 2.5 приведена осредненная зависимость между $I_{макс}$ и $T_{макс}$ (максимальное время существования радиоэха ливней), из которой следует, что наибольшее значение $I_{макс}$ имеют очаги



Черт. 2.7. Осредненная зависимость между временем существования очага $T_{макс}$ и степенью его раздробленности.
n — число ячеек.

с $T_{макс}$, равным 2—3 ч. На черт. 2.6 четко видна осредненная зависимость между площадью очагов S и временем их существования $T_{макс}$. Естественно, что очаги с большей площадью существуют значительно дольше очагов с малой площадью.

На протяжении жизни очагов часто можно наблюдать их распад на более мелкие очаги, которые существуют некоторое время в непосредственной близости друг от друга. Можно отметить определенную закономерность: чем мельче дробится очаг, тем быстрее он заканчивает свое существование (черт. 2.7). Это подтверждает и зависимость $T_{макс}(S_{макс})$ (см. черт. 2.6). Действительно, в последней стадии своего развития многие очаги, особенно с большим значением $S_{макс}$, начинают дробиться на более мелкие, которые постепенно заканчивают свое существование. Такое дробление — надежный прогностический признак распада очага.

2.6. Град

Переход Cb в градовое состояние связан с определенным сочетанием микро- и макропараметров такого облака, которое обеспечивает возможность подъема наиболее крупных переохлажденных капель до уровня их естественной кристаллизации. Образование

градовых зародышей при замерзании наиболее крупных облачных капель происходит при температурах примерно минус 20—25 °С. При более высоких температурах кристаллизация быстрорастущих конвективных облаков возможна, но маловероятна.

Второе условие, необходимое для образования в облаке града и определяющее возможность подъема наиболее крупных капель до уровня их естественной кристаллизации, формулируется в виде $\omega > v_к \approx 10$ м/с, где ω — скорость восходящих потоков, $v_к$ — скорость падения самых крупных капель.

Первое из них обусловлено в основном характером внутриоблачных процессов и связано с общей динамикой развития облака. Особенности внутриоблачных процессов приводят к тому, что конвективные облака, имеющие одни и те же макропараметры, могут быть как ливневыми, так и градовыми. Нетрудно дать чисто качественное объяснение этому факту. В случае Cb с ливнями зарождение и рост осадков происходит в основном в нижней сравнительно теплой части облака. В свою очередь, выпадающие осадки «вымывают» облачные капли и уменьшают восходящие токи в этой части облака, из-за чего образование и подъем крупных капель до уровня их естественного замерзания становится невозможным. Для образования же града в Cb требуется вполне определенное сочетание микро- и макропараметров облака, определяющее возникновение крупных облачных капель как раз вблизи уровня их интенсивной кристаллизации.

Градовые процессы имеют многочисленные региональные особенности. Их структура, динамика развития, направление и скорость перемещения в значительной степени трансформируются под влиянием рельефа подстилающей поверхности.

Градовые процессы можно разделить на три основных типа (см. черт. 2.1, 2.3, 2.4): одноячейковые, многоячейковые и суперячейковые. Многоячейковые процессы подразделяются на упорядоченные, неупорядоченные и слабоорганизованные. Развитию многоячейковых и суперячейковых процессов часто предшествует фронтальная полоса грозовых очагов, трансформирующаяся в период максимального развития конвекции в суперячейку и многоячейковое облако.

Процесс градообразования состоит из четырех стадий:

формирование условий, необходимых для зарождения и роста града;

зарождение града (образование зародышей градин);

рост града;

выпадение града.

В соответствии со стадиями градообразования в радиоэхе градовых облаков можно выделить четыре зоны:

зону формирования, представляющую собой жидкокапельную обновляющуюся часть облака, где происходит формирование восходящих потоков и начинается гравитационный рост облачных частиц;

зону зарождения града — область переохлажденной жидкокапельной фракции, расположенную в относительно слабом еще восходящем потоке на уровне изотерм от минус 5 до минус 40 °С;

зону роста града — область наиболее высокого содержания зародышей града и крупнокапельной переохлажденной фракции, расположенную в наиболее мощных восходящих потоках над областью слабого радиоэха на уровне изотерм от 0 до минус 40 °С;

зону выпадения града — область наиболее крупного града и нисходящих потоков, расположенную в области наибольшей мощности радиоэха в слое от поверхности Земли до уровня изотерм минус 40 °С.

2.7. Радиолокационная структура конвективной облачности

2.7.1. Радиолокационная структура кучево-дождевых облаков

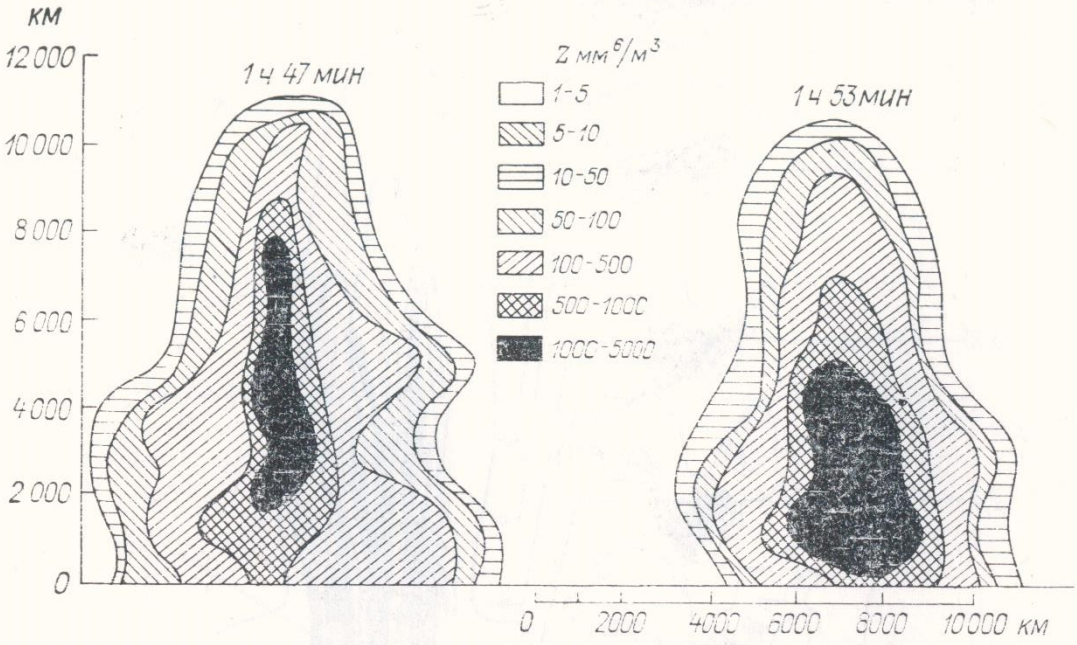
Если рассматривать ливни и грозы в виде локальных конвективных ячеек, то можно предполагать, что закономерности их радиолокационной структуры связаны с особенностями распределения конвективных движений в этих ячейках. Обычно радиолокатор типа МРЛ на расстояниях свыше 40 км может наблюдать конвективное облако в стадии его роста, в течение всей стадии зрелости и в начале стадии распада, т. е. 30—60 % всего времени существования облака.

Радиоэхо кучево-дождевых облаков Cb с грозами и выпадающими осадками имеет свою специфику. На ИКО МРЛ такое радиоэхо имеет вид ячеек или полос, а также большие градиенты отражаемости при ее высоком абсолютном значении в каждой ячейке или полосе. На ИДВ это радиоэхо характеризуется большой вертикальной протяженностью и относительно постоянной отражаемостью в сравнительно узком вертикальном столбе («стволе»). На черт. 2.8 и 2.9 приведены фактические распределения отражаемости в Cb. На черт. 2.8, взятом из работы Е. М. Сальмана, отчетливо видно уменьшение высоты зоны с максимальной отражаемостью $Z_{макс}$ по мере распада кучево-дождевого облака и выпадения из него осадков. На черт. 2.9 (по данным Стаута и Уилка) показано трехмерное распределение отражаемости в облаке, содержащем град. Градации отражаемости в этом случае более грубые, чем на черт. 2.8, однако характер распределения отражаемости остается прежним, с той лишь разницей, что $Z_{макс}$ распределена более равномерно по всей толще облака, образуя ствол максимальной отражаемости.

На черт. 2.10 приведены наиболее типичные профили максимальной отражаемости $\lg Z(H)$ в трех стадиях эволюции кучево-дождевого облака. Можно отметить, что в стадии роста величина $\lg Z(H)$ примерно симметрична относительно уровня наибольшего значения отражаемости в облаке $\lg Z_{макс}$, когда последний распо-

ложен несколько выше уровня нулевой изотермы. Выше и ниже $\lg Z_{макс}$ имеет место достаточно быстрое убывание.

В зрелой стадии развития Cb, т. е. в момент выпадения интенсивных осадков, ход $\lg Z(H)$ выравнивается с высотой. При этом обычно отмечается существенное увеличение $H_{макс}$ и $\lg Z$ по сравнению со стадией роста. В стадии распада ход $\lg Z(H)$ вновь ста-



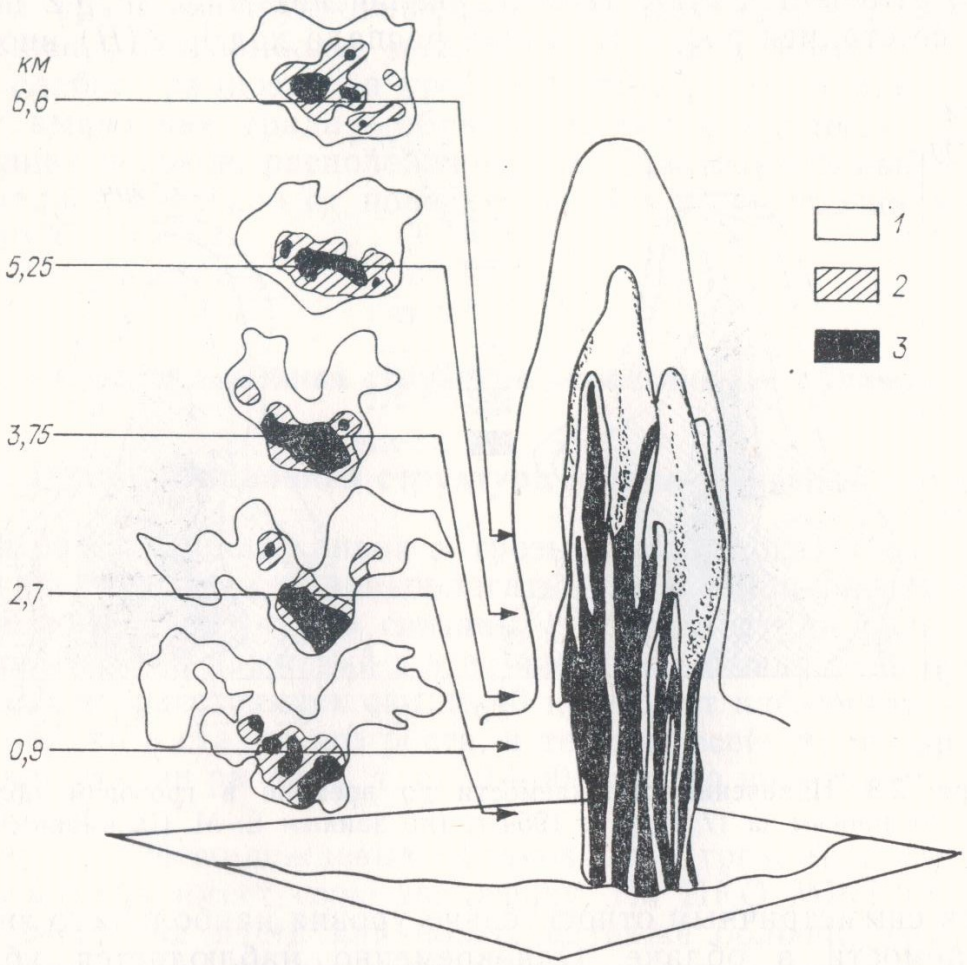
Черт. 2.8. Изменение отражаемости во времени в грозовом облаке по данным за 17 августа 1954 г. (по данным Е. М. Сальмана).

новится симметричным относительно уровня наибольшего значения отражаемости в облаке. Одновременно наблюдается убывание $H_{макс}$ и $\lg Z$. В отличие от стадии роста, уровень $\lg Z_{макс}$ лежит ниже нулевой изотермы и постепенно опускается по мере вымывания облака. Замечено также, что на всех стадиях эволюции Cb существует подобие хода вертикального распределения $\lg Z(H)$ ходу вертикального распределения площадей радиоэха $S(H)$. Это иллюстрируется черт. 2.10, где представлены зависимости $S(H)$ для разных стадий Cb и тех же типичных случаев, для которых обсуждался ход $\lg Z(H)$. Отсюда, в частности, следует, что Cb с высокими значениями отражаемости, из которых, как правило, выпадают интенсивные осадки, обычно имеют и большие горизонтальные размеры. И, наоборот, выпадение интенсивных осадков более вероятно из кучево-дождевых облаков с большей горизонтальной протяженностью.

Из представленных на черт. 2.10 типичных случаев $\lg Z(H)$ в зрелой стадии развития Cb (профили *2*, *3*) видно, что переход Cb из предгрозового состояния в состояние, сопровождающееся выпадением твердых осадков в виде града (*1—2—3*), характеризуется постепенным ростом $H_{макс}$ и $\lg Z$, а также выравниванием по высоте профиля $\lg Z(H)$. Аналогичные изменения происходят и

с профилем $S(H)$, который, как следует из черт 2.10, выравнивается по высоте в случаях грозы и выпадения града.

Таким образом, распределение отражаемости Cb в вертикальной плоскости имеет следующие основные закономерности:



Черт. 2.9. Трехмерное распределение отражаемости в градовом облаке (по Стауту и Уилку).

$Z(nD^6)$ мм^6/м^3	$8 \cdot 10^1$	$8 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^4$
Область	*1*	*2*	*3*

наличие четко локализуемой области с максимальной отражаемостью $\lg Z_{макс}$ («ядра» и «ствола»);

зависимость положения ядра в облаке от стадии жизни облака;

уменьшение отражаемости к вершине облака и его периферии;

изменчивость отражаемости во времени для отдельного облака.

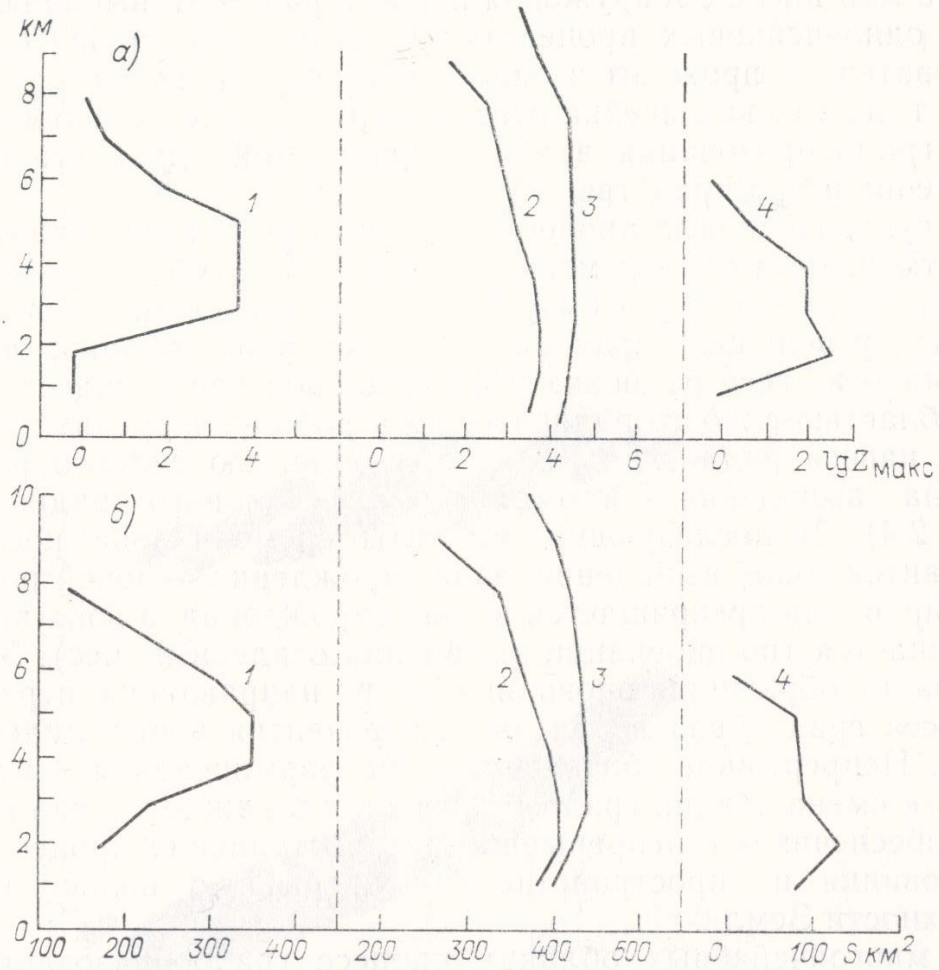
Важным для диагноза в ряде случаев является вопрос о закономерности хода отражаемости с высотой в ливнях и грозах. На расстояниях 60—70 км уменьшение осредненной отражаемости с высотой хорошо описывается логарифмическим законом:

$$Z(H) = Z_{макс} 10^{-\gamma H_Z}, \qquad (2.2)$$

где $Z_{макс}$ — максимальное значение отражаемости; H_z — высота (км) относительно области с $Z = Z_{макс}$; γ — коэффициент, характеризующий скорость уменьшения отражаемости.

По данным Е. М. Сальмана, для района Санкт-Петербурга значения наиболее часто повторяющихся коэффициентов γ составляют в дни с грозами 0,3 км$^{-1}$, а для дней с ливнями 0,9 км$^{-1}$.

Для гроз диапазон возможных площадей радиоэха составляет 50—2000 км^2, в то время как для негрозовых конвективных обла-



Черт. 2.10. Типичные профили отражаемости ($\lg Z$) и площади, занятой радиоэхом S (H), в стадии развития (*1*), зрелости (*2*, *3*) и распада (*4*) кучево-дождевого облака.

ков он равен 5—300 км^2. Это означает, что в среднем максимальный диаметр радиоэха конвективных облаков негрозового характера в горизонтальной плоскости имеет тот же порядок величин, что и вертикальная протяженность радиоэха, в то время как для гроз он может быть значительно больше.

Распределение отражаемости в горизонтальной плоскости таких облаков более сложное, чем в вертикальной. Диаметр зон с максимальной отражаемостью меняется от 0,4—2 км в грозах и ливнях до 5—6 км в обложных осадках.

2.7.2. Радиолокационная структура градовых облаков

Первое радиоэхо градовых ячеек появляется на высоте 4—7 км над уровнем моря, а ячеек, не достигающих градовой стадии раз-

вития, на высоте 2—5 км. После появления первого радиоэха высоко зарождающихся ячеек отмечается быстрый (взрывной) рост мощности их радиоэха, поперечных размеров и вертикальной протяженности. Область первого радиоэха через 10—15 мин начинает распространяться вниз, в область восходящих потоков, и через 15—20 мин после обнаружения первого радиоэха выпадают осадки.

В одноячейковых процессах все стадии градообразования последовательно проходят в одной точке пространства, потом в другой и т. д., так как ячейки осесимметричны и малоподвижны. Процесс градообразования в этом случае имеет дискретное распространение в пространстве.

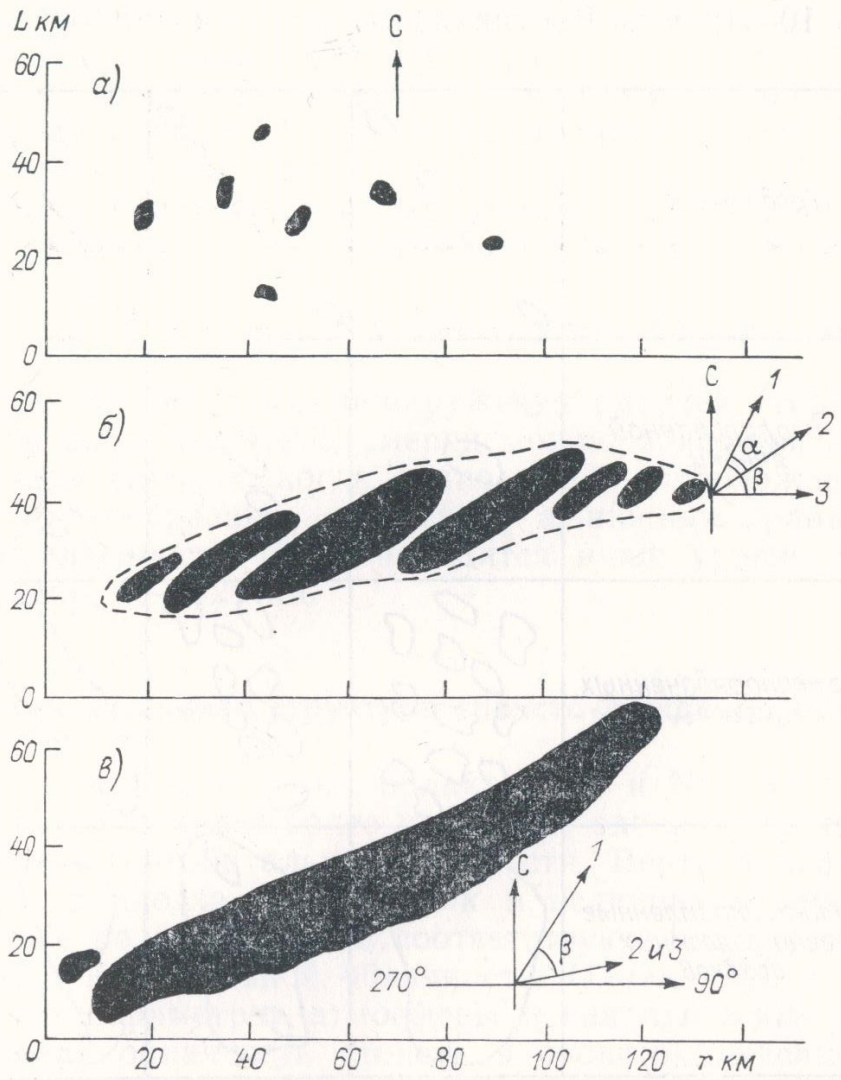
В суперячейковых процессах все четыре стадии градообразования отмечаются одновременно в разных точках пространства: формирование условий для будущего градообразования — в лидерных облаках у ведущего края радиоэха основного облака; зона зарождения — в свесе радиоэха и фронтальной части навеса радиоэха над областью слабого радиоэха; зона роста — в средней и тыловой части навеса радиоэха (также над областью слабого радиоэха), а зона выпадения — в столбе максимального радиоэха (см. черт. 2.4). В последующие моменты времени зона роста града становится зоной выпадения, зона зарождения — зоной роста, зона формирования превращается в зону зарождения, а зона выпадения разрушается (по окончании выпадения осадков из нее). Зона формирования образуется вновь впереди по направлению перемещения процесса градообразования за счет развития новых лидерных облаков. Непрерывное обновление зоны формирования и последовательная смена стадий градообразования в каждой точке пространства обеспечивают непрерывное распространение процесса градообразования в пространстве и непрерывную полосу града на поверхности Земли.

В многоячейковых облаках процесс градообразования имеет дискретно-непрерывное распространения — дискретное за счет периодического появления новых конвективных явлений (ячеек) на правом фланге и непрерывное за счет непрерывности распространения градообразования в каждой ячейке. В связи с этим градовые осадки при многоячейковых процессах образуют ряд параллельных полос (длиной 10—40 км и шириной 2—7 км), перекрывающих либо непрекрывающих друг друга (черт. 2.11).

Зоны формирования в многоячейковых процессах располагаются во вновь зародившихся ячейках в «свесе» радиоэха развитых конвективных ячеек; зоны зарождения, роста и выпадения располагаются в развитых ячейках так же, как и в суперячейке.

Время градообразования в фиксированной точке пространства от момента появления первого радиоэха до размера градин 1,5 см составляет в среднем 6—10 мин, варьируя в пределах 4—25 мин. Скорость непрерывного распространения процесса градообразования в пространстве в суперячейковых и многоячейковых облаках составляет 5—70 км/ч, максимум повторяемости приходится на 25 км/ч. В многоячейковых процессах, имеющих, помимо непрерыв-

ного, дискретное распространение, на правом фланге за счет возникновения новых ячеек суммарная скорость непрерывно-дискретного распространения градообразования в пространстве несколько выше.



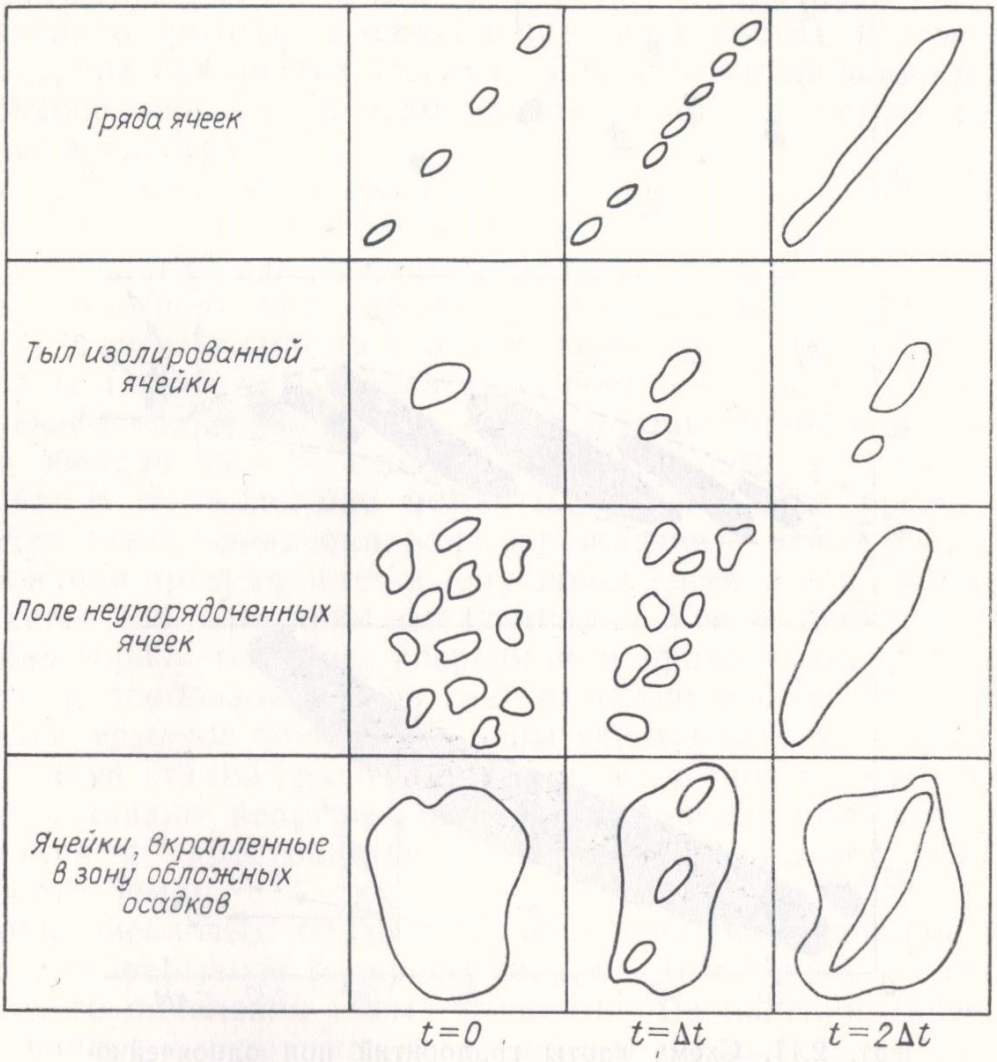
Черт. 2.11. Схема карты градобитий при одноячейковых (*а*), многоячейковых (*б*), суперячейковых (*в*) процессах.

1 — вектора ведущего потока; *2* — направление перемещения ячеек; *3* — направление перемещения облачной системы.

Горизонтальная протяженность градовых очагов в одноячейковых процессах составляет 1,5—2 км и не превышает 4—5 км. В многоячейковых и суперячейковых процессах радиоэхо градовых очагов в зоне осадков имеет овальную или фасолеобразную форму с соотношением осей 1/3—2/3 и ориентацией большой полуоси поперек направления перемещения, а на уровнях изотерм от минус 10 до минус 30 °С — форму круга, фронтальная часть которого нависает над областью слабого радиоэха, а тыловая представляет собой сечение зоны выпадения града. На уровне поверхности Земли в многоячейковых процессах большая полуось составляет

обычно 2—4 км, достигая иногда 7—10 км, а в суперячейковых процессах — в среднем 5—7 км, достигая при особенно крупномасштабных процессах 15—20 км.

Высота распространения града в одноячейковых процессах составляет 7—9 км, а в многоячейковых и суперячейковых процессах достигает 10—12 км. Вертикальная протяженность зоны роста



Черт. 2.12. Классификация процесса формирования линии шквалов.

града (до начала выпадения) составляет 2—6 км (наименьшая в одноячейковых и наибольшая в суперячейковых процессах).

Первое радиоэхо градообразующих ячеек во всех типах процессов зарождается обычно в области отрицательных температур на высотах 4—7 км и развивается интенсивней радиоэха ячеек, возникающих на теплом фронте.

Поперечные размеры зон упорядоченных восходящих потоков уменьшаются с высотой и на уровне 4—7 км примерно равны размерам градовых очагов. Их площадь составляет в одноячейковых процессах 4—8 км², в градообразующих ячейках многоячейковых процессов — 12—30 км², а в суперячейках — 15—100 км².

2.7.3. Радиолокационная структура шквалов и смерчей

Для линий шквалов характерна следующая организация очагов радиоэха (черт. 2.12):

1) полоса длиной более 70 км слившихся или плотно расположенных очагов радиоэха с резко очерченной передней кромкой, сближающаяся с очагами перед ней;

2) гряда из трех и более наиболее мощных очагов радиоэха, имеющих продолговатую форму с расстоянием между очагами, примерно равным длине очага;

3) отдельные мощные очаги, перемещающиеся со значительной скоростью и сближающиеся с другими очагами (на стадии роста H и $\lg Z_3$);

4) при других формах очагов шквал наблюдается значительно реже.

Как показывает практика обнаружения смерчей (торнадо) на обычных некогерентных МРЛ, смерчи можно обнаружить в сравнительно редких случаях, когда радиоэхо Cb сопровождается характерным крюкообразным отростком, а нижняя граница диаграммы направленности МРЛ находится ниже уровня 1—2 км, т. е. до удалений 90—120 км.

2.8. Радиолокационная структура слоисто-дождевых облаков

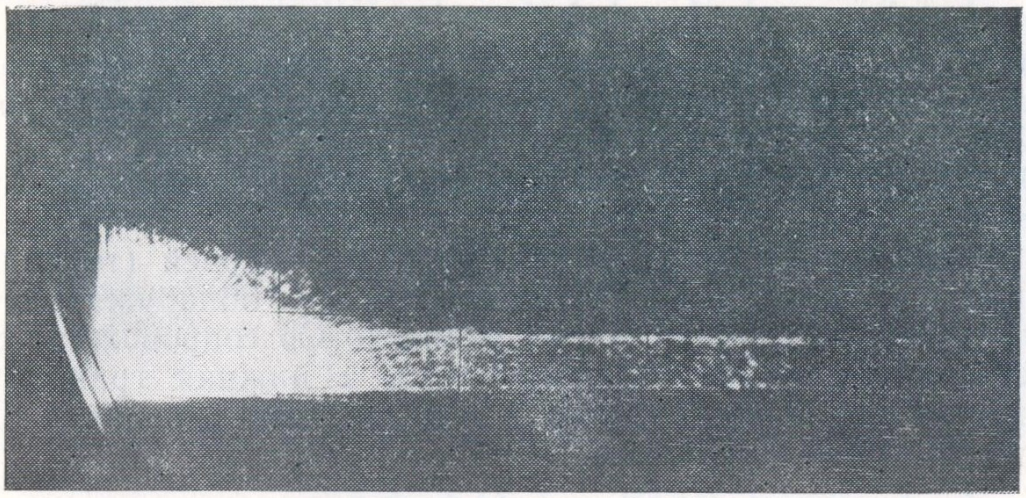
Радиоэхо слоисто-дождевых облаков (Ns и Ns—As) занимает большие площади и имеет более или менее однородную структуру отражаемости в горизонтальной плоскости. Вертикальная протяженность зон радиоэха, так же как и величина отражаемости, обычно меньше по сравнению с соответствующими характеристиками радиоэха конвективной облачности. Однако при определенных значениях параметров атмосферы и синоптических условиях кучево-дождевая облачность «тонет» в слоисто-дождевых облаках, верхняя граница которых выше Cb (так называемая «утопленная конвекция»). Радиоэхо слоисто-дождевых облаков имеет относительно небольшую временную и пространственную изменчивость.

Одной из особенностей вертикальной структуры такого радиоэха является присутствие полосы высокой интенсивности, располагающейся в районе нулевой изотермы. Такие полосы называются «яркими». Толщина яркой полосы обычно составляет 300 м (черт. 2.13). Выше и ниже этой полосы отражаемость уменьшается. Поэтому профиль $\lg Z(H)$ имеет резкий максимум в районе нулевой изотермы. Малые значения отражаемости в вершине радиоэха Ns—As приводят к тому, что с расстоянием высота радиоэха слоисто-дождевых облаков убывает, причем обычно равномерно от центра по всем направлениям, если радиоэхо расположено вокруг радиолокатора.

Яркая полоса отмечается в слоисто-дождевых облаках в районе тающего снега, располагаясь на 300 м ниже нулевой изотермы, и

в распадающихся грозах, когда там отсутствуют сильные восходящие потоки.

Яркая полоса возникает под влиянием нескольких факторов: различий между радиолокационной отражаемостью воды и льда; различий между концентрациями частиц выше и ниже уровня нулевой изотермы, которые являются следствием разных скоростей падения снежинок и капель равной массы; изменения отражаемости в зависимости от формы частиц; роста частиц осадков. Все



Черт. 2.13. „Яркая полоса“ при вертикальном разрезе.

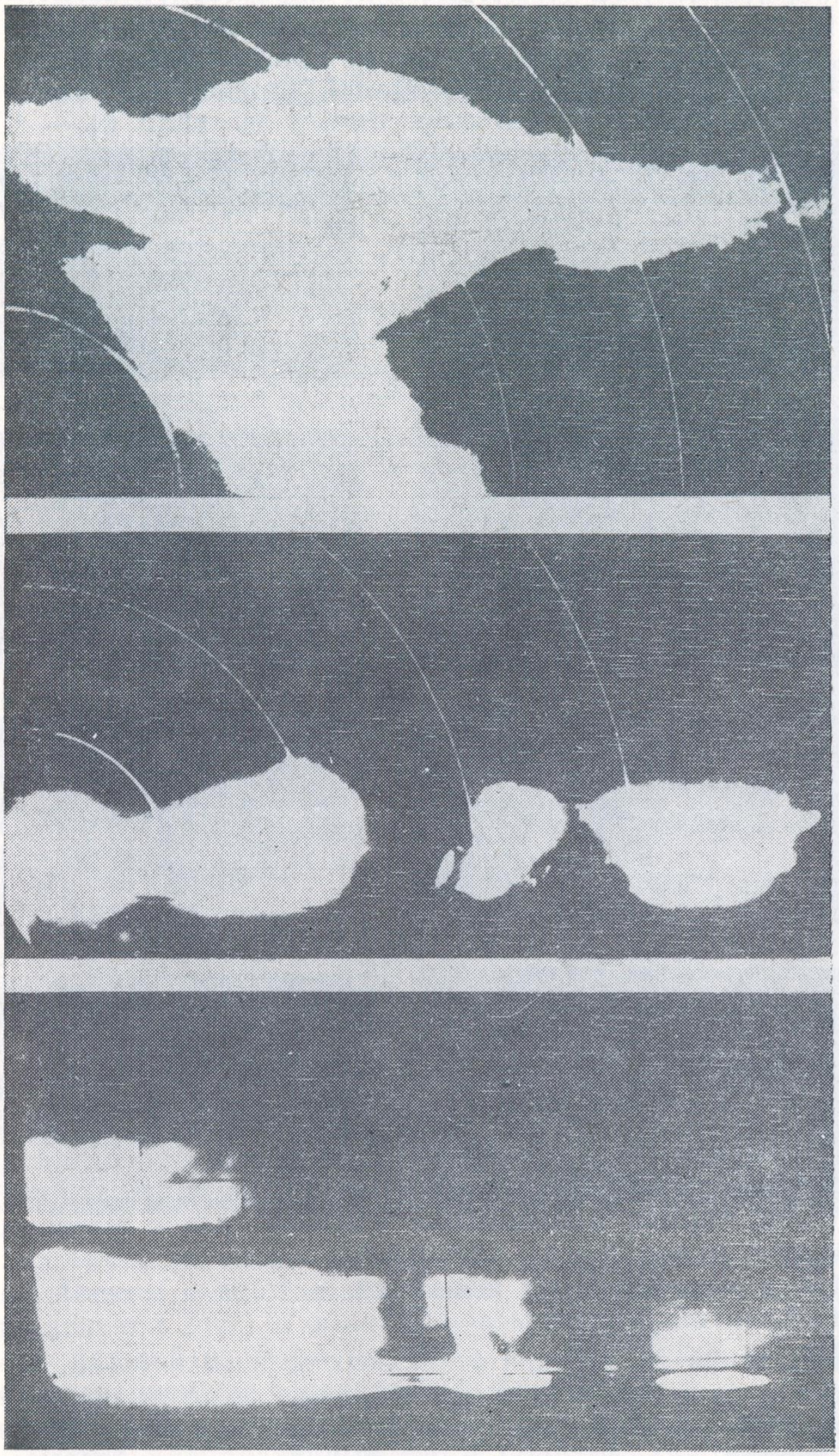
эти эффекты, суммируясь, часто дают в зоне таяния увеличение отраженного сигнала на 5—10 дБ.

Для лучшего обнаружения яркой полосы иногда необходимо ввести несколько ступеней изоэха.

2.9. Классификация облаков и осадков по их радиолокационным характеристикам и ее связь с данными наземных визуальных наблюдений

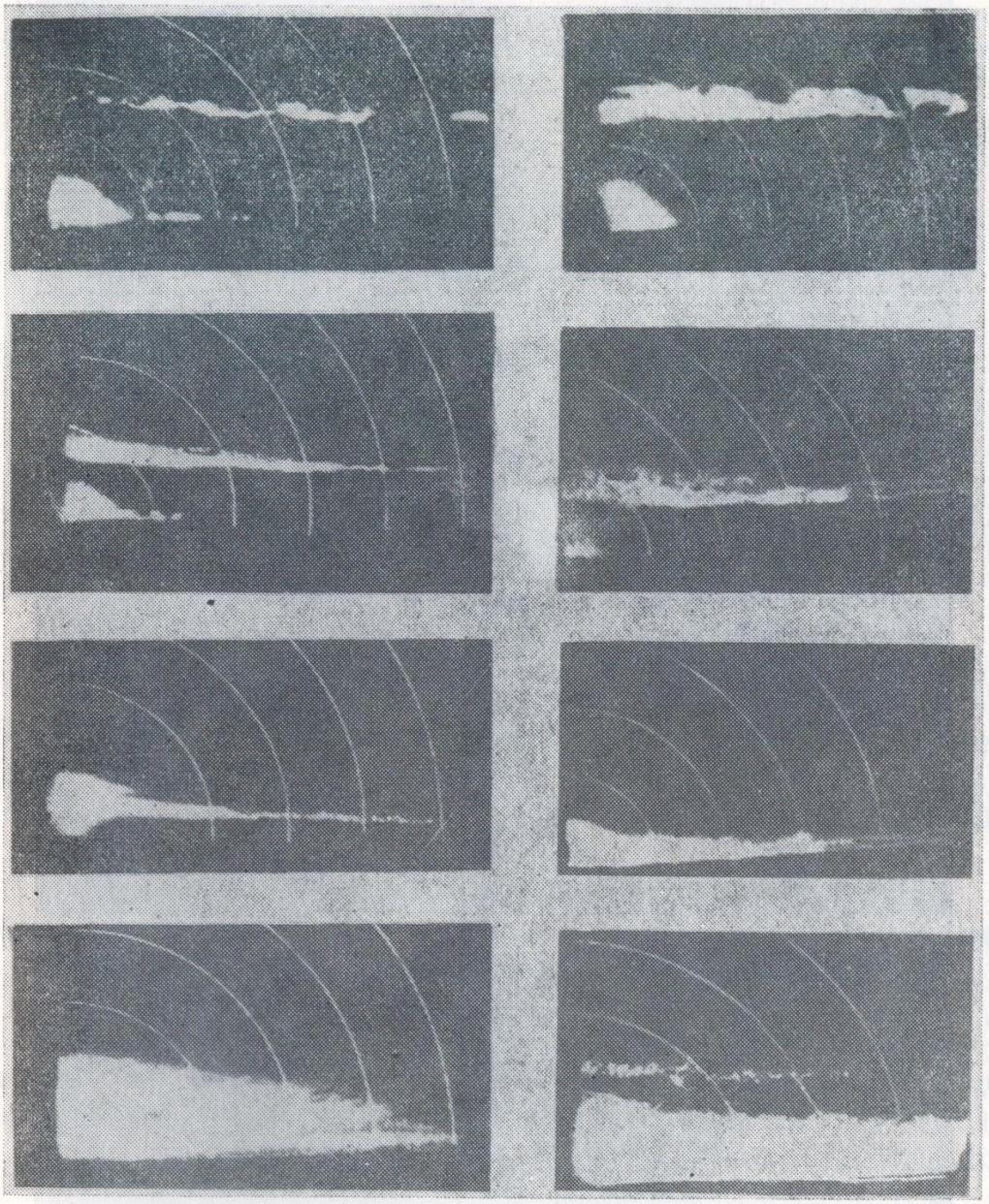
Сравнение большого числа фотограмм радиоэха ИДВ с данными метеонаблюдений за формами облаков позволило определить форму радиоэха, соответствующую каждой форме облаков. Представленные на черт. 2.14 и 2.15 картины радиоэха являются наиболее типичными для каждой указанной формы облаков. Облака слоисто-кучевые (Sc) и высококучевые (Ac) как в теплую, так и в холодную половину года создают радиоэхо в виде сплошной полосы, которая по мере увеличения расстояния может приобретать ячеистую структуру. Облака слоистые (St), высокослоистые (As) и перистые (Ci) также имеют радиоэхо в виде сплошной полосы. Слоисто-дождевым облакам соответствует радиоэхо в виде сплошной области, а кучево-дождевым (Cb) и мощным кучевым (Cu cong.) облакам — в виде вертикально вытянутых «столбов».

Из вышесказанного следует, что картины радиоэха различных облаков не всегда являются отличительным признаком их формы:



Черт. 2.14. Типичные картины радиоэха различных форм облаков в летний период года (верхние фото) и зимний период (нижнее фото).

очевидно, необходимы геометрические характеристики. Ими могут служить высота верхней и нижней границы радиоэха или его вертикальная мощность. Высота нижней кромки радиоэха не всегда соответствует визуально определяемой нижней границе облаков

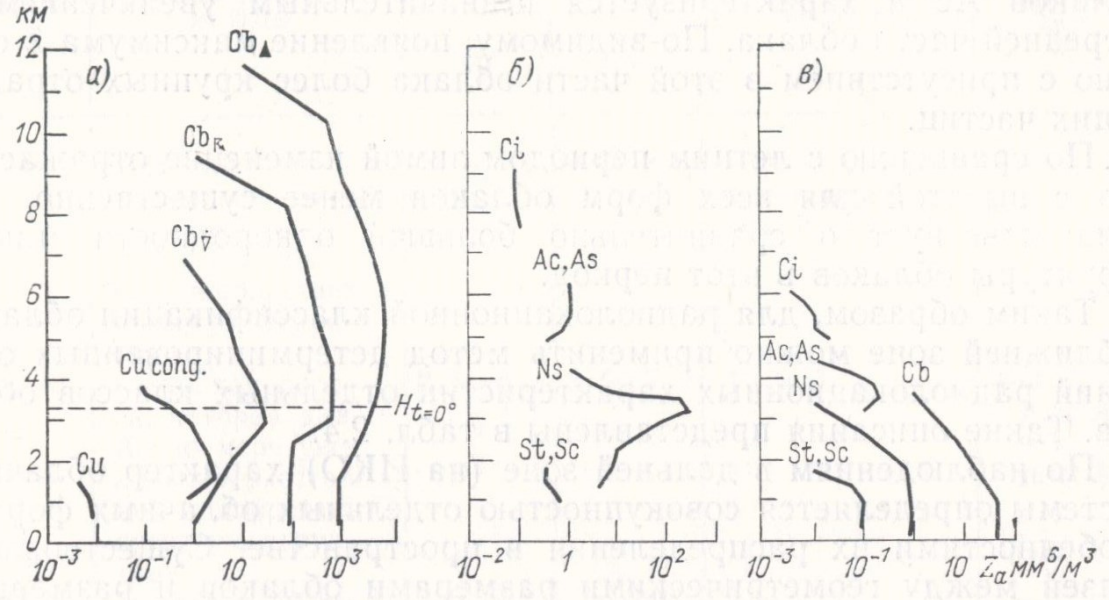


Черт. 2.15. Типичные картины радиоэха различных форм облаков в летний период (слева), в зимний период (справа).

из-за выпадения из облаков отдельных крупных частиц, что часто приводит к занижению нижней границы облаков по сравнению с визуальной или к невозможности измерить высоту нижней границы облаков радиолокационным способом. Выпадение крупных частиц при наличии облаков нижнего яруса приводит к тому, что радиоэхо распространяется до поверхности Земли, а в случае облаков среднего и верхнего ярусов — до верхней границы нижележащего слоя.

Экспериментальная оценка возможности измерения нижней границы облаков нижнего, среднего и верхнего ярусов составила 0,3; 0,8 и 0,9 соответственно.

Для двух наиболее трудно распознаваемых форм облаков — Ns и Cb — ни одна из характеристик геометрических размеров радиоэха не является однозначным признаком для определения



Черт. 2.16. Вертикальное распределение отражаемости Z_a в облаках.

а — облака вертикального развития в летний период; *б* — облака верхнего, среднего и нижнего ярусов в летний период; *в* — облака вертикального развития и верхнего, среднего и нижнего ярусов в зимний период.

формы облаков, так как функции их распределения взаимно пересекаются.

Специфика микроструктуры облаков зимой приводит к тому, что их отражаемость в это время на 2—3 порядка меньше по сравнению с отражаемостью облаков в летний период. Это может быть вызвано уменьшением размеров рассеивающих частиц и водности облаков.

Надежным радиолокационным признаком формы облаков является вертикальный профиль отражаемости $Z(H)$, характеризующий основные закономерности интегральной микроструктуры облака, а следовательно, и физические процессы его образования. Для выявления общих и наиболее типичных закономерностей в распределении $Z(H)$ в облаках совокупность вертикальных профилей по каждой из форм подвергалась обработке, позволяющей получить осредненный вертикальный профиль.

На черт. 2.16 приведены осредненные вертикальные профили отражаемости для различных форм облаков. Вертикальные профили отражаемости всех облаков исключая облака вертикального развития можно разделить на три основных типа. Для первого из них характерно незначительное изменение отражаемости с высотой, лежащее в пределах возможных погрешностей измерений ин-

тенсивности радиоэха. Такой вид профиля характерен для облаков с однородной по вертикали микроструктурой, какими являются St и Ci. Известно, что облака этих форм не содержат, как правило, крупных частиц и фазовый состав их сравнительно однороден.

Второй тип профиля — четко выраженный максимум Z на высоте, близкой к уровню нулевой изотермы, — характерен для слоисто-дождевых облаков (Ns). Третий тип профиля специфичен для облаков Ac и характеризуется незначительным увеличением Z в средней части облака. По-видимому, появление максимума Z связано с присутствием в этой части облака более крупных отражающих частиц.

По сравнению с летним периодом зимой изменение отражаемости с высотой для всех форм облаков менее существенно, что свидетельствует о сравнительно большей однородности микроструктуры облаков в этот период.

Таким образом, для радиолокационной классификации облаков в ближней зоне можно применить метод детерминированных описаний радиолокационных характеристик отдельных классов облаков. Такие описания представлены в табл. 2.4.

По наблюдениям в дальней зоне (на ИКО) характер облачной системы определяется совокупностью отдельных облачных форм и особенностями их распределения в пространстве. Существование связей между геометрическими размерами облаков и размерами их радиоэха на ИКО, а также между микроструктурой облаков и интенсивностью радиоэха дает основание использовать особенности пространственного распределения радиолокационных характеристик для определения типа облачной системы. Для этого служат следующие признаки:

распределение радиоэха по площади, наблюдаемой на ИКО;

пространственное распределение высоты верхней границы радиоэха, представленное в виде карты;

пространственное распределение отражаемости на наиболее характерном уровне, расположенном на 2 км выше нулевой изотермы, представленное в виде соответствующей карты.

Радиолокационные наблюдения за различными облачными системами позволили классифицировать основные типы облачных систем по указанным радиолокационным признакам (табл. 2.5).

Картина облачной системы As—Ns на ИКО под оптимальным углом возвышения антенны имеет вид большой области радиоэха без резко очерченных границ. Такой вид радиоэха объясняется тем, что данная система, связанная с атмосферными фронтами, представляет собой сплошной массив облачности, простирающейся обычно на несколько сотен километров. Высота верхней границы облачной системы As—Ns примерно постоянна для всей системы. Распределение высоты верхней границы радиоэха следующее: при одинаковой дальности поле высоты верхней границы радиоэха однородно, но по мере увеличения дальности высота радиоэха убывает. Это объясняется особенностью вертикального распределения отражаемости в облаках типа Ns, влиянием конечного значе-

Таблица 2.4

Классификация основных типов облаков по радиолокационным признакам на ИДВ на расстоянии до 40 км

Форма облаков	Картина (форма) радиоэха облаков на ИДВ	Диапазон вероятных значений высоты границ радиоэха, км		Вертикальный профиль отражаемости	Диапазон вероятных значений $\lg Z_a$
		НГ	ВГ		
S_t, Sc	Сплошная полоса, которая для Se по мере увеличения расстояния приобретает ячеистую структуру	0,1—1,5	0,8—2,3	Незначительные изменения с высотой	—3... 1,5
As, Ac	Сплошная полоса, которая для Ac по мере увеличения расстояния приобретает ячеистую структуру	2,5—5	3,5—7	То же	—3... 1,5 для As —3... 0 для Ac
Ci	Полоса с игольчатой структурой	5—7	6—10	»	—3... 0
Ns—As	Сплошная область	От земли	3—9	Четко выраженный максимум на высоте, близкой к уровню изотермы 0 °C	—1... 1
Cu cong. Cb	Вертикально вытянутые „столбы“	От земли	4—12 и более	Незначительное изменение выше уровня изотермы 0 °C	1... 5

ния метеорологического потенциала $П_м$ и кривизной Земли. В результате, начиная с некоторого расстояния от МРЛ, верхняя часть облака, отражаемость которого мала, радиолокатором не обнаруживается.

Картина радиоэха облачной системы As—Cb—Ac на ИКО под оптимальным углом возвышения антенны обычно имеет вид полосы или нескольких полос. Это обусловлено тем, что данная система, связанная с атмосферными фронтами, представляет собой гряду кучево-дождевых облаков, сопровождаемую облаками среднего яруса типа As, Ac. При больших углах возвышения антенны радиоэхо данной системы имеет вид «пелены» до расстояний, на которых обнаруживаются As, Ac, так как оно создается не только конвективными облаками, но и облаками среднего яруса. Во время наблюдений на МРЛ конвективные облака в системе As—Cb—Ac

Таблица 2.5

Классификация основных типов облачных систем по радиолокационным признакам на ИКО на расстояниях больше 40 км

Тип облачной системы	Характер распределения радиоэха по площади	Характер распределения высоты границы радиоэха	Характер распределения отражаемости радиоэха, диапазон значений $\lg Z_a$
As—Ns (PCO)	Большая область без резко очерченных границ*	Однородное поле на разных расстояниях с монотонным уменьшением $H_{макс}$ по мере увеличения дальности	Однородное поле; $\lg Z_a = -1 \ldots 1$
As—Cb—Ac	Полоса или несколько полос*	Неоднородное поле; $H_{макс} = 5 \ldots 13$ км	Неоднородное поле; $\lg Z_a = 1 \ldots 5$
As—Ns—Cb (PKCO)	Большая область без резко очерченных границ, которая по мере увеличения расстояния переходит в отдельные небольшие полосы или ячейки*	Два вида распределения: однородное поле на разных расстояниях с монотонным уменьшением $H_{макс}$ по мере увеличения расстояния; $H_{макс} = 5 \ldots 9$ км; неоднородное поле на одинаковых расстояниях; $H_{макс} = 5 \ldots 13$ км	Неоднородное поле; $\lg Z_a = -1 \ldots 5$
St, Sc, Ac (PCO)	Отдельные или концентрические кольца**	Однородное поле; $H_{макс} = 1 \ldots 6$ км	Однородное поле; $\lg Z_a = -3 \ldots 0$
Cu cong., Cb (PKO)	Хаотически разбросанные ячейки или полосы	Неоднородное поле; $H_{макс} = 5 \ldots 13$ км	Неоднородное поле; $\lg Z_a = 1 \ldots 5$

* Под оптимальным углом возвышения антенны (под углом, при котором на экране индикатора наблюдается наибольшая площадь радиоэха).

** Под меняющимся углом возвышения антенны.

находятся на разных стадиях развития. Это обстоятельство объясняет неоднородный характер поля высоты верхней границы данной облачности.

Картина радиоэха обычной системы As—Ns—Cb на ИКО под оптимальным углом возвышения антенны представляет собой большую область без резко очерченных границ, которая по мере увеличения расстояния (более 100—150 км) может переходить в отдельные полосы или ячейки. На расстоянии свыше 100—150 км обычно наблюдаются только Cb.

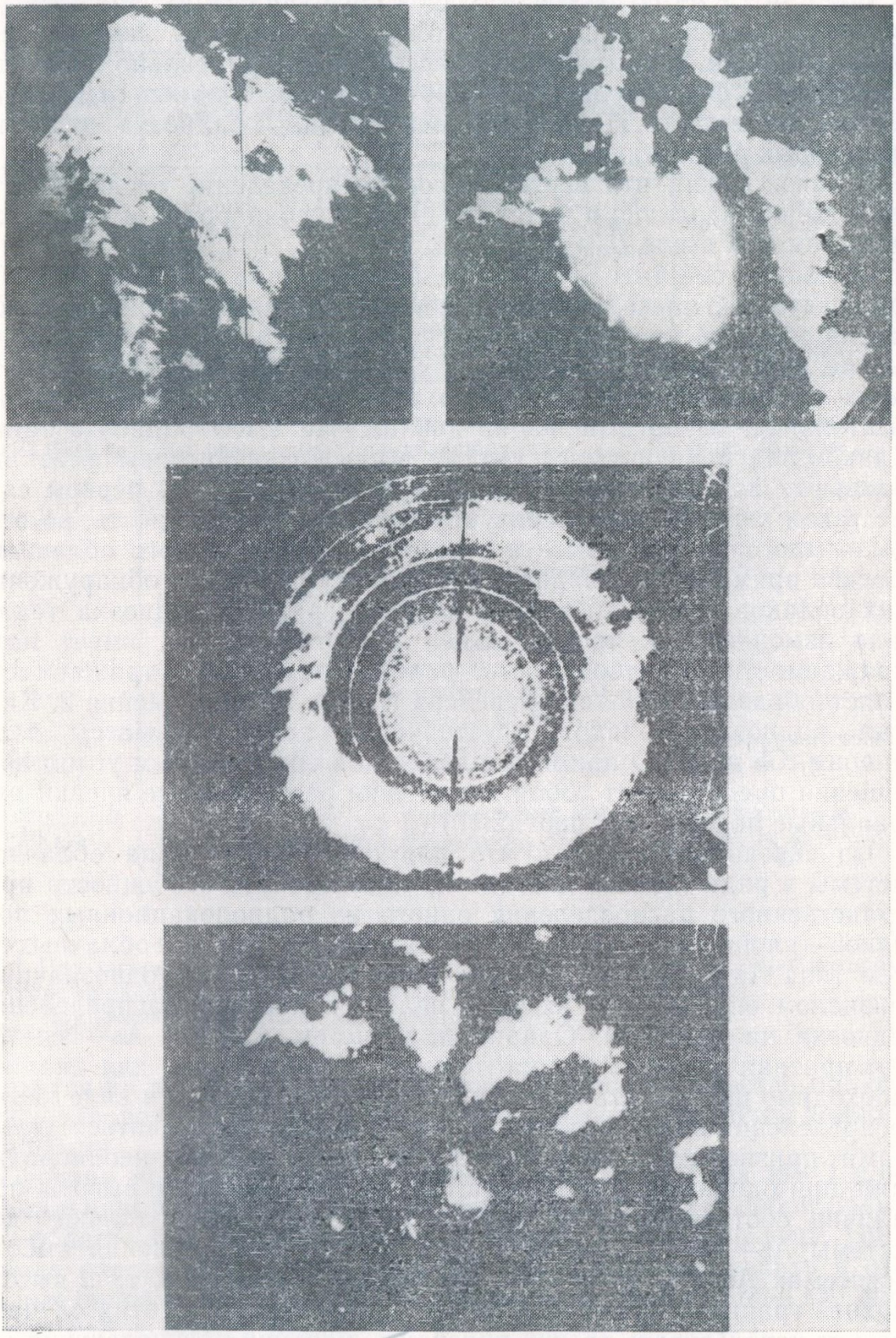
Следует ожидать, что интенсивность конвекции в радиусе наблюдений будет в значительной мере определять и пространственное распределение высоты верхней границы радиоэха Cb. При

слабо развитой конвекции верхняя граница облачного массива располагается на одинаковой высоте. В этом случае, как уже отмечалось, следует ожидать монотонного понижения верхней границы радиоэха с увеличением расстояния. При сильно развитой конвекции и формировании кучево-дождевых облаков отмечается неоднородное поле высоты верхней границы радиоэха даже на одинаковых расстояниях.

В связи с тем, что вертикальное распределение отражаемости существенно различно в облаках Cb и Ns неоднородно и само поле отражаемости выше H_0 °C.

Облачные системы St—Sc—Ac, возникающие в теплой устойчивой воздушной массе, как известно, представляют собой сплошной массив облаков, простирающихся по горизонтали на сотни и даже тысячи километров. Однако в силу незначительной отражаемости таких облаков появление радиоэха от них возможно только на расстояниях, не превышающих 100 км. На ИКО радиоэхо таких облаков под меняющимися углами возвышения антенны имеет вид отдельных или концентрических колец (черт. 2.17). В первом случае такая картина характеризует одноярусную облачность, во втором — многоярусную. Высота верхней границы данного облачного массива примерно постоянная, а поскольку дальность обнаружения этих облаков невелика, высота верхней границы радиоэха также мало изменяется в пространстве. Аналогичный ход имеет поле отражаемости. Повторяемость радиолокационной отражаемости слоистообразных облаков приведена в табл. 27 приложения 2. Картина радиоэха облаков неустойчивой холодной массы типа Cu cong, Cb на ИКО при наблюдении под оптимальным углом возвышения представляет собой хаотически разбросанные ячейки или локальные полосы (см. черт. 2.17).

Из сказанного следует, что для определения типа облачной системы в ряде случаев достаточно использовать особенности пространственного распределения одного из радиолокационных признаков—площади, высоты или отражаемости. Так, для облачных систем типа As — Cb—Ac, St—Sc—Ac и Cu cong., Cb однозначным признаком определения их типа является картина распределения радиоэха на площади. Однако для систем As—Ns, As—Ns—Cb этот признак является недостаточным. В этом случае для анализа необходимо привлекать дополнительную информацию в виде карты распределения высоты радиоэха. Часто можно ограничиться двумя этими признаками, например, когда поле высоты неоднородно даже при одинаковой дальности. Такое распределение высоты при наличии соответствующих картин ИКО характерно только для системы As—Ns—Cb, но нередко картины распределения высоты в системах As—Ns и As—Ns—Cb бывают идентичны, т. е. высота верхней границы радиоэха убывает с расстоянием. В этих случаях следует использовать третий признак — картину распределения отражаемости, которая, как уже указывалось, позволит практически однозначно дифференцировать систему As—Ns—Cb от системы As—Ns.



Черт. 2.17. Картины радиоэха различных облачных систем, наблюдаемые на ИКО.

2.10. Радиолокационные критерии принятия решений об опасных явлениях

2.10.1. Смерч

Для выделения на экране ИКО в радиусе 100 км радиоэха конвективных облаков (РКО), сопровождаемых смерчами, на МРЛ используется ряд признаков:

наличие циклонического вращения РКО или одного из его частей;

наличие «крюка» в РКО; он может быть с горизонтальными размерами до 16 км и высотой 10,7—12,2 км, время существования от нескольких минут до часа;

наличие РКО с высотами, превышающими высоту тропопаузы на 3 км и более, и максимальными отражаемостями $\lg Z = 3{,}5 \ldots 4{,}0$ ($Z_э = 53 \ldots 58$ дБZ);

слияние радиоэха Cb с грозами при скоростях перемещения последних, превышающих 75 км/ч — тогда смерч образуется в V-образной впадине радиоэха.

Однако по результатам многочисленных исследований смерчи наблюдались и в тех Cb, которые не подходили ни под один из перечисленных признаков.

Таким образом, МРЛ хорошо обнаруживает конвективную облачность, в которой может возникнуть смерч, но само местоположение смерча в РКО обнаруживает лишь в редких случаях. Важность такой информации исключительна, поэтому оператор обязан немедленно предупредить дежурного синоптика при наличии любого из перечисленных признаков и сделать на карте представления отметку «возможен смерч в квадрате с координатами...».

2.10.2. Шквал

Как следует из описанного выше механизма образования шквалов, с помощью МРЛ можно определить следующие параметры, влияющие на образование шквала: высоту РКО(H), скорость его переноса ($v_р$), отражаемость на уровне формирования осадков ($\lg Z_з$), структуру (организацию) очагов радиоэха. Эти параметры позволяют определить факт и скорость шквала, связанного с конкретной зоной радиоэха, при наличии благоприятных для развития явления синоптических и аэрологических условий.

В связи с этим работа по выявлению очагов шквала выполняется в соответствии с текущим прогнозом шквала по району, разработанным дежурным синоптиком АМСГ (АМЦ). Прогноз шквала разрабатывается дежурным синоптиком на основании расчетных методов, принятых к использованию на данном АМСГ (АМЦ). Для прогноза шквала по аэрологическим, синоптическим и радиолокационным данным на 3—6 ч может использоваться приведенный ниже радиолокационно-синоптический метод.

Порядок передачи прогноза шквала дежурной смене МРЛ определяет начальник АМСГ (АМЦ) в установленном порядке.

При прогнозе синоптика «шквал» ожидается скорость порывов более 15 м/с, при прогнозе «сильный шквал» — более 25 м/с.

Штат МРЛ, в соответствии с результатом прогноза факта шквала по району («без шквала», «шквал», «сильный шквал») проводит выделение очагов РКО, с которыми связан шквал.

В первую очередь проводится диагноз шквала для зон РКО, выходящих в соответствии с направлением и скоростью их перемещения в район аэропорта или других объектов, интересующих потребителей. Следует обратить внимание на конфигурацию радиоэха, которая получила название линии шквалов. Линии шквалов наблюдаются преимущественно на холодных фронтах, при этом они могут опережать приземную линию фронта на 150—200 км. Значительно реже они отмечаются на теплых фронах и фронтах окклюзии. Таким линиям соответствуют гряды Cb, которые сопровождаются шквалистым усилением ветра при их прохождении через пункт.

На черт. 2.12 приведена идеализированная схема образования и развития линии шквалов четырех типов: разорванная линия (гряда ячеек); линия, сформировавшаяся в тыловой части Cb; линия, сформировавшаяся из поля неупорядоченных ячеек; линия, вкрапленная в поле радиоэха обложных осадков.

При прогнозе «сильный шквал» по району выполняется оценка скорости шквала для РКО с $H \geqslant 10$ км, $v_р \geqslant 30$ км/ч по табл. 2.6.

При прогнозе «шквал» по району выполняется оценка скорости шквала для РКО с $H \geqslant 10$ км, $v_р \geqslant 10$ км/ч по табл. 2.7.

При наличии данных о скорости ветра на уровне 700 гПа в качестве $v_р$ может использоваться v_{700} в км/ч. Полученное значение скорости шквала (v) следует рассматривать как середину интервала возможных значений скорости порывов $v \pm 2$ м/с.

Таким образом, при прогнозе «шквал» и «сильный шквал» по району МРЛ позволяет детализировать прогноз по месту и времени существования явления. Считается, что зона шквала располагается перед фронтальной (по направлению переноса) частью радиоэха на удалении до 15 км от передней границы зоны осадков. Если по результатам диагноза с данной зоной РКО связан шквал или сильный шквал, то на бланке ф. 2 рядом с соответствующим радиоэхо Cb делается отметка „шквал“ и указывается его скорость, а синоптику передаются координаты, направление и скорость перемещения очага и скорость шквала. Например, пусть зона радиоэха Cb, выходящая в соответствии с направлением и скоростью ее перемещения в район аэродрома, имеет следующие характеристики: $H=10$ км, $\lg Z_3=2{,}5$, $v_р=40$ км/ч. По прогнозу ожидается появление шквалов со скоростью порывов 22 м/с. По табл. 2.7 находим скорость шквала: 20 м/с. Дежурному синоптику передается сообщение: «зона шквалистого усиления ветра, азимут 240—270°, удаление 30—50 км, направление переноса 60°, скорость 40 км/ч, с зоной связаны гроза, шквал, скорость порывов

Таблица 2.6

Скорость шквала (м/с) при диагнозе „сильный шквал“

$\lg Z_3$	$v_р$ км/ч															
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
1,2—2,3	27	27	28	28	29	29	29	30	30	31	31	31	32	32	33	33
2,4—3,3	26	26	27	27	28	28	28	29	29	30	30	30	31	31	32	32
3,4—4,3	25	25	26	26	27	27	27	28	28	29	29	29	30	30	31	31
4,4—4,8	24	24	25	25	26	26	26	27	27	28	28	28	29	29	30	30

Таблица 2.7

Скорость шквала (м/с) при диагнозе „шквал“

$\lg Z_3$	$v_р$ км/ч																			
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
	$H = 10$ км																			
1,2—2,7	15	16	16	17	18	19	20	20	21	22	23	24	24	25	26	27	28	28	29	30
2,8—3,7	15	15	16	17	18	19	19	20	21	22	22	23	24	25	26	26	27	28	29	30
3,8—4,4	14	15	16	17	18	18	19	20	21	22	22	23	24	25	26	26	27	28	29	30
4,5—4,8	14	15	16	16	17	18	19	20	20	21	22	23	24	24	25	26	27	28	28	29
	$H = 11...12$ км																			
1,2—2,7	18	18	19	19	19	20	20	20	21	21	22	22	22	22	23	23	24	24	24	25
2,8—3,7	18	18	19	19	19	20	20	20	21	21	21	22	22	22	23	23	24	24	24	25
3,8—4,4	18	18	18	19	19	19	20	20	20	21	21	22	22	22	23	23	23	23	24	24
3,5—4,8	17	17	18	18	18	19	19	19	20	20	21	21	21	21	22	22	23	23	23	24
	$H = 13...17$ км																			
1,2—2,7	15	16	17	18	19	20	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	33	34	35	36
2,8—3,7	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	33	34	35
3,8—4,4	13	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	26	27	28	30	31	32	33	34
4,5—4,8	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	31	32	33

18—22 м/с». На бланке ф. 2 рядом с соответствующим РКО делается отметка: шквал 20 м/с.

При прогнозе «без шквала» по району для РКО в виде линии шквалов с высотами более 10 км и скоростью перемещения более 30 км/ч необходимо выполнить оценку скорости для наиболее мощного РКО, т. е. для РКО с максимальной H, и результат диагноза передать дежурному синоптику. Если прогноз шквала не изменяется, т. е. сохраняется «без шквала» по району, то дальнейший диагноз шквалов не проводится.

2.10.3. Град и градоносные Cb

Для ближней зоны критерием градоносного Cb является выполнение следующих условий:

1) отражаемость в нижней части облака должна быть равна или превышать 46 дБZ или $\lg Z \geqslant 2{,}8$. Такую зону радиоэха называют «ядром» РКО;

2) верхняя граница «ядра» РКО должна превышать высоту нулевой изотермы на 1,4 км;

3) ограничений на высоту верхней границы РКО не накладывается.

Таким образом, значок ▲ — град ставится на бланке рядом с изображением вертикального разреза Cb, если

$$H_{\text{в}\,\lg Z_{\text{ядра}} \geqslant 2{,}8} > (H_{0\,^\circ\text{C}} + 1{,}4).$$

Однозначным критерием града при любой высоте РКО является наличие отражаемости в любой части облака, равной или большей

$$\lg Z \geqslant 4{,}0 \quad (Z_э = 58 \text{ дБ}Z).$$

Для РКО с $H \geqslant 10$ км однозначным критерием града является отражаемость на любом уровне, равная или большая

$$\lg Z \geqslant 3{,}7 \quad (Z_э = 55 \text{ дБ}Z).$$

При структуре критерия $Y = H \lg Z_3$ для РКО с $H \geqslant 10$ км, критерий Y града

$$Y \geqslant A,$$

где A — пороговое значение, которое зависит от географического района. По данным оперативных наблюдений A равно 40, 35 и 30 для Северного Кавказа, Средней Азии и Украины соответственно.

Наконец, за пределами ближней зоны, если $H \geqslant 10$ км и одновременно $\lg Z_2 \geqslant 2{,}8$, $\lg Z_3 \geqslant 2{,}8$ и $\lg Z_4 \geqslant 2{,}8$, то оператор должен поставить на бланке значок града.

Перечисленные критерии имеют высокую степень надежности и близки к критериям, используемым на МРЛ противоградовых отрядов.

2.10.4. Гроза и ливень

МРЛ сантиметрового диапазона обычно не фиксирует грозовые разряды, а вероятность обнаружения радиосигнала от молнии ничтожно мала из-за кратковременного ее существования и узкой диаграммы направленности антенны. Факт осадков определяется по наличию радиоэха у Земли, однако возможности такого определения ограничены радиусом 90—100 км под углами возвышения антенны, близкими к 0°. К тому же с помощью МРЛ не представляется возможным всегда получать однозначную характеристику вида осадков (твердые и жидкие). Поэтому радиометеорологическая классификация явлений, связанных с Cb, несколько отличается от общеизвестной метеорологической классификации и предполагает разделение на три группы: I — градоопасные Cb и грозовые облака с градом; II — грозоопасные облака и ливневой дождь с грозой; III — негрозоопасные конвективные облака и негрозовые ливни.

К I группе относятся кучево-дождевые облака, сопровождающиеся грозовыми разрядами и в большинстве случаев выпадением града. Однако из облаков этой группы град может и не выпадать, т. е. облако находится в градоносном состоянии. Ко II группе относятся облака Cb, сопровождающиеся ливневым дождем с грозовыми разрядами, а также облака Cb, образование которых связано с интенсивными восходящими потоками, сильной турбулентностью и высокой напряженностью электрического поля. Это так называемая предгрозовая стадия, которая визуально фиксируется как Cb без явлений. К III группе относятся облака Cu cong.— Cb, которые за время их жизни не переходят в грозовые облака. Из них в процессе развития может выпадать ливневой дождь различной интенсивности и продолжительности.

Невозможность получения прямых характеристик степени опасности явлений (молния, интенсивность конвекции) с помощью МРЛ заставляет использовать в качестве критерия распознавания косвенные признаки, основанные на различных физико-статистических закономерностях, установленных для определенных физико-географических условий, конкретных МРЛ и методик наблюдения путем статистической обработки и анализа данных.

Определение грозовой активности конвективных облаков по радиолокационным наблюдениям в сантиметровом диапазоне радиоволн основано на неоднократно проверенном экспериментальном факте: наиболее высокие конвективные облака, которые дают интенсивные осадки, имеют и максимальную активность молний. Область наибольшей электрической активности в Cb обычно находится в непосредственной близости (3—5 км) от восходящего потока. Выявление таких зон Cb с помощью МРЛ очень важно при приближении Cb к аэропорту.

Из практики известно, что вероятность поражения самолета молнией между облаками больше, чем выше или ниже облака, 75 % всех зарегистрированных ударов молний в самолет прихо-

дится на область нулевой изотермы. В слое 3—5 км отмечается и наибольшая турбулентность в облаках. Таким образом, для отдельного одноячейкового грозового Cb, приближающегося к аэропорту, можно предложить схему выделения зон молниевой активности по данным МРЛ. Она сводится к следующему:

определяется скорость и направление перемещения радиоэха Cb;

выделяется передняя правая часть радиоэха Cb — предполагаемая зона восходящего потока;

определяется зона максимальной отражаемости $Z_{макс}$ в области выпадающих осадков;

выделяется зона наибольшей молниевой активности в слое от нулевой изотермы до высоты 6—7 км, ограниченная областью на внешнем контуре $Z = 10^{-2}\, Z_{макс}$ или $\lg Z > 1{,}2$ ($Z_э = 30$ дб Z), $I < 3$ мм/ч на $H = 7$ км, вблизи от передней правой части радиоэха Cв.

При многоячеистной структуре Cb необходимо учитывать, что грозовая активность может возрастать при взаимодействии между отдельными Cb. По этой причине и другим, о которых будет сообщено далее, при анализе поля РКО выявляется наиболее опасное явление над площадью заданных размеров, а не зона молниевой активности в Cb.

2.10.4.1. Обоснование критериев. Используемый в практике сети МРЛ критерий грозоопасности $Y = H \lg Z_3$ позволяет распознавать грозу в квадрате 30×30 км с использованием максимальной высоты радиоэха H (км) и отражаемости $\lg Z_3$ на высоте H_3, на 2—2,5 км превышающей уровень нулевой изотермы $H_{0\,°C}$.

Хорошо известно, что важнейшим моментом в развитии конвективного облака является начало оледенения его вершины. С ним тесно связан процесс интенсивного разделения электрических зарядов и превращение облака в кучево-дождевое с последующим возникновением ливней и гроз.

Экспериментальные данные показывают, что температура на уровне вершин радиоэха грозовых облаков должна быть в диапазоне от минус 20 до минус 25 °С. Таким образом, можно считать первым необходимым условием локализации грозы по радиолокационным данным превышение радиоэхом конвективных облаков высоты изотермы минус 22 °С; т. е. $H \geqslant H_{-22\,°C}$.

В конвективных облаках восходящие потоки в основном управляют и количеством осадков. Тесная связь отражаемости облака с восходящими потоками, его микрофизикой и интенсивностью выпадающих осадков позволяет применить минимальное значение $\lg Z_3$ в грозах — $(\lg Z_3)_{мин}$ — в качестве второго необходимого критерия грозового состояния.

В слое H_3 отмечается наибольший рост облачных частиц, которые являются косвенным индикатором разделения зарядов в Cb. Выбор для расчета критерия Y величины $\lg Z_3$ обеспечивает некоторую заблаговременность информации МРЛ о грозах по сравнению с данными метеостанций, поскольку начало грозы обычно

совпадает с началом выпадения осадков. (При описаниях критериев отражаемость измеряется в $\lg Z_a$, индекс «a» будет опущен.)

Объяснение указанному факту следует искать в особенностях радиолокационной структуры Cb. К концу стадии роста Cb величины H и $\lg Z(H)$ достигают своих максимальных значений и в течение некоторого промежутка времени в слое H_3 может существовать максимум в вертикальном профиле $Z_{\text{макс}}(H)$.

Устойчивый максимум отражаемости в слое выше нулевой изотермы на $\lambda=3$ см может являться следствием ряда причин:

1) скопления частиц осадков в конвективных ячейках, которые лишь через некоторый промежуток времени становятся грозовыми;

2) ослабления радиоволн в избыточной жидкости на высотах, лежащих над нулевой изотермой;

3) ослабления радиоволн на малых высотах в устойчивом экранирующем ливне;

4) образования пористого града в наклонном восходящем потоке, насыщенном облачной влагой, за которым следует выброс этих частиц в гораздо более сухую атмосферу, где при опускании до нулевой изотермы их оболочка замерзает. Эффективная площадь рассеяния η и Z падающих градин, по мере того как их поверхностные слои замерзают, уменьшается, приближаясь к значениям Z для чистого льда.

Начало грозы обычно связывают с началом выпадения осадков. Однако МРЛ по критерию Y уже в течение сравнительно значительного промежутка (10—30 мин) времени стадии роста распознает грозовое состояние. Надо учесть, что продолжительность стадии роста для отдельных Cb может изменяться в широких пределах и зависит в общем случае от интенсивности процессов конвекции в районе наблюдения. Поэтому можно предположить, что чем интенсивней и стремительней выражен конвективный процесс на наблюдаемой территории, тем меньше будет опережение грозы по данным МРЛ.

Кучево-дождевые облака в первой стадии развития опасны для полетов самолетов поскольку попадание самолета в такое облако может инициировать электрический разряд. Поэтому опережение в целом во времени визуальных данных о грозах — безусловно положительное качество данных МРЛ при метеообеспечении авиации.

В настоящее время на сети МРЛ гроза фиксируется, когда $Y > Y_{\text{кр}} = H_{-22\,^\circ\text{C}} \lg Z_{3\,\text{мин}\searrow}$, где $\lg Z_{3\,\text{мин}\searrow}$ — минимальное значение $\lg Z_3$ в грозах, а $H_{-22\,^\circ\text{C}}$ высота изотермы минус 22 °C. При этом предполагается, что для гроз различной интенсивности выполняются следующие соотношения: для гроз с вероятностью распознавания $B_{\text{р}} = 90\ \%$ $Y > Y_{\text{кр}}+14$, обозначение $\searrow$; для гроз с $B_{\text{р}} = 70\ldots 90\ \%$ $Y > Y_{\text{кр}} + 6$, обозначение $\searrow$); для гроз с $B_{\text{р}} \leqslant 70\ \%$ $Y > Y_{\text{кр}}$, обозначение ($\searrow$).

Для 65—78 % гроз их начало по данным метеостанции и МРЛ различается не более, чем на 10 мин. В среднем же для всех гроз операторы МРЛ определяют грозу на 10—15 мин раньше наблюдателей метеостанции, что особенно полезно при метеообеспечении полетов. Вероятность совпадения радиолокационной и наземной информации о грозах в радиусе 150 км от МРЛ составляет 82—85 %, а в радиусе 30 км составляет 90—95 %.

Таблица 2.8

Характеристики повторяемости (%) гроз ($\lesssim$) и ливней в зависимости от номера зоны (см. черт. 2.18)

Характеристика	Номер зоны				
	I	II	III	IV	V
$А = n_{j\lesssim}/N_{\lesssim}$	5,3	4,7	2,3	13,0	74,7
$Б = n_{j\nabla}/N_{\nabla}$	81,2	10,5	1,7	3,5	3,1
$В = \frac{n_{j\lesssim} + n_{j\nabla}}{N_{\lesssim} + N_{\nabla}}$	21,4	6,0	2,2	11,0	59,4
$Г = А/Б$	0,065	0,45	1,4	3,7	24,1

Примечание. $n_{j\nabla}$, $n_{j\lesssim}$ — число ливней и гроз в зоне; N_{∇}, $N_{\lesssim}$ — число ливней и гроз в выборке.

С увеличением значения Y растет среднее число разрядов облако—Земля $\bar{n}_{\Sigma}$, зафиксированных с помощью грозопеленгатора-дальномера с заданным порогом и приведенным к единице площади радиоэха гроз для ячейки 30×30 км и интервалу сопоставления 30 мин. При $Y \leqslant 15$ $\bar{n}_{\Sigma} = 3{,}5 \ldots 3{,}9$, а при $Y > 15$ $\bar{n}_{\Sigma} = 6{,}7 \ldots 7{,}4$. Ежедневное корректирование Y по $H_{-22\,^{\circ}C}$ особенно эффективно при возникновении гроз во время резких похолоданий в районе наблюдений.

На основании анализа 8673 случаев радиоэха гроз и 2333 случаев радиоэха ливней, полученных в разных физико-географических условиях, оценена повторяемость используемых на сети градаций гроз и ливней (табл. 2.8 и 2.9). При анализе первичных данных в табл. 2.8 по соотношению гроз и ливней можно выделить следующие зоны: I — 90 % ливней, 10 % гроз; II — 70 % ливней, 30 % гроз; III — 50 % ливней, 50 % гроз; IV — 30 % ливней, 70 % гроз; V — 10 % ливней, 90 % гроз. Границам каждой зоны можно поставить в соответствие осредненную величину $Y = H \cdot \lg Z_3$, тогда для зоны I — $Y \leqslant 9$, II — $9 < Y < 10$, III — $10 \leqslant Y < 12$, IV — $12 \leqslant Y < 13$, V — $Y > 13$. Зонам неопределенности II—IV ($9 < Y < 13$) соответствуют 20 % гроз и 15,7 % ливней от общего числа.

Увеличение $\lg Z_{\text{мин}}$ от 1,0 до 1,5 при неизменности структуры принятия решения о грозах (см. табл. 2.9) приводит как к увеличению числа гроз в градации ( ) до 33,1 % вместо 17,6 %, так и к увеличению на 3 % гроз, отнесенных к ливням. Возрастает при этом и суммарная ошибка распознавания между классом ливней и ( ) и уменьшается — между ливнями и грозами вообще. Увеличение $\lg Z_{3\,\text{мин}}$ до 1,5 в ситуациях, когда отмечается ослабление радиоволн в осадках ближней зоны МРЛ, может привести к неправильной интерпретации радиоэха и занижению числа гроз.

Таблица 2.9

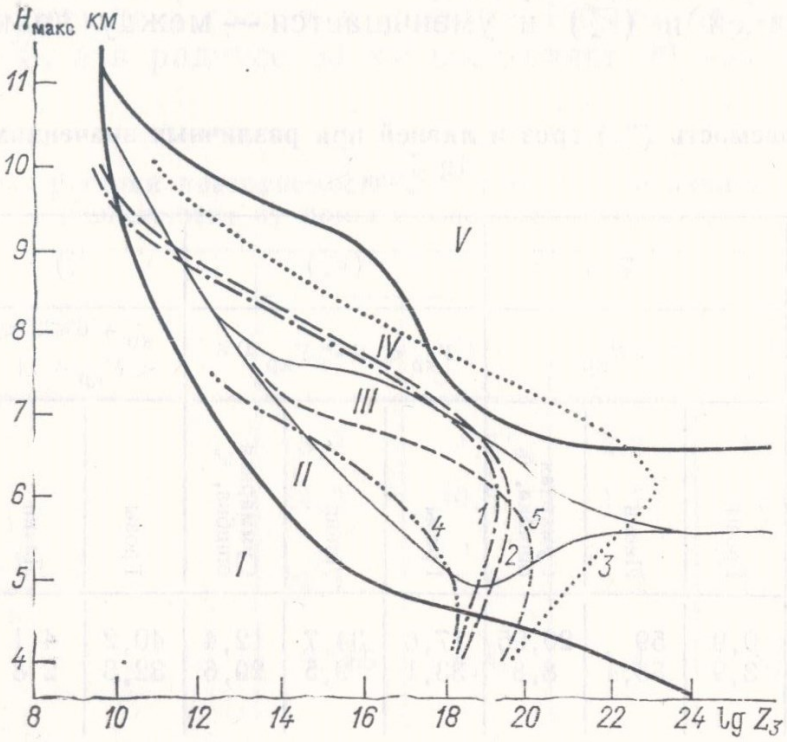
Повторяемость (%) гроз и ливней при различных значениях $\lg Z_{\text{мин}}$

Обозначения	∇			( )			)		
	$У > У_{кр}$			$У_{кр} \leqslant У < У_{кр} + 6$			$У_{кр} + 6 \leqslant У < У_{кр} + 14$		$У \geqslant У_{кр} + 14$
$\lg Z_{\text{мин}}$	Грозы	Ливни	Суммарная ошибка, %	Грозы	Ливни	Суммарная ошибка, %	Грозы	Ливни	Грозы	Ливни
1,0	0,9	59	20,95	17,6	34,7	12,4	40,2	4,1	41,2	2,3
1,5	3,9	86,4	8,8	33,1	9,5	20,6	32,8	2,8	30,2	1,3

Таким образом, анализ данных табл. 2.8 и 2.9 позволяет считать ливнями все случаи наблюдений РКО с $Y \leqslant 9$, а грозами все случаи радиоэха с $Y > 13$. Это составит 81,2 % ливней и 74,7 % гроз. Для каждой отдельной МРЛ граничные значения Y могут изменяться не более чем на ± 2. Такой подход уменьшает зону принятия неоднозначных решений и увеличивает надежность распознавания гроз с высокой степенью достоверности. Одним из недостатков принятой схемы расчета Y является неопределенность величины $\lg Z_{\text{мин}}$, которая имеет сезонные и суточные вариации в каждом отдельном пункте наблюдений.

2.10.4. Критерий распознавания гроз на основе дискриминантного анализа. Проанализированные недостатки критерия Y можно устранить при использовании техники квадратичного дискриминантного анализа. Построение критерия распознавания ливней и гроз в этом случае сводится к проведению в пространстве признаков ($H_{\text{макс}}$, $\lg Z_3$, $H_{-22\,^\circ\text{C}}$) разделяющей (дискриминантной) поверхности и последующему сравнению вычисленной для данного признака функции u с порогом. Значения порога зависят от соотношения стоимостей ошибок распознавания. Для практиче-

ского применения получается простая зависимость дискриминантной функции u от трех переменных $H_{макс}$, $\lg Z_3$ и $H_{-22\,°C}$. Задавая $H_{-22\,°C}$, как параметр, можно построить семейство кривых и $(H_{макс}, \lg Z_3, H_{-22\,°C}) = 0$ в плоскости H, $\lg Z_3$ (черт. 2.18 и 2.19). При $u > 0$ фиксируются грозы, при $u < 0$ — ливни.



Черт. 2.18. Соотношение гроз и ливней в пространстве параметров $H_{макс}$, $\lg Z_3$ по зонам I—V (сплошные линии — границы зон); зависимость квадратичной дискриминантной функции $u(H_{макс}, \lg Z_3, H_{-22\,°C})$ единой обучающей выборки от $H_{-22\,°C}$.

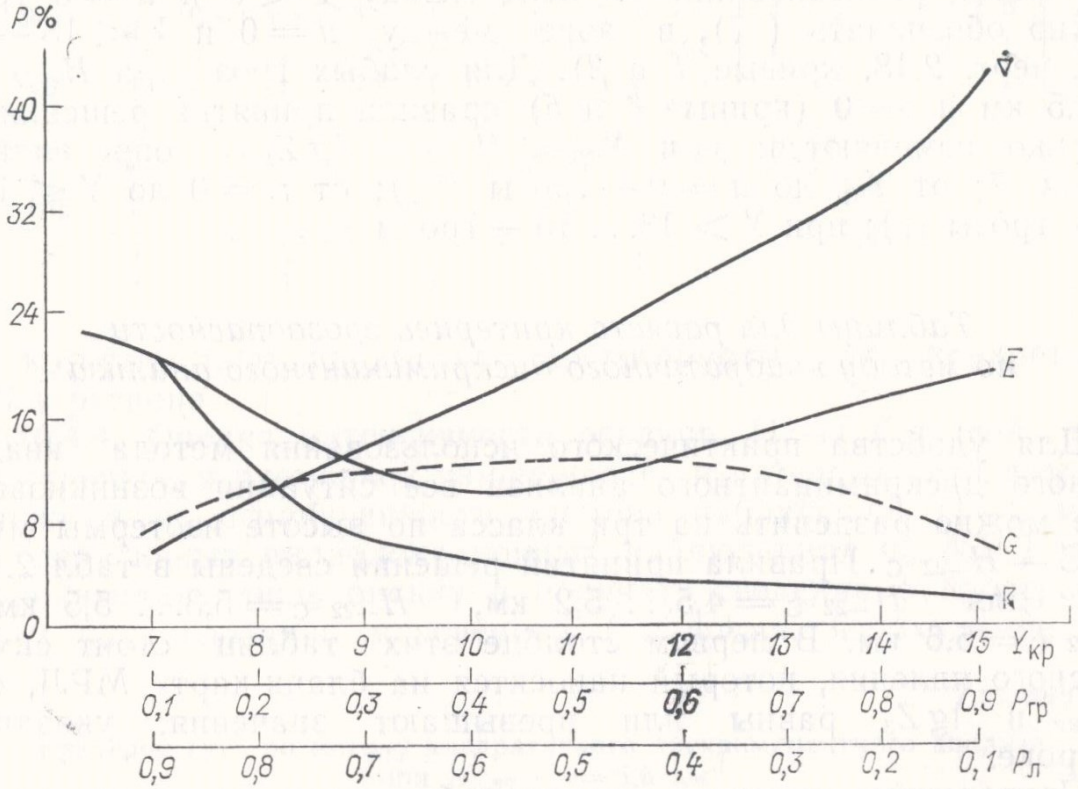
$H_{-22\,°C}$ км	6,6	6	5	5,2	5,5
Кривая	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*

Аналитическое выражение для единой обучающей выборки будет иметь следующий вид:

$$u(H_{макс},\ \lg Z_3,\ H_{-22\,°C}) = 2{,}5025H^2_{макс} - 34{,}1316 \lg Z_3^2 -$$
$$- 0{,}2514H^2_{макс} \lg Z_3^2 + 2{,}0760H^2_{макс} \lg Z_3 + 6{,}1522H_{макс} \lg Z_3^2 -$$
$$- 0{,}7935H^2_{-22\,°C} + 2\,[23{,}8467H_{макс} + 96{,}8847 \lg Z_3 -$$
$$- 19{,}6422H_{макс} \lg Z_3 + 5{,}3885H_{-22\,°C} + 0{,}0058H_{макс}H_{-22\,°C} +$$
$$+ 0{,}2094 \lg Z_3H_{-22\,°C} - 0{,}0566H_{макс} \lg Z_3H_{-22\,°C} - 134{,}8041]. \quad (2.3)$$

Для единой обучающей выборки с увеличением $H_{-22\,°C}$ от 5 до 6 км суммарная ошибка распознавания уменьшается от 15 до 12,6 % и остается практически неизменной при дальнейшем увеличении $H_{-22\,°C}$ до 7 км (см. черт. 2.18). При уменьшении $H_{-22\,°C}$ возрастает значение величины $\lg Z_3$, необходимое для образования гроз с $H_{макс} < 7$ км.

Применение Y дает суммарную ошибку распознавания от 10 до 35 %; ее минимум достигается при $Y = 10$ (см. черт. 2.19), при этом ошибки распознавания отдельных классов колеблются в пределах от 0 до 80 %. Суммарная ошибка распознавания дискриминантной функции $G(u)$ не превышает 12,6 % для любой вероятности появления гроз и ливней (см. черт. 2.19), а ошибка распознавания отдельного класса увеличивается с уменьшением вероятности появления данного класса.



Черт. 2.19. Зависимости средних ошибок распознавания P (%) гроз (К), ливней ($\bar{\nabla}$) и суммарной ошибки распознавания для критерия грозоопасности $Y_{кр}$ (E) и единой обучающей выборки (G) от априорной вероятности появления гроз $P_{гр}$ и ливней $P_{л}$.

2.10.4.3. Критерий для распознавания «слабых» гроз. Для гроз с невысокой электрической активностью («слабых» гроз), которые наблюдались при $H_{-22\,°C} \leqslant 5{,}5$ км, аналитическое выражение для квадратичной дискриминантной функции u имеет вид

$$u(H_{макс},\ \lg Z_3,\ H_{-22\,°C}) = -1{,}4100H^2_{макс} - 34{,}6319 \lg Z_3^2 -$$
$$- 0{,}3737H^2_{макс} \lg Z_3^2 + 2{,}7601H^2_{макс} \lg Z_3 + 7{,}4084H_{макс} \lg Z_3 -$$
$$- 14{,}70H^2_{-22\,°C} + 2\,[28{,}5161H_{макс} + 100{,}9675 \lg Z_3 -$$
$$- 22{,}4722H_{макс} \lg Z_3 + 77{,}0548H_{-22\,°C} - 0{,}1500H_{макс}H_{-22\,°C} -$$
$$- 0{,}7360 \lg Z_3H_{-22\,°C} - 0{,}1171H_{мак^с} \lg Z_3H_{-22\,°C} - 318{,}4841]. \quad (2.4)$$

При $H_{-22\,°C} = 5{,}2$ и 5,5 км $u = 0$ (см. черт. 2.18).

Для обучающей выборки слабых гроз минимальная суммарная ошибка (9,8 %) наблюдалась при $H_{-22\,^\circ C} = 5{,}1$ км, т. е. при высоте изотермы минус 22 °С, равной ее среднему значению в выборке.

Таким образом, все грозы, для которых $Y \geqslant 13\ldots 15$ при высотах $H_{-22\,^\circ C} = 5{,}5$ км, можно обозначать значком ⇖, а все конвективные радиоэхо с $Y \leqslant 7\ldots 9$ обозначать как ливни (▽), В зонах *II—IV* (см. черт. 2.18) можно применять комбинированный метод распознавания. В зоне между $Y < 9$ и $u = 0$ грозы можно обозначать (⇖), в зоне между $u = 0$ и $Y < 13 - $ ⇖) (см. черт. 2.18, кривые *1* и *2*). Для слабых гроз при $H_{-22\,^\circ C} = 5{,}5$ км и $u=0$ (кривые *4* и *5*) правила принятия решения несколько изменяются: при $Y_{кр} < H_{-22\,^\circ C}$ $\lg Z_{мин}$ определяются ливни ▽; от $Y_{кр}$ до $u = 0$ — грозы (⇖); от $u = 0$ до $Y \leqslant 13\ldots 15$ — грозы ⇖); при $Y > 13\ldots 15$ — грозы ⇖.

Таблицы для расчета критериев грозоопасности по методу квадратичного дискриминантного анализа

Для удобства практического использования метода квадратичного дискриминантного анализа все ситуации возникновения гроз можно разделить на три класса по высоте изотермы минус 22 °С — $H_{-22\,^\circ C}$. Правила принятий решений сведены в табл. 2.10—2.12 для $H_{-22\,^\circ C} = 4{,}5\ldots 5{,}2$ км, $H_{-22\,^\circ C} = 5{,}3\ldots 5{,}5$ км и $H_{-22\,^\circ C} = 5{,}6$ км. В первом столбце этих таблиц стоит символ опасного явления, который наносится на бланк-карту МРЛ, если $H_{макс}$ и $\lg Z_3$ равны или превышают значения, указанные в строке.

Приведенные критерии являются базовыми, на их основе для каждого МРЛ на собственных данных разрабатываются крите-

Таблица 2.10

Критерии гроз по методу квадратичного дискриминантного анализа при $H_{-22\,^\circ C} = 4{,}5\ldots 5{,}2$ км

Символ	$H_{макс}$ км							
	<4	4	5	6	7	8	9	≥10
▲	$\lg Z_{1,2,3} \geqslant 4{,}5$ при $H_{-22\,^\circ C} = 4{,}5\ldots 4{,}9$				4,3 при $H_{-22\,^\circ C} = 5{,}0\ldots 5{,}2$	3,8	3,3	$Y \geqslant 30$
⇖	3,5	—	3,0	2,5	1,9	1,7	1,5	$Y \geqslant 13$
⇖)	3,0	—	1,9	1,7	1,2	1,1	1,0	
(⇖)	$v \geqslant 40$ км/ч							
	2,0	3,0	1,8	1,5	1,3	1,0	—	—
Только по ближней зоне	При сильном ослаблении, когда $\lg Z_1 > 2{,}0$ в осадках над МРЛ и $\lg Z_3 < \lg Z_{кр(⇖)}$							
[⇖]	$\lg Z_2 \geqslant 3{,}3$		2,7	2,3				

Таблица 2.11

Критерии гроз по методу квадратичного дискриминантного анализа при $H_{-22\,^\circ C} = 5{,}3\ldots 5{,}5$ км

Символ	$H_{макс}$ км								
	5	6	7	8	9	10	11	12	⩾13
▲	$\lg Z_{1,2,3} \geqslant 4{,}5$	4,3	3,8	3,3	3,0	2,7	2,5	2,3	
⩘	3,0	2,5	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0
⩘)	2,0	1,9	1,5	1,3	1,1		1,0		—
(⩘)	1,8	1,5	1,3	1,1	1,0	—	—	—	—
Только по ближней зоне	При сильном ослаблении, когда $\lg Z_1 > 2{,}0$ в осадках над МРЛ и $\lg Z_3 < \lg Z_{кр(⩘)}$								
[⩘]	2,9	2,4	2,1	1,8	$Y \geqslant 14{,}5$				

рии, которые дают наивысшую достоверность для конкретного МРЛ и региона.

2.10.4.4. Оценка интенсивности осадков. Из-за большой пространственной и временной изменчивости и интенсивности дождей, а также из-за ограниченности времени наблюдений (1—2 мин) при оперативных радиолокационных наблюдениях на МРЛ можно производить лишь оценку и получать сведения о пространственном распределении мгновенной (за время, необходимое для

Таблица 2.12

Критерии гроз по методу квадратичного дискриминантного анализа при $H_{-22\,^\circ C} = 5{,}6$ км

Символ	$H_{макс}$ км									
	<5	5	6	7	8	9	10	11	12	⩾13
▲	$\lg Z_{1,2,3} \geqslant 4{,}5$ $H_{-22\,^\circ C} < 6$;		4,3	3,8 $H_{-22\,^\circ C} > 6$ км		3,3	3,0	2,7	2,5	2,3
⩘	3,0	—	2,5	2,0	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0
⩘)	2,5	—	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0	1,0	1,0	—
	$v \geqslant 40$ км/ч, $H_{-22\,^\circ C} = 5{,}6\ldots 6{,}0$ км									
(⩘)	1,9	1,5	1,5 $H_{-22\,^\circ C} = 6{,}1\ldots 6{,}4$ км	1,3	1,1	1,0				
(⩘)			1,6	1,4	1,2	1,1				
(⩘)			$H_{-22\,^\circ C} = 6{,}5$ км							
			1,7	1,5	1,3	1,2				
Только по ближней зоне	При сильном ослаблении, когда $\lg Z_1 > 2{,}0$ в осадках над МРЛ и $\lg Z_3 < \lg Z_{кр(⩘)}$									
[⩘]	$\lg Z_2 \geqslant 3{,}0$		$\lg Z_2 \geqslant 2{,}5$	$\lg Z_2 \geqslant 2{,}2$		$\lg Z_2 \geqslant 2{,}0$				

нескольких оборотов антенны) максимальной интенсивности выпадающих осадков по ячейкам 30×30 и 15×15 км в радиусе до 120 км в зависимости от времени года и высоты нулевой изотермы (см. п. 2.12).

Мгновенная оценка называется максимальной потому, что она производится по максимальному значению отраженного сиг-

Таблица 2.13

Оценка теоретической мгновенной максимальной интенсивности жидких осадков по радиолокационной отражаемости

lg Z мм⁶/м³	Качественная оценка интенсивности радиоэха	Теоретическая мгновенная максимальная интенсивность, мм/ч
0,0—1,1	Слабая	0,5—2,9
1,2—2,7	Умеренная	3,0—25,0
2,8—3,9	Сильная	25,1—140
> 3,9	Очень сильная	> 140

нала в ячейке 30 × 30 или 15 × 15 км. Получение оценок величин интенсивности, средних за день или за дождь, привело бы к тому. что на МРЛ надо было бы накапливать информацию об отраженных от осадков сигналов с интервалами 3—5 мин. Это практически исключило бы возможность работы МРЛ в режиме штормоповещения.

Таблица 2.14

Оценка теоретической мгновенной максимальной интенсивности снегопада

lg Z мм⁶/м³	Качественная оценка интенсивности радиоэха	Теоретическая мгновенная максимальная интенсивность, мм/ч
—1,5... —0,4	Слабая	0,02—0,1
—0,3... 1,2	Умеренная	0,11—1,0
⩾ 1,3	Сильная	> 1,0

По радиолокационным данным с помощью соотношения $Z - I$ (см. п. 1.2.4.3) можно оценить теоретическую мгновенную максимальную интенсивность осадков (кроме моросящих и града). Для такой оценки интенсивности ливневых и обложных осадков, снега с дождем и переохлажденного дождя, наблюдаемых при температуре воздуха от минус 1 до плюс 3 °С, необходимо использовать данные табл. 2.13. Точность оценки интенсивности осадков будет уменьшаться с увеличением расстояния. Однако в связи с тем, что в диапазоне высот от 0 до 1,5 км отражаемость ливневых осадков в большинстве случаев не изменяется, можно

считать, что измерение отражаемости в любом слое от 0 до 1,5 км будет обеспечивать точность, установленную градациями табл. 2.13.

При максимальной температуре воздуха ниже минус 1 °С уравнение Маршалла—Пальмера (так же как и соответствующее уравнение для жидких осадков) позволяет сделать грубую оценку максимальной интенсивности радиоэха в момент проведения радиолокационных наблюдений по трем градациям: слабая, умеренная и сильная (табл. 2.14). Дополнительным признаком разделения слабого и умеренного снегопада может служить дальность обнаружения слабого снегопада. При обычном потенциале МРЛ и интенсивности отраженного сигнала 6—12 дБ слабый снегопад практически не будет обнаруживаться далее 40 км, а если и будет, то радиоэхо его будет сливаться с радиоэхом поверхности Земли и границей облачности.

2.10.5. Электроактивные зоны в слоистообразных облаках в переходный и холодный периоды

Наибольшая опасность угрожает самолету при полетах в зонах активных грозовых облаков. Однако, поскольку эти зоны достаточно хорошо прогнозируются, диагностируются и в связи с тем, что, согласно действующему в гражданской авиации «Наставлению по производству полетов», самолет обязан обходить эту зону на расстоянии не менее 15 км, поражения самолетов молниями в этих облаках составляют небольшую долю от общего числа случаев. Подавляющее число поражений происходит в системах Ns—As, маскирующих конвективную облачность, или в чистых слоисто-дождевых и слоисто-кучевых облаках. При этом роль самолета, попавшего в зону облачности, где достаточно велики электрические поля, но условий для возникновения самостоятельного разряда молнии не имеется, оказывается существенной. За счет эффектов поляризации и электризации самолета ситуация доводится до атмосферно-электрического разряда. В проблеме правильности определения форм облачности в районе поражения незаменимы наземные и бортовые радиолокаторы.

Если облака вертикального развития сопровождают атмосферный фронт, то чаще всего они возникают на фоне слоистообразной облачности и «тонут» в ней, обнаруживая свое присутствие при визуальных наблюдениях явлениями типа ливня, града, грозы. На индикаторах МРЛ сочетания Cu cong. → Cb с Ns трудно дифференцировать на отдельные формы по одной качественной картине их радиоэха, так как картина такого сочетания радиоэха облаков идентична картине «чистых» Ns. Введение нескольких ступеней изоэха позволяет «убрать» с экрана МРЛ радиоэхо слоистообразных облаков, оставив «ядра» в виде отдельных ячеек или их групп, «столбов». Классифицировать эти «ядра» и ячейки как облака вертикального развития можно с помощью описаний по ряду признаков. Такими признаками являются значения верх-

них границ радиоэха $H_{макс}$, вид вертикального профиля отражаемости с соответствующими значениями $\lg Z_i$. Синоптику следует обратить внимание штата МРЛ на возможность возникновения такой ситуации. Обычно, если значения радиолокационных параметров $\lg Z_{макс}$ и $H_{макс}$ меньше, чем значения, присущие кучево-дождевым облакам, а радиоэхо имеет ячеистую структуру, то такие изолированные ячейки и их группы классифицируются как Sc. Замена Sc кучево-дождевыми облаками приводит к увеличению «ложных» тревог.

Исследования последних лет показали, что изменчивость облаков стоистообразных форм гораздо больше, чем дают общепринятые ранее оценки.

Электроактивные зоны (ЭАЗ) — это неоднородности в облаках слоистообразных форм, обладающие повышенной водностью, радиолокационной отражаемостью и электрическим полем. Синоптические условия возникновения ЭАЗ следующие: на атмосферных фронтах отмечалось более 97 %, а при внутримассовой ситуации около 3 %. Большинство из них возникало на холодном фронте (80 %) и наименьшее число — на теплом (20 %). Наиболее часто ЭАЗ возникают непосредственно над зоной приземного положения фронтов и не далее 50 км от них. Физические причины возникновения ЭАЗ в Sc и Ns связаны с возникновением ячейковой циркуляции.

На атмосферных фронтах причиной «затопления» (маскирования) конвекции может быть влажная неустойчивость надфронтального теплого воздуха в теплую часть года, а также ослабление устойчивой стратификации поднимающегося воздуха в холодную часть года. В системе Ns—As конвекция может появляться за счет слоистости полей температуры, влажности, ветра в надфронтальной части атмосферы. Возможной причиной такой слоистости является вертикальная неоднородность адвекции над фронтами.

Распределение ЭАЗ по территории неравномерно. Абсолютный максимум наблюдается на Черноморском побережье Кавказа. Относительно высокая повторяемость явления отмечается в аэропортах, расположенных на побережье морей.

Исследования условий появления электрических полей с напряженностью $E \approx 10^4$ В/м в облаках слоистообразных форм показали, что такие поля наблюдались в основном в облаках, находящихся в смешанном фазовом состоянии. При проведении комплексных экспериментальных работ получено, что в зонах слоистообразных облаков, где напряженность электрического поля порядка $3 \cdot 10^5$ В/м, значения водности колебались от 0,9 до 1,2 г/м^3.

Необходимо обратить особое внимание на связь электрического поля в облаках, заряжение самолета и радиолокационной отражаемости.

Величина заряда отдельных частиц в облаке растет с ростом их размеров, а интенсивность процесса разделения зарядов в облаках зависит от их микроструктуры, в частности от размеров

частиц. Электризации самолета при полете в облаках происходит за счет контакта с частицами облаков и осадков и зависит от размера частиц, водности облаков, агрегатного состояния, скорости полета. В свою очередь, радиолокационная отражаемость $\lg Z$ также зависит от микроструктуры облаков, т. е. от размеров частиц, их концентрации и фазового состояния.

Экспериментально установлено, что капельно-жидкие слоистообразные облака представляют наименьшую опасность для полетов с точки зрения возможности поражения. Корреляционные связи напряженности поля E и $\lg Z$ позволили выяснить, что отношение $\Delta \lg E/\Delta \lg Z$ в кристаллических облаках равно 0,1, а в смешанных 0,5. При одних и тех же значениях $\lg Z$ напряженность E в смешанных облаках в 3—5 раз больше, чем в кристаллических.

Таким образом, все перечисленные факторы взяты в виде предикторов для выявления районов возникновения ЭАЗ. Часть из них получают операторы МРЛ, а часть — синоптики АМСГ. Окончательное решение о наличии ЭАЗ в слоистообразных облаках принимает синоптик.

2.10.6. Рекомендации по обнаружению электроактивных зон в слоистообразных облаках

Радиолокационные параметры ЭАЗ

1. Если на индикаторе ИДВ МРЛ при вертикальных разрезах в радиусе 40 км от МРЛ при введении аттенюации нескольких ступеней изоэха изображение радиоэха облачности Ns и Sc приобретает ячеистую структуру, это указывает на определенную вероятность появления ЭАЗ, т. е. является необходимым признаком.

2. Далее необходимо измерить максимальные высоты и отражаемости облаков. Высота верхней границы радиоэха облаков, в которых могут возникать электрически опасные зоны, зависит от периода года. Для Ns в переходный период $H_{\text{ВГ}} \geqslant 5$ км, в холодный $H_{\text{ВГ}} \geqslant 4{,}5$ км; для Sc в переходный период $H_{\text{ВГ}} \geqslant 1{,}5$ км и в холодный $H_{\text{ВГ}} \geqslant 1{,}0$ км. Максимальная отражаемость для Ns в переходный период $\lg Z_{\text{макс}} \geqslant 1{,}5$, в холодный $\lg Z_{\text{макс}} \geqslant 1{,}0$; для Sc в переходный период $\lg Z_{\text{макс}} \geqslant 1$, а в холодный $\lg Z_{\text{макс}} \geqslant 0{,}5$. Эти значения считаются критериальными (пороговыми).

Таким образом, если радиометеоролог по ИДВ МРЛ определил ячеистую структуру облаков Ns или Sc, а затем измеренные в этих облаках $H_{\text{макс}}$ и $\lg Z_{\text{макс}}$ (хотя бы одно из них) получились меньше указанных критериальных (пороговых), эти зоны не являются, вероятно, электроактивными и сведениями о них синоптику для дальнейшего анализа не передаются. Они сообщаются только в том случае, если все три условия соответствуют критериальным (пороговым) — картина радиоэха на ИДВ МРЛ,

$H_{макс}$, $\lg Z_{макс}$ (передаются: азимут, расстояние, на котором находятся эти облака).

Метеорологические параметры ЭАЗ

Синоптик, получив эти сведения, должен привлечь еще четыре (для Ns) или пять (в случае Sc) параметров, и, если хотя бы один из них не соответствует критериальным, подозреваемая зона не считается ЭАЗ. Синоптик определяет следующие параметры.

3. Характеристика синоптического положения в радиусе действия МРЛ. В облачных системах холодных фронтов зоны повышенной электрической активности образуются в основном как за линией фронта у поверхности Земли, так и перед ней на расстояниях до 150 км и наиболее часто выстраиваются в виде полос, параллельных фронту. В облаках теплых фронтов зоны возможного поражения самолетов молниями образуются гораздо реже, чем на фронтах других типов, и наблюдаются непосредственно над линией фронта у поверхности Земли и перед линией фронта на расстояниях до 100—150 км.

4. Фазовое состояние облака (для возникновения ЭАЗ оно должно быть смешанным). Для суждения о фазовом состоянии облака следует привлечь данные бортовой погоды о наличии или отсутствии обледенения самолетов. Обледенение самолетов в виде неоднородного матового отложения с шероховатой поверхностью является признаком смешанного фазового состояния облака. Если данные об обледенении отсутствуют, то заключение о фазовом состоянии облака можно сделать по данным о температуре на верхней границе. Если температура на верхней границе заключена в пределах от минус 16 до минус 32 °С, то с вероятностью 70 % фазовое состояние облака можно считать смешанным.

5. Наличие осадков из «подозреваемых» облаков.

6. Характеристика стратификации, определяемая по неравенству $\partial\Theta/\partial H < 0$ на высотах 2—3 км при возможной устойчивости надфронтального воздуха в остальных слоях. Неравенство $\partial\Theta/\partial H$ представляется как $\Theta_\omega^3 - \Theta_\omega^2$, где Θ_ω^3 и Θ_ω^2 — потенциальная температура смоченного термометра на уровнях 3 и 2 км соответственно. Потенциальную температуру смоченного термометра легко найти по аэрологической диаграмме, если от данной точки A, которая соответствует уровню конденсации на кривой стратификации, опуститься по влажной адиабате до уровня 1000 гПа. Отсчитанная здесь температура и будет потенциальной температурой смоченного термометра в точке A.

7. Для Sc градиент температуры в облачном слое превышает влажноадиабатический на $\approx 0{,}1$ °С и более.

При возникновении ситуации, когда все перечисленные параметры соответствуют критериальным, дежурный синоптик ставит в известность руководителя полетов или диспетчера о возможности поражения самолетов атмосферно-электрическими разрядами в указанной зоне.

В табл. 2.15 приведен перечень необходимых для анализа характеристик и даны их критериальные значения.

2.10.7. Критерии оценки видимости в снегопадах и ливнях, наличия турбулентности и обледенения в Cb

Значительная изменчивость коэффициентов уравнения связи между $\lg Z$ и видимостью в снегопадах в зависимости от района, типа снегопада и пространственного распределения интенсивности в снегопаде не позволяет дать надежную формулу для точного определения видимости в разных районах и условиях. Однако в ближней зоне по изменению значения отражаемости в снегопадах можно оценить тенденцию видимости в них, поскольку в снегопадах с увеличением отражаемости ухудшается видимость. Сама видимость в снегопадах обратно пропорциональна их интенсивности.

В табл. 2.16 приводятся на основе экспериментальных исследований данные о видимости в снегопаде в зависимости от их интенсивности и видимости до начала снегопада. Их можно использовать также для оценки видимости в снегопадах на основании соотношения $Z—I$ (см. п. 2.5). Например, видимость до снегопада составляла 2—4 км, а значение $\lg Z_1$ в снегопаде равно 0,8. Из таблицы следует, что видимость в снегопаде в этом случае должна быть 500—1000 м.

Оценка видимости с помощью МРЛ и ее краткосрочное прогнозирование в условиях снегопада могут помочь синоптику АМСГ в анализе создавшейся ситуации. Однако прежде чем радиолокационные данные о видимости начнут поступать к синоптику, в течение одного-двух сезонов штат МРЛ должен набирать данные и сравнивать фактическое значение видимости с той, которая получена на МРЛ. Только после приобретения некоторого опыта и введения соответствующих поправок в табл. 2.16, справедливых для этого района, радиолокационная информация о видимости может поступать к синоптику.

Опыт определения видимости в снегопадах и ливнях по измерениям на МРЛ показал, что наилучшая оправдываемость отмечена для градации видимости в снегопадах, меньшей или равной 0,5 км. При оценке видимости важно не только точное измерение максимума отраженного сигнала в снегопаде, но, главным образом, правильный прогноз прихода зоны снегопада с видимостью меньше 0,5 км в аэропорт на основании точных и своевременных измерений скорости и направления перемещения РКО. В жидких ливнях при $\lg Z_1 > 2{,}8$ видимость в осадках равна или меньше 1 км. И в теплый период только правильный прогноз прихода РКО в аэропорт гарантирует совпадение наземной и радиолокационной информации о видимости. Определение видимости может производиться только на тех МРЛ, где результаты проверки рекомендованных критериев были положительны.

Таблица 2.15

Характеристики и критерии для выделения электроактивных зон в облаках

Характеристики, определяемые МРЛ				Характеристики, определяемые синоптиками АМСГ				
Качественная картина радиоэха при введении аттенюации	Период	Количественная информация о радиоэхе		Характеристика синоптического положения	Фазовое состояние	Наличие осадков	Характеристика стратификации атмосферы	Для Sc градиент температуры
		$H_{макс}$ км	$\lg Z_{макс}$					
Ячеистая структура Ns и Sc	Переходный	$\geqslant 5$ (Ns)	$\geqslant 1,5$ (Ns)	Наличие атмосферного фронта	Смешанное	Выпадающие осадки	$\partial\theta/\partial H < 0$	$\gamma > \gamma_{в.\,а.}$ на $\sim 0,1$ °C
	Холодный	$\geqslant 4,5$	$\geqslant 1,0$					
	Переходный	$\geqslant 1,5$ (Sc)	$\geqslant 1$ (Sc)					
	Холодный	$\geqslant 1,0$	$\geqslant 0,5$					

Как известно, нижней границей обледенения является уровень нулевой изотермы. Однако наиболее сильное обледенение встречается в Cb, возникающих в поле Ns. В таких Cb обледенение может быть на любых высотах. По этой причине особую ценность имеет информация с МРЛ о наличии Cb в поле Ns в переходные и зимний периоды года.

Таблица 2.16

Определение видимости (км) в снегопадах по значению логарифма отражаемости снегопада и по значению видимости до снегопада

lg Z	Интенсивность снегопада, мм/ч	Видимость до снегопада, км					
		0,2—0,5	0,51—1	1,1—2	2,1—4	4,1—10	10,1—20
—0,35—0,7	0,1—0,5	0,2—0,5	0,5—1	0,5—2	1—2	1—4	1—4
0,71—1,5	0,51—1,5	0,2—0,5	0,2—0,5	0,5—1	0,5—1	0,5—2	0,5—2
1,51—2,0	1,51—3,0	0,05—0,5	0,2—0,5	0,2—0,5	0,2—0,5		

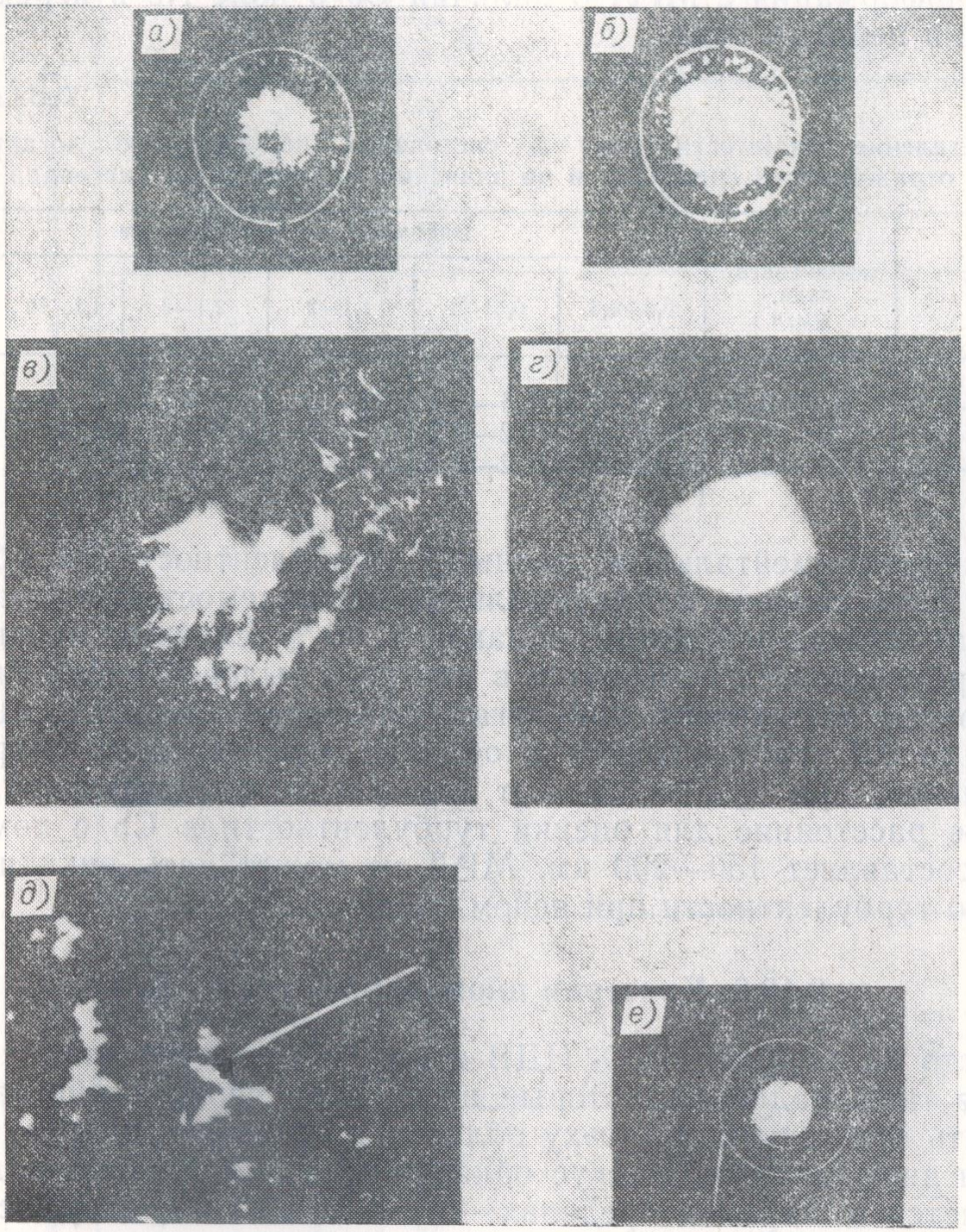
По экспериментальным данным, турбулентность в облаках может быть связана с максимальной отражаемостью «ядра» или «ствола» кучево-дождевого облака; в 90 % случаев максимальная турбулентность отмечается в центре и тыловой части системы Cb. По тем же данным, при логарифме отражаемости в ядре Cb от 2,2 до 3,2 турбулентность в облаках отмечается от умеренной до сильной, при $\lg Z > 3{,}2$ — от сильной до максимальной. Предельное расстояние для оценки турбулентности в Cb с помощью МРЛ составляет 150—200 км. МРЛ не может дать никаких сведений о турбулентности при ясном небе.

2.10.8. Критерии аномального радиоэха

Часто на экранах ИКО, ИДВ и амплитудном отмечаются различные типы радиоэха, которые не по всем своим свойствам могут быть отнесены к радиоэху облаков и осадков и поэтому называются аномальными. Радиус обнаружения аномального радиоэха изменяется в широких пределах — от 3 до 200 км, а существование такого радиоэха возможно при любых погодных условиях. Примеры почти всех типов аномального радиоэха приведены на черт. 2.20 и 2.21. Рассмотрим подробнее их особенности, условия появления и способы, с помощью которых их можно отделить от радиоэха облаков и осадков.

2.10.8.1. Радиоэхо при суперрефракции. Как уже указывалось в п. 1.2.2, причиной радиоэха при суперрефракции является распространение радиоволн по атмосферному «волноводу». При этом возвышенности, высоко расположенные здания, высокие берега рек, озер и морей, а также морские суда становятся радиолокационными целями на аномально больших расстояниях, в 2—3 раза, а иногда и более превышающих обычные. Этот факт проил-

люстрирован на черт. 2.20, на котором показан пример радиолокационной карты местных предметов в условиях сверхрефракции и нормальной рефракции. Как видно из черт. 2.20, аномальное радиоэхо такого типа может быт похожим на зоны кучево-дожде-

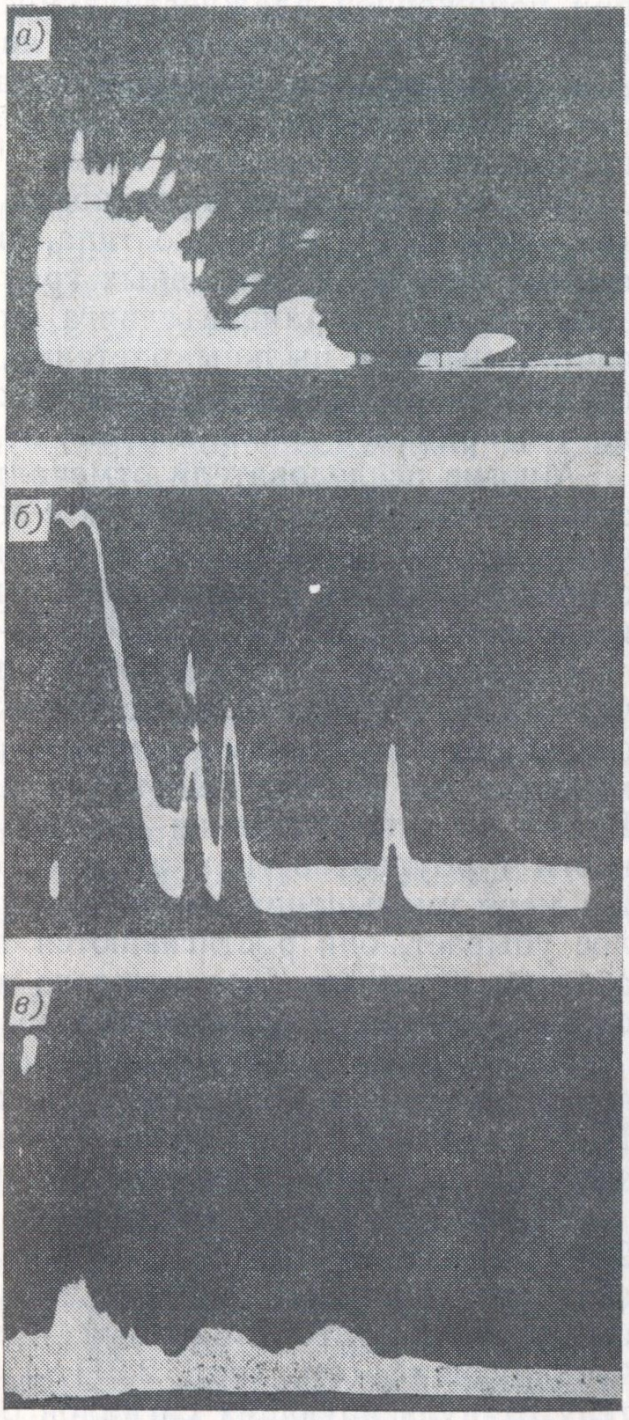


Черт. 2.20. Аномальное радиоэхо на индикаторе кругового обзора МРЛ.

а, б — дискретно-когерентное радиоэхо под большими углами возвышения антенны, метка дальности на расстоянии 5 км; *в* — радиоэхо местных предметов при суперрефракции; *г* — радиоэхо местных предметов при отсутствии суперрефракции; *д* — радиоэхо в виде тонких полос перед грозовым облаком; *е* — радиоэхо пассивных помех.

вых облаков и осадков. Для того чтобы отделить его от радиоэха ливней и гроз, обычно достаточно увеличить угол возвышения антенны радиолокатора на 0,5—1°. Радиолуч при этом пересечет верхнюю границу волновода, и радиоэхо местных предметов про-

падут. Аномальное радиоэхо такого типа неподвижно в течение всего времени существования в отличие от радиоэха облаков и осадков. Его не трудно в большинстве случаев привязать к гипсометрической карте.



Черт. 2.21. Дискретно-когерентное радиоэхо.

а — дискретно-когерентное радиоэхо на индикаторе дальность—высота; *б* — на амплитудном индикаторе; *в* — пример радиоэха осадков на амплитудном индикаторе.

Однако иногда перечисленных признаков оказывается недостаточно для распознавания аномального радиоэха. В этом случае привлекают особенности отраженных сигналов на амплитудном индикаторе, используя точную и грубую развертку. При этом отмечается отсутствие сплошных и сильно пульсирующих сигналов, характерных для осадков на амплитудном индикаторе (см.

черт. 2.21). Сигналы от местных предметов пульсируют значительно меньше и состоят обычно из нескольких узких зон.

Аномальное радиоэхо возникает, как правило, в антициклоническую погоду, когда отмечается сильная приземная инверсия при пониженной влажности атмосферы от поверхности Земли до нижней границы инверсии. Это является дополнительным признаком, позволяющим выяснить характер радиоэха. Надо отметить, что аномальное радиоэхо такого типа иногда возникает и после прохождения интенсивных гроз.

2.10.8.2. Аномальное радиоэхо в виде тонких линий и полос (см. черт. 2.20). Радиоэхо типа, указанного на черт. 2.20, перемещается впереди интенсивных гроз и связывается с линией ветрового сдвига. В районе сдвига может повышаться концентрация частиц пыли и пыльцы растений, происходит резкое увеличение градиента коэффициента преломления. Все это вместе взятое является причиной возникновения отраженного сигнала.

Многие исследователи отмечали подобные тонкие линии в отсутствие облаков, связывая их с зоной ветрового сдвига. Особенно часто их наблюдают в прибрежных районах и легко связывают с бризом. Радиус обнаружения тонких линий в этих случаях редко превосходит 50 км, а высота 1—2 км.

Однако часто отмечаются полосы типа, указанного на черт. 2.20. Это сигналы от пассивных радиолокационных помех, связанных с выбросами самолетов. Полосы такого типа могут отмечаться на разных высотах и на расстояниях до 200—250 км. Время их существования зависит от скорости ветра и интенсивности турбулентности в атмосфере, как правило, превышая 1 ч. По мере уменьшения концентраци помех отражаемость таких полос убывает, они растягиваются по высоте и становятся шире, а затем исчезают. Для каждого конкретного радиолокатора районы их появления практически постоянны.

Надо иметь в виду, что на расстояниях до 40 км от МРЛ сечение радиолучом перистых облаков тоже могут дать на ИКО и ИДВ радиоэхо в виде полос. Однако такое радиоэхо четко привязывается к приближающейся облачности.

2.10.8.3. Дискретно-когерентное радиоэхо. На расстояниях до 20—25 км на ИКО и ИДВ отмечается радиоэхо в виде светящихся точек (см. черт. 2.20 и 2.21), а на амплитудном индикаторе им соответствует устойчивый импульс, повторяющий по форме зондирующий (см. черт. 2.21) и резко отличающийся по характеру от пульсирующих сигналов облаков и осадков. Это свойство отраженного сигнала и позволило отнести его к когерентным. Перечислим ряд особенностей такого радиоэха, которое принято называть дискретно-когерентным (ДКР). Максимальная высота появления ДКР и концентрация обладают суточным и сезонным ходом. Максимум суточного хода приходится на ранние послеполуденные часы, а годового — на теплые летние месяцы (июнь—август). Концентрация ДКР убывает с высотой. Наибольшая концентрация зафиксирована в дни с теплым, влажным воздухом и

незначительной скоростью ветра (2—5 м/с). Сигналы не наблюдались при скорости ветра, большей 20 м/с. Время существования сигналов зависит от скорости ветра на высотах. Отражения обладают свойством точечной цели и их эффективная площадь рассеяния зависит от длины волны. Такое радиоэхо может появляться в любое время суток. На расстояниях свыше 12—15 км концентрация источников ДКР в отражающем объеме может быть настолько большой, что радиоэхо будет иметь пульсирующий некогерентный характер.

В последнее время было выяснено, что источником таких отражений в основном являются птицы и насекомые, визуально не определяемые с поверхности Земли. Насекомые могут переноситься существующими на высотах потоками и подниматься до высот 2—4 км. Источники радиоэха такого типа концентрируются в подынверсионных слоях и слоях с изменением скорости и направления ветра. По верхним границам зон повышенной концентрации радиоэха иногда можно установить нижнюю границу инверсии.

Отмечались случаи, когда в ясную и практически безоблачную погоду операторы по тонким полосам радиоэха на высотах 0,5—2 км давали слоистые или слоисто-кучевые облака. Чтобы избежать этой ошибки в сомнительных случаях, надо посмотреть сигнал в ближайшей к началу развертки точке линии радиоэха на ИКО и амплитудном индикаторе. Если характер отражений будет похож на тот, что приведен на черт. 2.20 и 2.21, то это аномальное радиоэхо дискретно-когерентного типа.

Все случаи аномального радиоэха должны анализироваться с учетом метеорологической обстановки, чтобы отыскать причину и источник отражений.

2.10.8.4. Радиоэхо самолета. Радиоэхо самолета может наблюдаться на любых расстояниях в виде точечной цели, перемещающейся с большой скоростью. Местоположение такой цели изменяется от оборота к обороту антенны МРЛ, обычно оставаясь на одной и той же высоте.

2.10.8.5. Радиоэхо за счет боковых лепестков антенны. Как известно из п. 1.1.1, при излучении радиоволн всегда небольшое количество энергии будет излучаться в направлении боковых лепестков диаграммы направленности антенны. Мощность энергии в боковых лепестках, особенно той, которая излучается в направлениях, образующих большие углы с осью главного лепестка, на много порядков меньше мощности энергии, излучаемой вдоль оси главного лепестка. Мощность, излучаемая первым боковым лепестком, на 20—25 дБ меньше мощности, излучаемой главным лепестком.

Однако иногда даже такое небольшое количество энергии, отраженное от высоко расположенных местных предметов и «стволов» высокой отражаемости в грозах, может быть обнаружено в виде радиоэха на экранах индикаторов МРЛ. В таких случаях размеры радиоэха могут быть сильно преувеличены.

На ИДВ радиоэхо местных предметов обнаруживается в виде тонких вытянутых столбов, которые в некоторых случаях могут следовать параллельно меткам дальности (черт. 2.22). Они обычно всегда привязаны к одному и тому же азимуту и летом дают бóльшую интенсивность радиоэха, чем зимой. Перед началом эксплуатации МРЛ в каждом конкретном районе надо снять «розу» местных предметов на ИКО и ИДВ через 1° по азимуту.

Черт. 2.22. Радиоэхо на ИДВ в виде тонких столбов от боковых лепестков диаграммы направленности антенны.

2.11. Общие рекомендации по применению критериев в разные сезоны года, сводные таблицы критериев

Определение сезонов года при радиолокационных измерениях

Зависимость многих характеристик радиолокационной информации от фазового состояния выпадающих из облаков осадков заставляет применять методику наблюдений, критерии распознавания и формы представления по-разному в различные периоды года.

Периоды условно определяются по наземной температуре воздуха в районе наблюдения радиоэха и высоте нулевой изотермы $H_{0\,°C}$. Теплым называется период, когда $t_з > 3\,°C$ и $H_{0\,°C} > 0{,}5$ км, при этом выпадают жидкие осадки. Холодным называется период, когда $t_з < 1\,°C$ и выпадают преимущественно твердые осадки. Переходным называется период, когда температура воздуха у земной поверхности $t_з$ в районе обнаружения радиоэха принимает значения от минус 1 °С до плюс 3 °С (включительно), а высота самой низкой из нулевых изотерм (в этот период часто отмечаются инверсии и изотермии температуры на высотах) равна или меньше 0,5 км. В переходный период выпадают смешанные и твердые осадки. Эти данные должны корректироваться в зависимости от физико-географических условий.

В переходный период по сравнению с теплым значительно уменьшается вероятность образования грозоопасных Cb, уменьшается высота верхних границ их радиоэха и, следовательно, радиус обнаружения зон облаков и осадков на МРЛ. Происходит перераспределение повторяемости интенсивностей осадков, и большинство из них находится в градации слабых и умеренных.

Использование критериев в зависимости от $t_з$ и высоты $H_{0\,с}$ повышает вероятность правильной метеорологической интерпретации радиолокационной информации. По этой причине в дальнейшем все критерии будут приведены отдельно для каждого периода года.

Критерии определения явлений сведены в табл. 2.17—2.21. При использовании табл. 2.17—2.21 необходимо учитывать следующее:

погрешность измерения отражаемости $\lg Z$ составляет $\pm 0{,}3$; таким образом пороговое значение $\lg Z = 1{,}2$ может находиться в пределах от 0,9 до 1,5;

возможна систематическая ошибка при измерении отражаемости за счет калибровки ступенчатого изоэха, которая выражается в завышении или занижении измерений отражаемости на одну ступень (т. е. 0,6);

в процессе эксплуатации МРЛ и при нарушении периодичности профилактических работ ухудшается состояние антенно-волноводного тракта — это приводит к уменьшению реальной величины потенциала $П_м$ за счет увеличения коэффициента потерь в волноводном тракте. Как правило, величина потерь и, соответственно, величина $П_м$ штатом МРЛ при этом не корректируются, вследствие чего потенциал оказывается завышенным, а отражаемость — заниженной.

Все эти причины (часто вместе взятые) приводят к резкому расхождению рекомендуемых пороговых значений отражаемости и значений, измеренных для конкретных МРЛ.

Если при измерениях в дальней зоне и на удалениях больше 10 км в ближней зоне измеренные величины $\lg Z_3$ находятся ниже заданных в таблицах пороговых значений и при этом в ближней зоне МРЛ и над МРЛ отмечаются осадки с $\lg Z_1 \geqslant 1{,}2$, при принятии решения об опасных явлениях в азимутах, где отмечается ослабление радиоволн в осадках, разрешается добавлять 0,3 к измеренному значению $\lg Z_3$. Таким образом, в таких ситуациях критерий имеет вид $Y = H \cdot (\lg Z_3 + 0{,}3)$.

Применение критериев предполагает, что на каждом МРЛ для оценки грозоопасности будет выбран такой метод или критерии распознавания, которые дадут наименьшую повторяемость гроз (R) и R), а большинство гроз будет без скобок. При этом должна быть минимальной величина «ложных» гроз, превращаемых из ливней или кучево-дождевых облаков без явлений. Если численные значения критериев распознавания отличаются от приведенных в таблицах, они должны уточняться с учетом физико-географических особенностей региона и условий развития облаков

Таблица 2.17

Критерии определения явлений, осадков и отдельных типов облаков в теплый период года для неприподнятого радиоэха

Тип радиоэха	Расстояние от МРЛ до радиоэха, км	Радиолокационные критерии распознавания: Пороговые критерии: Высота верхней границы радиоэха (H) в дальней и/или ближней зоне, км	Отражаемость ($\lg Z$): На уровне H_1 в слое от 0 до 2 км, середина слоя 1 км ($\lg Z_1$)	На уровне H_2 в слое от 2 до 4 км, середина слоя 3 км ($\lg Z_2$)	На уровне H_3 в слое от 4 до 6 км, середина слоя 5 км ($\lg Z_3$)	На уровне H_4 в слое от 6 до 8 км, середина слоя 7 км ($\lg Z_4$)	Максимальное значение $\lg Z$ на любом из уровней в РКО	Комплексные критерии распознавания	Обозначение на бланк-карте МРЛ: в ближней зоне	в квадрате 30 × 30 км в дальней зоне
1. Смерчеопасные конвективные облака и смерчи										
								Только с $H \geqslant 11$ км, $\lg Z_3 \geqslant 3{,}0$ и $(H - H_{тр}) \geqslant 1$ км		
РКО	1.1. 0—300							1.1. Смерч в месте слияния гряд или пересечения гряд РКО, или в месте слияния гряды с отдельным грозовым очагом	словом: „смерч“	словом: „смерч“
	1.2. 0—300							1.2. Слияние отдельных грозовых очагов при $v_р \geqslant 65$ км/ч; смерч в U-образной впадине РКО	смерч	смерч
	1.3. $r_{макс} = 50$ км (ближняя зона)							1.3. Наблюдение на ИКО или ИДВ крючкообразного отростка на верхней границе РКО длиной по горизонтали) 16 км и высотой 10,5—12,5 км	смерч	
	1.4. 0—300							1.4. Наличие вращения РКО или его частей против часовой стрелки	смерч	смерч
								Примечания. 1. Наличие любого из признаков в пп. 1.1—1.4 указывает на высокую степень вероятности (50 %) существования в *Св* смерча.— 2. Смерч кодируется ц. к. RADOB «9»		

Тип радиоэха	Расстояние от МРЛ до радиоэха, км	Радиолокационные пороговые критерии: Высота верхней границы радиоэха (H) в дальней и/или ближней зоне, км	Отражаемость ($\lg Z$): На уровне H_1 в слое от 0 до 2 км, середина слоя 1 км ($\lg Z_1$(	На уровне H_2 в слое от 2 до 4 км, середина слоя 3 км ($\lg Z_2$)	На уровне H_2 в слое от 4 до 6 км, середина слоя 5 км ($\lg Z_3$)
2. Шквалоопасные конвективные облака и шквалы, шквалистое усиление ветра					
РКО	2.1. 0—300	$\geqslant 10,0$		$\lg Z_2 \geqslant 2,2$	$\lg Z_3 \geqslant 2,2$
	2.2. 0—300	10,0			
	2.3. 0—300	11,0—12,0			
	2.4. 0—300	13,0—17,0			
	2.5. 0—300	10,0—17,0			
3. Градоопасные конвективные					
РКО	3.1. 0—300	Любая			
	3.2. 0—300	$\geqslant 10,0$			
	3.3. 0—300	$\geqslant 10,0$		$\lg Z_2 \geqslant 2,8$	$\lg Z_3 \geqslant 2,8$

критерии распознавания: распознавания метеообъекта: На уровне H_4 в слое от 6 до 8 км, середина слоя 7 км ($\lg Z_4$)	Максимальное значение $\lg Z$ на любом из уровней в РКО	Комплексные критерии распознавания	Обозначение на бланк-карте МРЛ: в ближней зоне	в квадрате 30 × 30 км в дальней зоне
более 15—20 м/с при грозо-градовых процессах				
		2.1. Одновременно $\lg Z_2 = \lg Z_3 \geqslant 2,2$	шквал $_{8-4}$	шквал $_{8-4}$
		2.2. $v = 13,9 + 0,16\,v_р - 0,3 \lg Z_3$, где v — скорость шквала, м/с); $v_р$ — скорость радиоэха (м/с)	шквал $_{8-4}$	шквал $_{8-4}$
		2.3. $v = 17,7 + 0,07 v_р - 0,2 \lg Z_3$	шквал $_{8-4}$	шквал $_{8-4}$
		2.4. $v = 15,7 + 0,22 v_р - 1,2 \lg Z_3$	шквал $_{8-4}$	шквал $_{8-4}$
		2.5. $v = 26,6 + 0,08 v_р - 1,05 \lg Z_3$	шквал $_{8-4}$	шквал $_{8-4}$
		Примечания: 1. К п. 2.2—2,4 — другие критерии с использованием синоптической и аэрологической информации изложены в „Методических указаниях...“, изд. 1988.— 2. п. 2.5 — только для шквалов с $v \geqslant 25$ м/с.— 3. Кодируется ц. к. RADOB „9“		
облака и град				
	$\geqslant 4,0$	3.1. На любом из уровней $\lg Z \geqslant 4,0$	▲$_8$	▲$_8$
	$\geqslant 3,7$	3.2. На любом из уровней $\lg Z \geqslant 3,7$	▲$_{8-6}$	▲$_{8-6}$
$\lg Z_4 \geqslant 2,8$		3.3. Одновременно $\lg Z_2 = \lg Z_3 = \lg Z_4 \geqslant 2,8$	▲$_{8-6}$	▲$_{8-6}$

Радиолокационные критерии распознавания								Обозначение на бланк-карте МРЛ	
		Пороговые критерии распознавания							
			Отражаемость ($\lg Z$) метеообъекта						
Тип радиоэха	Расстояние от МРЛ до радиоэха, км	Высота верхней границы радиоэха (H) в дальней и/или ближней зоне, км	На уровне H_1 в слое от 0 до 2 км, середина слоя 1 км ($\lg Z_1$)	На уровне H_2 в слое от 2 до 4 км, середина слоя 3 км ($\lg Z_2$)	На уровне H_3 в слое от 4 до 6 км, середина слоя 5 км ($\lg Z_3$)	На уровне H_4 в слое от 6 до 8 км, середина слоя 7 км ($\lg Z_4$)	Максимальное значение $\lg Z$ на любом из уровней в РКО	Комплексные критерии распознавания	в ближней зоне	в квадрате 30 × 30 км в дальней зоне
РКО	3.4. 0—300	Любая						3.4. $Y = H \cdot \lg Z_3 \geqslant A$, где значение A зависит от географического района; $A = 40$, 35, 30 соответственно для Северного Кавказа, Средней Азии, Украины	▲8-6	▲8-6
	3.5. $r_{макс} = 50$	Любая					$\lg Z_{ядра} \geqslant 2{,}8$	3.5. $H_{\lg Z ядра} \geqslant 2{,}8 > (H_{0\,°C} + 1{,}4$ км) — высота „ядра“ РКО превышает высоту нулевой изотермы на 1,4 км	▲8-6	
		4. Грозоопасные конвективные облака и грозы								
РКО или РКО на фоне РСО	4.1. 0—300	$H \geqslant 5$ $H \geqslant H_3$		$\lg Z_2 \geqslant 1{,}8$	$\lg Z_3 \geqslant 1{,}2$			При отсутствии в радиусе 100—150 км от МРЛ пункта аэрологического зондирования		
								4.1. $Y = H \cdot \lg Z_3$		
								4.1.1. Y от 9,0 до 12,9	(К)$_{6-4}$	(К)$_{6-4}$
								4.1.1.1. При $\Delta \lg Z_{2,3} = \lvert \lg Z_2 - \lg Z_3 \rvert < 1$	К$_{6-4}$	К$_{6-4}$
								4.1.2. Y от 13,0 до 14,9	(К)$_{6-4}$	(К)$_{6-4}$
								4.1.2.1. При $\Delta \lg Z_{2,3} < 1$	К$_{6-4}$	К$_{6-4}$
								4.1.3. $Y \geqslant 15{,}0$	К$_{6-4}$	К$_{6-4}$
	4.2. 0—300	$H \geqslant H_3$		$\lg Z_2 \geqslant 1{,}8$	$\lg Z_3 \geqslant 1{,}2$			4.2. $Y = H \cdot \lg Z_2$. Для гроз, у которых $\lg Z_3$ занижена из-за ослабления радиоволн и поэтому Y рассчитывается по $\lg Z_2$, минимальное значение $\lg Z_2$ выбирается равным 1,8		
								4.2.1. $Y \geqslant 13{,}0$	(К)$_{6-4}$	(К)$_{6-4}$

Тип радиоэха	Расстояние от МРЛ до радиоэха, км	Радиолокационные пороговые критерии: Высота верхней границы радиоэха (H) в дальней и/или ближней зоне, км	Радиолокационные пороговые критерии: Отражаемость ($\lg Z$): На уровне H_1 в слое от 0 до 2 км, середина слоя 1 км ($\lg Z_1$)	На уровне H_2 в слое от 2 до 4 км, середина слоя 3 км ($\lg Z_2$)	На уровне H_3 в слое от 4 до 6 км, середина слоя 5 км ($\lg Z_3$)
РКО или РКО на фоне РСО	4.3. 0—300	$H < H_3$		$\lg Z_2 \geqslant 1{,}8$	
	4.4. 0—300	$H > H_{-22\,^\circ C}$, где $H_{-22\,^\circ C} > 5{,}5$ км		$\lg Z_2 \geqslant 1{,}8$	$\lg Z_3 \geqslant 1{,}2$
	4.5. 0—300	$H > H_{-22\,^\circ C}$, где $H_{-22\,^\circ C} \leqslant 5{,}5$		$\lg Z_2 \geqslant 1{,}8$	$\lg Z_3 \geqslant 1{,}2$

Радиолокационные критерии распознавания: На уровне H_4 в слое от 6 до 8 км, середина слоя 7 км ($\lg Z_4$)	Максимальное значение $\lg Z$ на любом из уровней в РКО	Комплексные критерии распознавания	Обозначение на бланк-карте МРЛ: в ближней зоне	в квадрате 30 × 30 км в дальней зоне
		4.3. $Y = H \cdot \lg Z_2$. Для гроз с $H < H_3$, у которых Y рассчитывается по $\lg Z_2$, минимальное значение $\lg Z_2$ выбирается равным 1,8		
		4.3.1. $Y \geqslant 13{,}0$	$(К)_{6-4}$	$(К)_{6-4}$
		Примечание: Радиус действия пп. 4.2 и 4.3 — радиус наблюдения уровня H_2 или радиус наблюдения РКО		
		При наличии в радиусе 100 ÷ 150 км от МРЛ пункта аэрологического зондирования — методом дискриминантного анализа		
		4.4. $Y = H \cdot \lg Z_3$ или $Y = H \cdot \lg Z_2$		
		4.4.1. Y от 9,0 до $u = 0$, где u — дискриминантная функция, зависящая от высоты изотермы —22 °С	$(К)_{6-4}$	$(К)_{6-4}$
		4.4.2. Y от $u = 0$ до 12,9	$К)_{6-4}$	$К)_{6-4}$
		4.4.3. $Y \geqslant 13{,}0 \div 15{,}0$	$К_{6-4}$	$К_{6-4}$
		4.5. $Y = H \cdot \lg Z_2$. Для гроз, у которых $\lg Z_3$ отсутствует или занижена из-за ослабления радиоволн и поэтому Y рассчитывается по $\lg Z_2$, минимальное значение $\lg Z_2$ выбирается равным 1,8		
		4.5.1. $Y > u = 0$	$(К)_{6-5}$	$(К)_{6-4}$

Тип радиоэха	Расстояние от МРЛ до радиоэха, км	Радиолокационные критерии распознавания							Обозначение на бланк-карте МРЛ	
		Пороговые критерии распознавания								
			Отражаемость ($\lg Z$) метеообъекта							
		Высота верхней границы радиоэха (H) в дальней и/или ближней зоне, км	На уровне H_1 в слое от 0 до 2 км, середина слоя 1 км ($\lg Z_1$)	На уровне H_2 в слое от 2 до 4 км, середина слоя 3 км ($\lg Z_2$)	На уровне H_3 в слое от 4 до 6 км, середина слоя 5 км ($\lg Z_3$)	На уровне H_4 в слое от 6 до 8 км, середина слоя 7 км ($\lg Z_4$)	Максимальное значение $\lg Z$ на любом из уровней в РКО	Комплексные критерии распознавания	в ближней зоне	в квадрате 30 × 30 км в дальней зоне
		5. Ливнеопасные конвективные облака и ливневые жидкие осадки								
								Сильные ливни и видимость в них		
РКО или РКО на фоне РСО	5.1. 0—90		$\lg Z_1 \geqslant 2,8$					5.1. Интенсивность осадков, $I \geqslant 25$ мм/ч; видимость $VV < 1000$ м	$\dot{\nabla}_6$	$\dot{\nabla}_6$
	5.1.1. $r_{макс} = 50$ (ближняя зона)		$\lg Z_1 \geqslant 2,8$					5.1.1. В пределах ближней зоны для сильных ливневых очагов, смещающихся на аэропорт, район аэродрома; указывается также и видимость рядом со знаком явления, осадков или на полях бланка)	$\dot{\nabla}_6$	
	5.2. 0—90			$\lg Z_2 \geqslant 2,8$				5.2. Значения $\lg Z_2 \geqslant 2,8$ используются, если измерение $\lg Z_1$ в радиусе 90 км невозможно из-за высоких „местных предметов“, если $H_2 < H_0$ °C	$\dot{\nabla}_6$	$\dot{\nabla}_6$
								Ливни умеренные		
	5.3. 0—90		$\lg Z_1 = 1,2 \ldots 2,7$					5.3. Интенсивность осадков $I \geqslant 3$ мм/ч до 25 мм/ч	$\dot{\nabla}_4$	$\dot{\nabla}_4$
								Ливни слабые		
	5.4. 0—90		$\lg Z_1 = 0,0 \ldots 1,1$					5.4. Интенсивность осадков $I \geqslant 0,5$ мм/ч до 3 мм/ч	$\dot{\nabla}_2$	$\dot{\nabla}_2$
	5.5. Более 90				$\lg Z_3 = 0,0 \ldots 1,1$			Ливни без определения интенсивности		$\dot{\nabla}$

Радиолокационные												
		Пороговые критерии								Обозначение на бланк-карте МРЛ	
			Отражаемость ($\lg Z$)			распознавания метеообъекта					
Тип радиоэха	Расстояние от МРЛ до радиоэха, км	Высота верхней границы радиоэха (H) в дальней и/или ближней зоне, км	На уровне H_1 в слое от 0 до 2 км, середина слоя 1 км ($\lg Z_1$)	На уровне H_2 в слое от 2 до 4 км, середина слоя 3 км ($\lg Z_2$)	На уровне H_2 в слое от 4 до 6 км, середина слоя 5 км ($\lg Z_3$)	На уровне H_4 в слое от 6 до 8 км, середина слоя 7 км ($\lg Z_4$)	Максимальное значение $\lg Z$ на любом из уровней в РКО	Комплексные критерии распознавания	в ближней зоне	в квадрате 30×30 км в дальней зоне
				6. Конвективные							
РКО или РКО на фоне РСО	6.1. 0—90 6.2. От 90 км до расстояния, где $H_2 < H_{0\,^\circ C}$		$\lg Z_1 < 0$		$\lg Z_3 = 0{,}0—1{,}1$			облака без осадков Нижняя граница не достигает поверхности	Q	Q Q
				7. Болтанка, сильная турбулентность							
РСО или РСО в РКСО	7.1. $r_{макс} = 50$ км			$\lg Z_2 \geqslant 2{,}8$	$\lg Z_3 \geqslant 2{,}8$			в конвективных облаках 7.1. Одновременно $\lg Z_2 = \lg Z_3 \geqslant 2{,}8$. В радиусе 40 км „ядра“ облака, т. е. зоны максимальной отражаемости	словами: „возможна болтанка“ в азимуте...	
				8. Слоистообразные осадкообразующие							
РСО или РСО в РКСО	8.1. 0—90 8.2. От 90 км до расстояния, где $H_2 < H_{0\,^\circ C}$ 8.3. Более 200 км		$\lg Z_1 \geqslant 0{,}0$	$\lg Z_2 = 0{,}0—1{,}1$	Наличие РСО			облака и обложные жидкие осадки 8.1. Интенсивность осадков $I \geqslant 0{,}5$ мм/ч 8.2. Как дополнительный критерий учитывается наличие „яркой полосы“ в ближней зоне и конфигурация радиоэха 8.3. На расстояниях, где из-за кривизны Земли не может наблюдаться уровень H_2, в квадратах 30×30 км с РСО указывается обложной дождь	$:_{4-2}$	$:_{4-2}$: :
				9. Слоистообразные							
РСО или РСО в РКСО	9.1. 0—90 9.2. Более 90 км		$\lg Z_1 < 0{,}0$					облака без осадков 9.1. Отражаемость $\lg Z_1$ измеряется ниже высоты $H_{0\,^\circ C}$	S, A—S или C—A—S	Не указывается Не указывается

Примечание. Середина слоя H_2 в теплый период соответствует высоте нулевой изотермы $H_{0\,^\circ C} = 3$ км.

Таблица 2.18

Критерии определения явлений, осадков и отдельных типов облаков в холодный период года

Радиолокационные критерии распознавания				Обозначение на бланк-карте МРЛ	
Тип радиоэха	Расстояние от МРЛ до радиоэха, км	Отражаемоссь метеообъекта		в ближней зоне	в квадрате 30 × 30 км дальней зоны
		на уровне H_1 в слое от 0 до 2 км, середина слоя 1 км ($\lg Z_1$)	на уровне H_2 в слое от 2 до 4 км, середин слоя 3 км ($\lg Z_2$)		
1. Грозоопасные конвективные облака и грозы					
РКО	0—90	$\lg Z_1 \geqslant 1{,}2$	$\lg Z_2 \geqslant 2{,}0$	$(\mathbb{K})_{8-6}$	$(\mathbb{K})_{8-6}$
РКО на фоне РСО	90	—	$\lg Z_2 \geqslant 2{,}0$	—	$(\mathbb{K})_{8-6}$
2. Ливнеопасные конвективные облака и ливневые твердые осадки					
РКО	30—90	$\lg Z_1$ от 0,4 до 1,9	—	$\overset{*}{\nabla}_{6-2}$	$\overset{*}{\nabla}_{6-2}$
РКО на фоне РСО	90	—	$\lg Z_2$ от —0,4 до 1,9	—	$\overset{*}{\nabla}$
3. Осадки без измерения интенсивности					
РКО	30—90	$\lg Z_1 < -0{,}4$	—	$*_2$	$*_2$
РКО на фоне РСО	>90	—	$\lg Z_2 < -0{,}4$	—	$*$
4. Слоистообразные осадкообразующие облака и обложные твердые осадки					
РСО	30—90	$\lg Z_1$ от —0,4 до 1,1	—	$*_4$	$*_4$
РСО в РКСО	>90	—	$\lg Z_2$ от —0,4 до 1,1	—	$*$

Примечания: 1. В ближней зоне (до 30 км) осадки даются независимо от величины отражаемости, если радиоэхо наблюдается до Земли. — 2. При выпадении жидких осадков необходимо пользоваться критериями для теплого периода, при выпадении смешанных — критериями для переходного периода.

Таблица 2.19

Критерии определения явлений и отдельных типов облаков в переходные периоды года

Радиолокационные критерии распознавания				Обозначение на бланк-карте МРЛ	
Тип радиоэха	Расстояние от МРЛ до радиоэха, км	Отражаемость метеообъекта		в ближней зоне	в квадрате 30 × 30 км в дальней зоне
		на уровне H_1 в слое от 0 до 2 км, середина слоя 1 км ($\lg Z_1$)	на уровне H_2 в слое от 2 до 4 км, середина слоя 3 км ($\lg Z_2$)		
1. Грозоопасные конвективные облака и грозы					
РКО	0—90	$\lg Z_1 \geqslant 1{,}2$	$\lg Z_2 \geqslant 2{,}5$	$(\nwarrow)_{8-6}$	$(\nwarrow)_{8-6}$
РКО на фоне РСО	>90	—	$\lg Z_2 \geqslant 2{,}5$	—	$(\nwarrow)_{8-6}$
2. Ливнеопасные конвективные облака и ливневые смешанные осадки					
РКО	30—90	$\lg Z_1$ от —0,4 до 2,4	—	$\overset{*}{\nabla}_{6-4}$	$\overset{*}{\nabla}_{6-4}$
РКО на фоне РСО	>90	—	$\lg Z_2$ от —0,4 до 2,4	—	$\overset{*}{\nabla}$
3. Осадки без измерения интенсивности					
РКО	30—90	$\lg Z_1 < -0{,}4$	—	$\dot{\ast}_2$	$\dot{\ast}_2$
РКО на фоне РСО	>90	—	$\lg Z_2 < -0{,}4$	—	$\dot{\ast}$
4. Слоистообразные осадкообразующие облака и обложные смешанные осадки					
РСО	30—90	$\lg Z_1$ от —0,4 до 1,1	—	$\dot{\ast}_4$	$\dot{\ast}_4$
РСО в РКСО	>90	—	$\lg Z_2$ от —0,4 до 1,1	—	$\dot{\ast})$

Примечания: 1. В ближней зоне (до 30 км) осадки даются независимо от величины отражаемости, если радиоэхо наблюдается до Земли. — 2. При выпадении жидких осадков необходимо пользоваться критериями для теплого периода, при выпадении твердых — критериями для холодного периода года.

Таблица 2.20

Критерии определения обледенения и электроактивных зон (ЭАЗ) в ближней зоне при $H_{0\,°C} \leqslant 1$ км

Тип радиоэха	Радиолокационные критерии распознавания			Обозначения на бланк-карте МРЛ
	Пороговые критерии распознавания		Комплексные критерии распознавания	
	Высота верхней границы радиоэха H, км	Максимальная отражаемость метеообъекта $\lg Z_{макс}$		
1. Обледенение в конвективных облаках, наблюдаемых на фоне слоистообразных				
РКО на фоне РСО		$\geqslant 1{,}2$	Наличие „яркой полосы“	Словами: „возможно обледенение“ указывается рядом с местом измерения $\lg Z_{макс}$ или на полях бланка
2. Обледенение в слоистообразных осадкообразующих облаках				
РСО		$\geqslant 0{,}4$	Наличие „яркой полосы“	„возможно обледенение“
3. ЭАЗ в слоистообразных осадкообразующих облаках				
3.1. ЭАЗ в типе облачной системы С—А—N (Cs—As—Ns) или А—N (As—Ns)				
РСО	$\geqslant 5{,}0$	$\geqslant 1{,}5$	Требуется выполнение следующих условий: 1) наличие ячеистой структуры радиоэха на ИДВ; 2) наличие „яркой полосы“ — признак смешанного фазового состояния облачности; 3) выпадение осадков умеренной интенсивности, реже слабой; 4) наличие атмосферного фронта, преимущественного холодного, редко теплого	„возможно ЭАЗ“
3.2. ЭАЗ в типе облаков (Sc op.)				
РСО	$\geqslant 1{,}5$	$\geqslant 1{,}0$	Требуется выполнение условий, приведенных в п. 3.1	„возможно ЭАЗ“

Примечание. Сведения об ЭАЗ передаются синоптику для дальнейшего анализа и принятия окончательного решения.

Таблица 2.21

Критерии определения электроактивных зон (ЭАЗ) в ближней зоне в холодный период года

Радиолокационные критерии распознавания				
Тип радиоэха	Пороговые критерии распознавания		Комплексные критерии распознавания	Обозначения на бланк-карте МРЛ
	Высота верхней границы радиоэха H, км	Максимальная отражаемость метеообъекта $\lg Z_{макс}$		
ЭАЗ в слоистообразных осадкообразующих облаках				
1. ЭАЗ в типе облачной системы C—A—N (Cs—As—Ns) или A—N (As—Ns)				
РСО	$\geqslant 4{,}5$	$\geqslant 1{,}0$	Требуется выполнение следующих условий: 1) наличие ячеистой структуры радиоэха на ИДВ; 2) выпадение осадков умеренной интенсивности, реже слабой 3) наличие атмосферного фронта, преимущественно холодного, редко теплого	Словами: „возможно ЭАЗ“ указывается рядом с местом изменения $\lg Z_{макс}$ или на полях бланка
2. ЭАЗ в облаках типа S (в облаках Sc op.)				
РСО	$\geqslant 1{,}0$	$\geqslant 0{,}5$	Требуется выполнение условий, приведенных в п. 1	„возможно ЭАЗ“

Примечание: Сведения об ЭАЗ передаются синоптику для дальнейшего анализа и принятия окончательного решения.

и сопровождающих их явлений. Найденные численные значения радиолокационных критериев для своего региона следует согласовать со специалистами ГГО.

Для быстрой (в течение 2 суток) проверки калибровки МРЛ рекомендуется использовать сравнительные радиолокационные и наземные измерения осадков, связи между высотой РКО и интенсивностью осадков. Количество и интенсивность осадков, измеренные по данным нескольких плювиографов (или одного), сравниваются с аналогичными величинами по данным МРЛ для квадратов 30×30 или 60×60 км (см. п. 9.9).

2.12. Выявление зон, занятых осадками в разные периоды года

2.12.1. Теплый период

В этот период года зоны, занятые осадками, выявляются в радиусе 90 км. Штриховой линией отмечаются контуры радиоэха с отражаемостью $\lg Z_1 \geqslant 0$ в слое H_1, расположенном выше земной поверхности (интенсивность дождя больше или равна 0,5 мм/ч) и ниже уровня таяния (см. п. 3.10). Середина слоя H_1 располагается на высоте, равной примерно 1 км. Угол возвышения антенны МРЛ ε должен составлять 0,2—1° при среднем значении 0,5°. Такая величина ε (0,2—1°) выбирается для того, чтобы избежать влияния отраженных от местных предметов сигналов на измерение величин отражаемости от зон осадков. Если угол возвышения антенны ограничен снизу 1,5°, то интенсивность осадков измеряется под ε=1,5° до расстояний, на которых диаграмма направленности пересекается с уровнем нулевой изотермы. На расстояниях от 8 до 30 км данные об интенсивности осадков можно получить, используя большие углы возвышения антенны (2—3°).

В случае сравнительно однородных осадков их интенсивность в ближней зоне можно оценивать по величине отраженного сигнала, измеренного на ИДВ в разных азимутах в слое 0,5—1 км.

Данные о наиболее интенсивных ливневых осадках с $\lg Z \geqslant 2{,}8$ в радиусе до 90 км в зависимости от высоты $H_{0\,^\circ C}$ получаются на всех МРЛ в обязательном порядке.

2.12.2. Переходный период

В переходный и холодный периоды года данные о площадях радиоэха осадков и их интенсивности получаются на всех МРЛ без исключения.

Зоны, занятые осадками, выявляются в эти периоды в радиусе 50—60 км. На расстояниях, превышающих 50—60 км, оценка интенсивности осадков производится по значению отражаемости на уровне H_1 или при ε=0,2... 1° и оценивается по градациям табл. 2.13. Если нет возможности оценить интенсивность осадков,

на бланке надо указать «осадки», не уточняя их характера и интенсивности.

Данные об отражаемости на расстояниях свыше 60 км должны записываться в правый верхний угол ячейки, однако на этих же расстояниях возможна запись и в правом нижнем углу ячейки.

В слоисто-дождевых и конвективных облаках в стадии распада сигнал, отраженный от зоны нулевой изотермы, больше на 10—15 дБ, чем выше и ниже $H_{0\,°C}$. Поэтому в тех местах, где диаграмма направленности пересекает уровень таяния, будет отмечаться отражаемость большая, чем от зоны осадков. Этот факт необходимо учитывать при оценке интенсивности осадков для того, чтобы не завышать их значений в местах пересечения области нулевой изотермы диаграммой направленности. На черт. 2.23 даны зоны пересечения диаграммой направленности антенны МРЛ уровня нулевой изотермы ($H_{0\,°C} = 1, 2, 3$ км) при разных углах возвышения антенны ($\varepsilon = 0, 0{,}5; 1; 1{,}5°$).

В тех случаях, когда уровень H_1 точно совпадает с высотой нулевой изотермы, измерение осадков производится ниже этого уровня. Для измерения осадков может использоваться шаблон H_1, но значения углов возвышения несколько уменьшаются по сравнению с указанными на шаблоне H_1 и в зависимости от расстояния выбираются равными 0,1—0,3°. Выделение РКО по структуре радиоэха и значению $\lg Z$ должно производиться в этом случае на уровнях, лежащих выше и ниже нулевой изотермы.

Зону радиоэха слоисто-дождевых облаков надо относить к обложным осадкам, если радиоэхо отмечается под углами возвышения антенны, близкими к нулю, и при $\lg Z_1 \geqslant 0$ (в теплый период года). С учетом сравнительно большой однородности интенсивности обложных осадков и широкого диапазона градаций (см. табл. 2.13) оцененные по радиолокационным измерениям значения интенсивности таких осадков на расстояниях до 40 км могут распространяться до расстояний, на которых еще отмечается РСО.

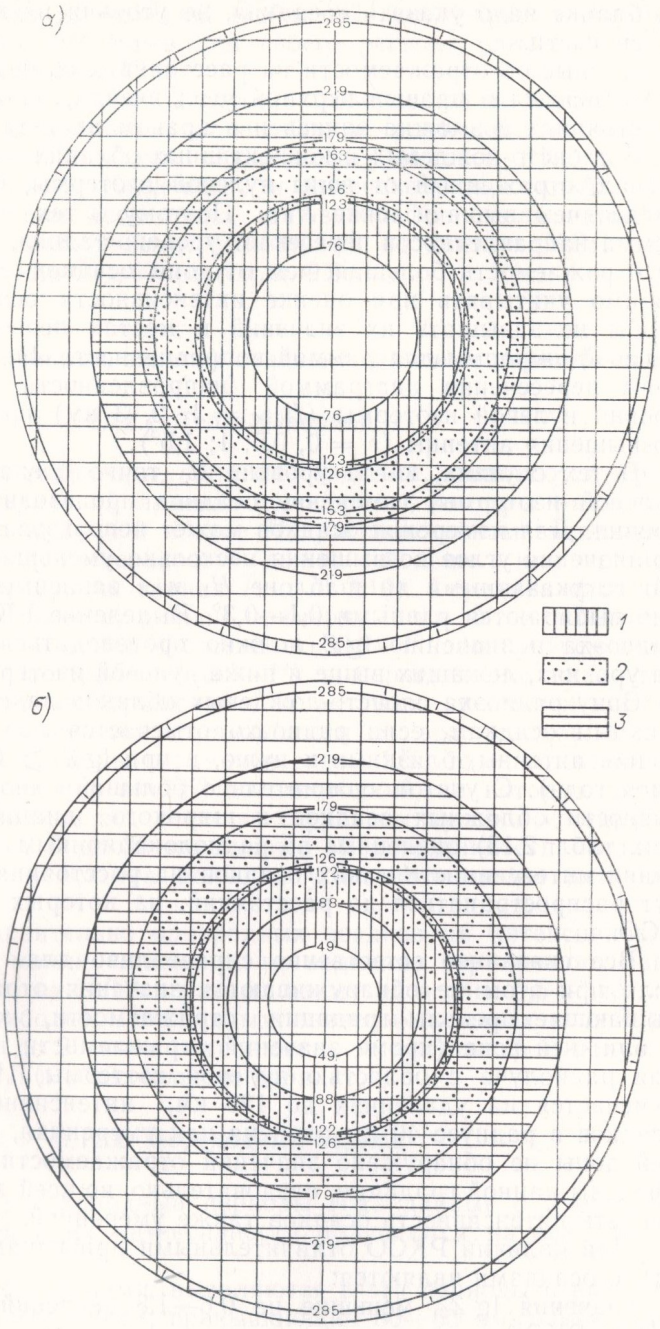
Все сказанное естественно справедливо для дальней зоны, если при этом не обнаруживаются значения отражаемости, превышающие пределы градации отражаемости, зафиксированной в ближней зоне (кроме значений отражаемости в зоне пересечения радиолуча с областью нулевой изотермы). Например, РСО отмечается на удалениях до 120 км, интенсивность обложных осадков в радиусе 40 км оценена как умеренная, в ячейках дальней зоны не обнаружено значений отражаемости, выходящих за пределы данной градации, следовательно, во всей зоне РСО можно считать интенсивность осадков также умеренной.

При наличии РКСО отличительными признаками зон с обложными осадками являются:

значения $\lg Z_3$, меньшие на 0,6—1,8 значений в ячейках, занятых РКО;

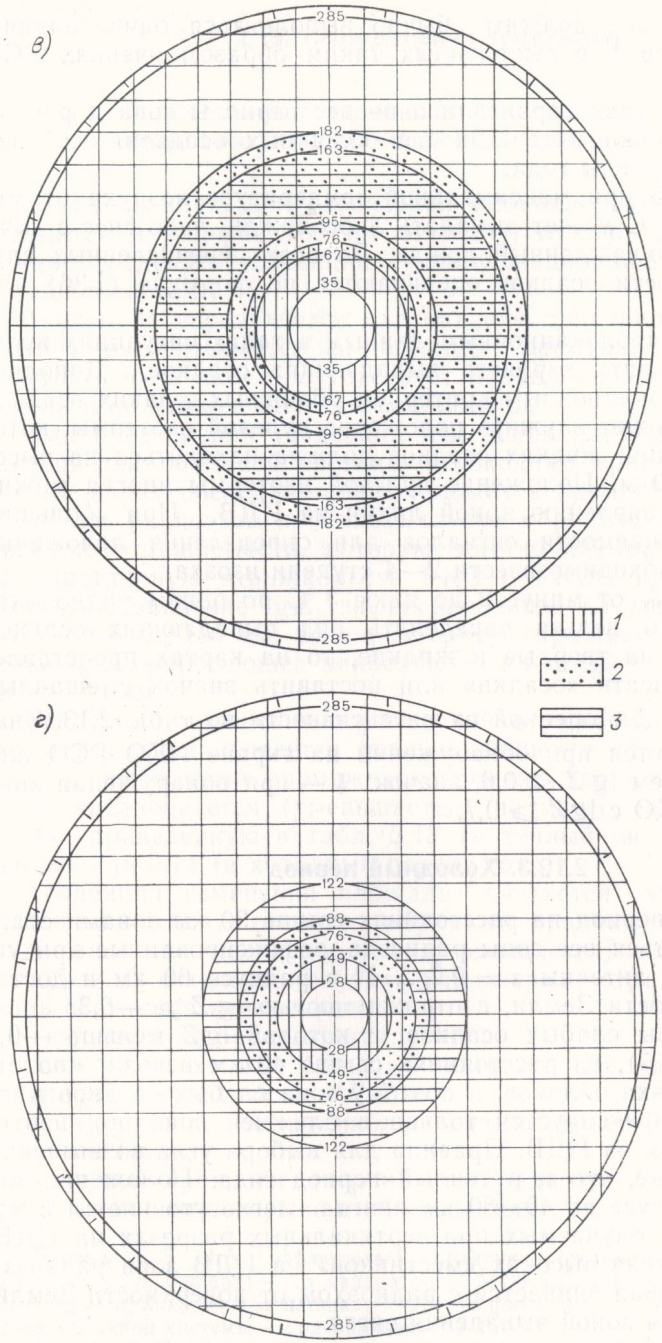
значение разности $\lg Z_2 - \lg Z_3 > 2$;

наличие яркой полосы до расстояния 90 км.



Черт. 2.23. Зоны пересечения диаграммой направлен
угла возвышения антенны

а) $\varepsilon = 0°$; *б*) $\varepsilon = 0{,}5°$; *в*) $\varepsilon = 1°$; *г*) $\varepsilon = 1{,}5°$. *1*) $H_{0\,°C} = 1$ км;



ности изотермы 0 °C в зависимости от ее высоты и
при разных значениях ε.

2) $H_{0\,°C} = 2$ км; *3*) $H_{0\,°C} = 3$ км.

Все эти условия должны обычно выполняться одновременно. Расчет критериев Y в выявленных таким образом ячейках РСО недопустим.

Эта рекомендация справедлива во все периоды года и расширяет радиус оценки интенсивности обложных осадков, особенно в переходные периоды года.

Известно, что при максимальной температуре воздуха от минус 2 до плюс 3 °С может выпадать либо дождь, либо снег с дождем, либо переохлажденный дождь. Во всех перечисленных случаях интенсивности осадков оцениваются по формуле (I.36) или по табл. 2.13.

По одним радиолокационным данным в таких ситуациях нельзя точно определить характер выпадающих осадков. Дополнительным радиолокационным критерием обложных жидких осадков в этот период может служить положение нулевой изотермы, которая при выпадении жидких осадков должна находиться на высотах не ниже 500 м. Положение нулевой изотермы иногда можно определить по появлению яркой линии на ИДВ. При больших значениях отражаемости сигналов для определения положения яркой линии необходимо ввести 2—4 ступени изоэха.

Если при $t_{факт}$ от минус 2 до плюс 3 °С по одним радиолокационным данным нельзя определить вид выпадающих осадков и разделить их на твердые и жидкие, то на картах представления можно написать «осадки» или поставить значок смешанных осадков $\dot{\ast}$ или $\overset{\dot{\ast}}{\triangledown}$ с оценкой их интенсивности по табл. 2.13. Значок $\dot{\ast}$ используется при обнаружении на экране ИКО РСО или РКО со значением $\lg Z \leqslant 0{,}6$, значок $\overset{\dot{\ast}}{\triangledown}$ — при обнаружении явно выраженного РКО с $\lg Z \geqslant 0{,}7$.

2.12.3. Холодный период

В холодный период на расстояниях свыше 30 км зонами осадков будут считаться все зоны радиоэха, зафиксированные при углах возвышения антенны $\varepsilon = 0{,}2\ldots 1°$ в радиусе 60 км и достигающие поверхности Земли, с отражаемостью $\lg Z \geqslant -0{,}3$.

Радиоэхо зоны слабых осадков, в которой $\lg Z$ меньше —0,3 (от —0,3 до —1,5), на расстояниях свыше 40 км невозможно отличить от радиоэха облаков, и поэтому зона слабых осадков в холодный период фиксируется только в ближней зоне при вертикальных разрезах на ИДВ. Правила для выбора угла возвышения остаются теми же, что и в теплый период года. Положение зон снегопада в радиусе до 40—80 км иногда легко уточняется с помощью данных, получаемых при вертикальных разрезах на ИДВ. В случае отсутствия высоких «местников» на ИДВ зона радиоэха облачности, которая сливается с радиоэхом от поверхности Земли, должна считаться зоной выпадения снега.

Оценка интенсивности выпадающих осадков производится по табл. 2.14. Рекомендации по определению и обозначению опасных явлений в холодный период года приведены в п 2.10 и табл. 2.15.

2.13. Определение тенденции

2.13.1. Определение тенденции изменения радиолокационных характеристик облачного поля в радиусе 180 км

В тех случаях, когда основная площадь, занятая радиоэхом, находится в радиусе 180 км от МРЛ, можно сравнительно надежно определять тенденцию радиолокационных характеристик облачной системы.

Тенденция определяется для каждого типа радиоэха в отдельности и рассчитывается за интервал времени, приблизительно равный 1 ч. В любом случае этот период не должен превышать 90 мин и не должен быть меньше 30 мин.

Для определения тенденции изменения радиолокационных характеристик облачной системы необходимо сравнить зафиксированные в два последовательных момента времени площади с однотипным радиоэхом и максимальное в радиусе обзора 180 км значение отражаемости, которую обычно называют характерной. За характерную отражаемость РКО и РКСО принимается максимальное значение $\lg Z$, зафиксированное на любом уровне высот в радиусе 180 км; за характерную отражаемость РСО — значение $\lg Z$, занимающее наибольшую площадь в поле РСО в радиусе 180 км.

Тенденция изменения характерной отражаемости зоны радиоэха или ячейки считается увеличивающейся (уменьшающейся), если за выбранный промежуток времени характерная отражаемость увеличивается (уменьшается) не менее, чем на одну градацию, приведенную в табл. 2.13 (в теплый и переходный периоды) или 2.14 (в холодный период года).

Тенденция изменения площади считается увеличивающейся (уменьшающейся), если за выбранный промежуток времени площадь радиоэха увеличивается (уменьшается) не менее чем на 20—25 %. В остальных случаях характерная отражаемость и площадь считаются неизменными.

Тенденция не определяется:

если радиоэхо или большая часть его располагается на расстоянии более 180 км от МРЛ;

если интервал между наблюдениями меньше 30 мин или превышает 90 мин;

в первый срок, когда появляется радиоэхо в радиусе 180 км, после большого перерыва в наблюдениях.

Пример 1. В 14 ч наблюдалась облачная система Q (Cb—Cu cong.), $\lg Z_{макс} = 2{,}5$, площадь — 15 квадратов 30×30 км, в 15 ч — система Q (Cb—Cu cong.), $\lg Z_{макс} = 3{,}5$, площадь — 22 квадрата 30×30 км. Тенденция изменения облачной системы — „развивалась“: ΔZ_+, ΔS_+.

Пример 2. В 14 ч наблюдалась облачная система A—N—Q (As—Ns—Cb), $\lg Z_{макс} = 2{,}5$, площадь — 30 квадратов 30×30 км, в 15 ч — система A—N—Q (As—Ns—Cb), $\lg Z_{макс} = 3{,}5$, площадь — 30 квадратов 30×30 км. Тенденция изменения облачной системы — „развивалась“: $\Delta \lg Z_+$, ΔS_0.

Тенденцию можно считать увеличивающейся, если грозы из (↘) переходят в ↘) или ↘, а их $\lg Z_{хар}$ не изменяется.

Если оценка тенденции сделана не только на основании изменения площади и характерной отражаемости, а привлекались дополнительные сведения, например переход РСО в РКСО и появление ливней среди обложных осадков, увеличение высот РКО на одну градацию, отмеченное при отсутствии ослабления радиоволн, то в свободном правом нижнем углу бланка формы № 2 записываются эти сведения для того, чтобы привлечь к ним внимание синоптика.

Надо отметить, что для оценки эволюции облачного поля более информативны сведения об изменении характерной отражаемости, а не площади радиоэха. Это объясняется тем, что площадь радиоэха может увеличиваться за счет приближения облачной системы. Например, при приближении к району размещения МРЛ будут обнаруживаться облака, не содержащие частиц осадков, что увеличит площадь радиоэха облачности, и, наоборот, при интенсивных осадках над или вблизи МРЛ площадь радиоэха может сильно уменьшиться за счет ослабления радиоволн в осадках, в то время как площадь облачного поля на самом деле не изменится. Поэтому во всех сомнительных случаях общую тенденцию изменения облачного поля правильней оценивать только по характерной отражаемости.

Может оказаться, что указанные характеристики не достаточны, чтобы правильно отразить ослабление или усиление конвективных явлений в поле облачности. Тогда можно привлечь дополнительные данные, такие как изменение максимальных высот РКО и число ячеек, занятых характерной отражаемостью (для Cb). Эти данные в особо трудных случаях могут способствовать более точному диагнозу.

Пример 1. В 10 ч наблюдалась облачная система Q (Cb—Cu cong.) на площади 15 квадратов 30 × 30 км в радиусе 180 км. При этом отмечено одно значение $\lg Z_{макс} = 3{,}5$. В 16 ч наблюдалась система Q (Cb—Cu cong.) на площади 14 квадратов 30 × 30 км, в трех ячейках отмечены значения $\lg Z_{макс} = 3{,}5$. Тенденция изменения облачной системы — „развивалась".

Пример 2. В 14 ч наблюдалась облачная система Q на площади 20 квадратов 30 × 30 км; в радиусе 180 км отмечено пять значений $\lg Z_{макс} = 3{,}0$, с максимальными высотами 7 км. В 15 ч наблюдалась система Q, и площадь — 22 квадрата 30 × 30 км, $\lg Z_{макс} = 3{,}6$, в пяти квадратах высоты 10—11 км. Тенденция изменения облачной системы — „развивалась".

2.13.2. Определение тенденции развития отдельных конвективных облаков

Проводить измерения радиолокационных характеристик отдельных ячеек РКО и оценивать тенденцию их изменения необходимо в масштабе 100 или 150 км и через интервал времени 10—15 мин в режиме «шторм». В некоторых же случаях только непрерывные наблюдения (не реже, чем через 5 мин) за выбран-

ными облаками позволяют правильно оценивать тенденцию изменения их характеристик.

Тенденция изменения состояния отдельных ячеек РКО оценивается по изменению совокупности радиолокационных характеристик в два последовательных срока наблюдений. К этим характеристикам относятся следующие:

1) отражаемости радиоэха (по градациям табл. 2.13);
2) площади радиоэха;
3) максимальные высоты радиоэха;
4) высоты расположения зоны с максимальной отражаемостью;
5) вертикальные профили отражаемости.

Все эти характеристики взаимосвязаны (см. черт. 2.10), и, как правило, изменение одной из них приводит к изменению других. Поэтому признаками развития облака считается увеличение перечисленных характеристик и выравнивание вертикального профиля отражаемости.

Переход из стадии роста в стадию зрелости обычно начинается понижением (или растеканием) вершины радиоэха, которое, как правило, совпадает с первым электрическим разрядом внутри облака и появлением осадков у его основания.

Признаками распада облака считается уменьшение всех указанных в пп. 1—3 характеристик. При распаде конвективное облако часто переходит в слоистообразное, которое образует радиоэхо с яркой линией в районе нулевой изотермы. Яркая линия является надежным признаком стадии распада конвективного облака и прекращения интенсивных восходящих потоков и легко отмечается на ИДВ при введении 2—4 ступеней изоэха (12—24 дБ).

Если при анализе одни характеристики будут увеличиваться, а другие — уменьшаться, это может свидетельствовать о том, что рядом с распадающейся ячейкой РКО появляется новая, развивающаяся.

Совокупность всех перечисленных выше характеристик можно определить только в ближней зоне или на расстояниях, не превышающих 60—80 км. На больших удалениях от МРЛ характер тенденции определяется по признакам, перечисленным в пп. 1—3.

3. ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРВИЧНЫХ ДАННЫХ НА МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5

3.1. Общие положения

После подготовки МРЛ к наблюдениям и записи измеренных параметров ($P_{\text{пр мин}}$, $P_{\text{и}}$, $F_{\text{ш}} = 10 \lg N$, $\Pi_{\text{м}}$) в журнал получения дополнительной (метеорологической, аэрологической, синоптической) информации, выполнения расчетов критериев грозоопасности и принятия решения о методике работы дежурная смена, состоящая из двух человек, должна приступить к получению первичной информации. Объем этой информации, а также порядок ее получения будет различен для теплого, переходного и холодного периодов года (определения периодов даны в п. 2.11).

Съем первичной информации с экранов индикаторов кругового обзора (ИКО) и дальность—высота (ИДВ) МРЛ производится на прозрачные шаблоны из плексиглаза с помощью жирного карандаша (стеклографа). На шаблонах последовательно фиксируются: контуры радиоэха, максимальные углы возвышения, при которых появляется радиоэхо облаков и осадков, интенсивности отраженных сигналов на разных уровнях высот. Затем эти данные переносятся с помощью светового столика с шаблонов на бланк-карту формы № 1 или совмещенную. Одновременно с переносом с помощью вспомогательных таблиц переводят зафиксированные углы возвышения в высоты радиоэха облаков, а интенсивности отраженных сигналов в логарифмы отражаемости.

Рекомендуется следующая типовая последовательность операций при съеме первичных данных:

1) обзор общих картин распределения радиоэха в радиусе обзора МРЛ под оптимальным углом возвышения антенны и при углах возвышения, равных 5 и 10°;

2) фиксирование местонахождения характерных элементов радиоэха в момент времени t_1 (первых контуров) для определения направления и скорости перемещения за малый промежуток времени;

3) получение картины горизонтального распределения (контура или контуров) неприподнятого радиоэха в радиусе его наблюдения;

4) измерение максимальных углов возвышения ε_i, при которых радиоэхо появляется в дальней зоне, и параллельно получение картины горизонтального распределения (контура) приподнятого радиоэха;

5) измерение максимальных интенсивностей отраженных сигналов ($P_{\text{пр}}/P_{\text{о}}$) на МРЛ-1 и МРЛ-2 или ($P_{\text{пр}}/P_{\text{ш}}$) на МРЛ-5 на

стандартных уровнях в дальней зоне с одновременным или последующим (на световом столике) переводом ($P_{пр}/P_{о}$), ($P_{пр}/P_{ш}$) в отражаемости метеообъектов $\lg Z$ и параллельно выявление РКО на фоне РСО и «ядер» РКО в РКСО;

6) фиксирование местонахождения характерных элементов радиоэха в момент времени t_2 (вторых контуров) для опеделения направления и скорости (пункт выполняется спустя 15 мин на масштабе 150 км (или 10 мин на масштабе 100 км) после выполнения п. 2 между любыми операциями);

7) выбор азимутов на ИКО для получения вертикальных разрезов облаков;

8) съем данных в ближней зоне на ИДВ;

9) определение типа радиоэха (выполняется и уточняется в течение всего процесса получения первичных данных);

10) нанесение всех первичных данных на бланк-карту МРЛ формы 2.2 или бланк формы № 1 (без ближней зоны).

Если возникает вопрос о применении методики того или иного периода, то решение принимается исходя из необходимости своевременного обнаружения и наиболее достоверного распознавания метеообъектов, наиболее опасных в этот период года для полетов авиации.

По грозам и другим опасным явлениям (кроме сильных ливней) решение между теплым и переходным периодом принимается в пользу теплого периода; между переходным и холодным — в пользу холодного периода.

По осадкам решение принимается в пользу более холодного периода: между жидкими и смешанными осадками предпочтение следует отдавать смешанным осадкам; между смешанными и твердыми — твердым осадкам (снегопад и ухудшение видимости).

Когда на ИКО МРЛ в данный срок наблюдений могут одновременно наблюдаться две, соседствующие или граничащие одна с другой, зоны с осадками разного фазового состояния, то решение принимается по условиям, существующим в приближающейся к аэропорту зоне радиоэха облаков и осадков. Определяющим решением в выборе методики наблюдений является решение, принятое по опасным явлениям (ОЯ). При проведении наблюдений, получении первичных данных и анализе информации следует строго соблюдать общий принцип: в первую очередь необходимо выявить в РКО зоны стихийных явлений: (смерч, шквал >25 м/с, град с грозой), затем остальные опасные явления (гроза, ливень и т. д.). По удалению от МРЛ в первую очередь необходимо измерять и анализировать явления, приближающиеся к месту установки МРЛ (аэропорта), затем все остальные.

При наличии нескольких изотерм 0 °С (особенно в переходный период) определяющей для принятия решения является:

самая высокая из них — при определении ОЯ (гроза, град, шквал, смерч), а также обледенения и электроактивных зон;

самая низкая из них — при определении фазового состояния осадков.

Это полностью относится как к порядку наблюдений, так и к использованию соответствующих таблиц оценки интенсивности. Объем и порядок получения радиолокационных данных будут также различны в синоптические сроки, ежечасные и получасовые (при штормоповещении).

Для получения первичных данных вся зона радиолокационного обзора делится на две части: 1) ближнюю — от 0 до 30 км по ИКО (в соответствии с дискретностью координатной сетки шаблона ИКО в масштабе 300 км) и до 40 км (на МРЛ-1 и МРЛ-2) или до 50 км (на МРЛ-5) по ИДВ; 2) дальнюю — от 30 до 300 км.

В ближней зоне обзор пространства осуществляют при качании (сканировании) антенны в вертикальной плоскости в разных направлениях от МРЛ (азимутах), используя для наблюдений вертикальных разрезов метеообъектов и измерений их радиолокационных характеристик ИДВ шаблоны, накладываемые на экран ИДВ. Рабочим масштабом ИДВ является масштаб 20/40 км (на МРЛ-1 и МРЛ-2) или 25/50 км (на МРЛ-5).

В дальней зоне пространство просматривается на индикаторе ИКО при последовательных круговых обзорах под разными углами возвышения антенны с использованием шаблонов, накладываемых на экран ИКО. Рабочим масштабом ИКО является масштаб 300 км во все периоды года (теплый, переходный, холодный) и сроки наблюдений (синоптический, ежечасный, получасовой).

Шаблон представляет собой прозрачный круг из плексиглаза (выпуклый для МРЛ-1 и плоский для МРЛ-2 и МРЛ-5), разделенный на квадраты со стороной 30 км. Он служит для записи стеклографом максимальных углов возвышения антенны, при которых появляется радиоэхо. Кроме того, применяется несколько шаблонов с орнаментами, которые служат для записи максимальных величин отраженных от зон облаков и осадков, сигналов в децибелах или логарифмов отражаемости. Орнамент каждого шаблона соответствует определенному стандартному уровню (см. приложение 1).

В теплый период года, когда измерения $\lg Z$ производятся на трех уровнях, шаблоны используют в определенном сочетании. Определяющим признаком при выборе сочетания шаблонов является высота нулевой изотермы, которая выбирается по данным аэрологического зондирования с учетом суточного хода $H_{0\,^\circ C}$.

В теплый период года $\lg Z$ или величины отраженных сигналов ($P_{пр}/P_0$) измеряются на следующих уровнях: на высоте 1 км, являющейся высотой середины слоя, в котором производятся измерения — обозначается H_1; на уровне высоты нулевой изотермы, являющийся высотой середины слоя — обозначает H_2; на уровне $H_2+(2\div2{,}5)$ км, являющийся высотой середины слоя,— обозначается H_3.

Например, если высота нулевой изотермы $H_2 = 2$ км, то используется следующее сочетание шаблонов: $H_3 = 4{,}5$ км, $H_2 =$

$= 2$ км, $H_1 = 1$ км; при высоте нулевой изотермы $H_2 = 3$ км, $H_3 = 5{,}5$ км; при $H_2 = 4$ км $H_3 = 6 \ldots 6{,}5$ км.

3.2. Ознакомление с радиометеообстановкой в радиусе обзора МРЛ

Перед началом работы за экранами индикаторов МРЛ оператор должен убедиться в резкости изображения (по местным предметам) на ИКО и ИДВ, а также в концентричности и равномерности меток дальности (светящихся окружностей) на индикаторах.

Ознакомление с радиометеообстановкой заключается в том, что оператор просматривает на ИКО обозреваемое антенной МРЛ пространство, включив масштаб 300 км и режим работы «вращение», при следующих, последовательно устанавливаемых углах возвышения антенны:

при минимальном рабочем угле возвышения $\varepsilon = 0 \ldots 0{,}5°$ для обнаружения зон осадков, нижняя граница радиоэха которых достигает земной поверхности;

при $\varepsilon = 5$ и $10°$ для обнаружения развивающихся или развитых Cb, а также приподнятого радиоэха, которое наблюдается в виде концентрических кругов или их частей и соответствует облачности, не сопровождающейся осадками.

При осмотре пространства на ИКО оператор должен уделять внимание не только дальней, но в первую очередь ближней зоне, чтобы немедленно предупредить синоптика о развивающемся кучево-дождевом облаке.

Отсутствие радиоэха в дальней и ближней зонах на ИКО при указанных углах возвышения антенны не гарантирует его отсутствия в ближней зоне на ИДВ, когда здесь располагается слой приподнятого радиоэха, радиус обнаружения которого меньше радиуса ближней зоны (30 км). При отсутствии радиоэха на ИКО ознакомление с радиообстановкой надо считать законченным и оператор обязан перейти к детальному осмотру дальней зоны на ИКО.

3.3. Определение поля высот радиоэха и качественной картины его горизонтального распределения в дальней зоне

Определение поля высот радиоэха производится путем последовательных измерений величин H_i (км) в каждом квадрате пространства, занятого радиоэхом, размером 30×30 км. Для определения $H_{\text{макс}}$ измеряются максимальные углы возвышения антенны ε_i в центре каждого квадрата, при которых отмечается момент первоначального появления радиоэха при движении антенны сверху вниз.

Получение качественных картин горизонтального распределения радиоэха и измерение величин ε_i выполняются следующим образом:

на экран ИКО накладывается шаблон с координатной сеткой без орнамента;

устанавливается масштаб развертки 300 км;

устанавливается линейный режим работы приемника МРЛ-1, в МРЛ-2 и МРЛ-5 отключается коррекция на расстояние;

включается режим «вращение» антенны;

устанавливается на пульте управления приводом антенны $\varepsilon_{\text{опт}}=0...3°$, при котором на ИКО наблюдается наибольшая площадь радиоэха;

оконтуривается стеклографом внешний контур наблюдаемого на ИКО радиоэха в $M:300$ км;

Примечание. Часто на расстояниях от 30 до 100 км при РСО контур под оптимальным углом может занизить площадь, занятую радиоэхом. В этих случаях надо оконтурить радиоэхо таким образом, чтобы все зафиксированные значения $\lg Z$ оказались внутри контура. Такое оконтуривание должно производиться одновременно со съемом H.

Особенно тщательно должны быть выделены наиболее близкие к центру экрана контуры радиоэха при $\varepsilon = 0{,}2 \div 1°$. По их смещению в дальнейшем будут определяться скорость и направление перемещения радиоэха. Если четко виден приближающийся край приподнятого радиоэха, то угол возвышения антенны ε выбирается в зависимости от высоты ближнего края и рядом с контуром делается пометка, на какой высоте получен наиболее близкий к центру экрана контур.

задается такой угол возвышения антенны, при котором на экране ИКО, начиная с 30 км, пропадает радиоэхо; все отсчеты углов возвышения должны производиться только со шкал управления приводом антенны МРЛ-1, МРЛ-2 и светового табло МРЛ-5;

Примечание. Устанавливать углы возвышения для МРЛ-1, МРЛ-2 по индикационной шкале на ИКО нельзя. Это объясняется низкой точностью следящей системы индикационной шкалы, равной $\pm 1°$. Шкала на ИКО используется только для качественного контроля положения антенны.

при последовательном уменьшении угла возвышения антенны на 1° в каждом квадрате шаблона, где появляется отраженный сигнал, фиксируются стеклографом углы ε_i (черт. 3.1). (На расстоянии от 30 до 90 км необходимо учитывать фактическое расстояние, при котором отмечается ε_i, и пересчитывать H по уточненной таблице (см. приложение 2, табл. 1);

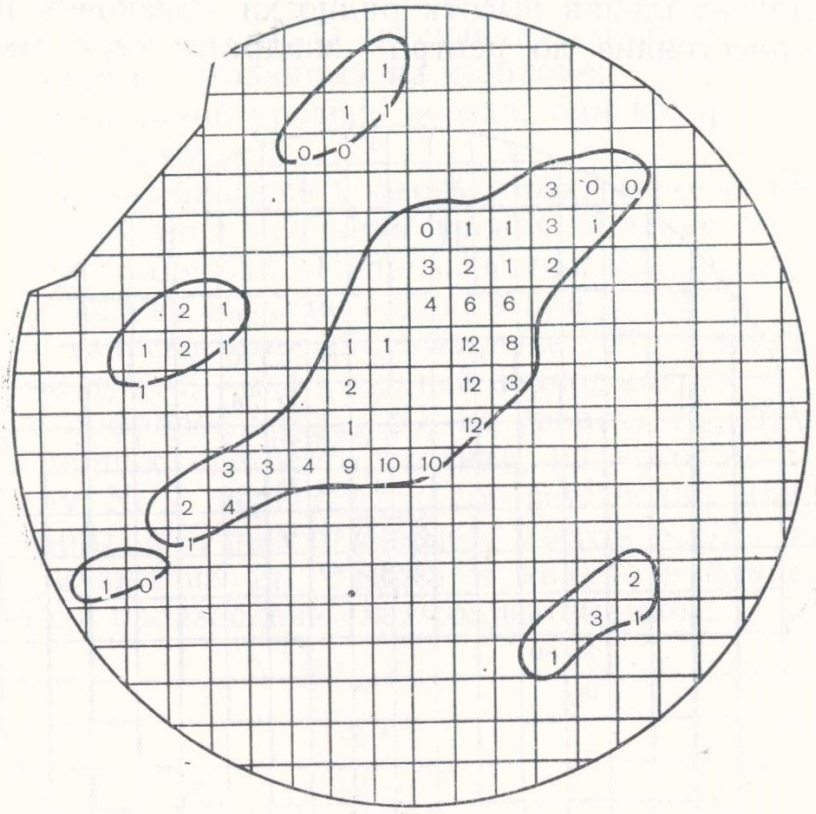
уточняется положение линии контура радиоэха.

Определение максимальных высот радиоэха облачности относительно высоты расположения МРЛ в каждом квадрате производится по таблице (см. приложение 2, табл. 3).

Составление цифровой карты высот производится с помощью светового столика, на котором с шаблона без орнамента на бланк формы № 1 переносятся соответственно для каждого квадрата значения H (км). Значения H записывают в левом верхнем углу каждого квадрата, где отмечено радиоэхо. Необходимо на расстояниях от 150 до 300 км производить съем углов возвыше-

ния антенны через 0,5°. Это же рекомендуется на любых расстояниях, когда экран ИКО заполнен радиоэхом менее чем на 1/3. Соответствующая таблица для расчета H (км) через 0,5° приведена в приложении (см. приложение 2, табл. 3).

Если радиоэхо занимает площадь меньше 1/3 площади квадрата 30 × 30 км, а высота этой части радиоэха меньше или равна



Черт. 3.1. Пример записи углов возвышения антенны ε на прозрачном шаблоне с координатной сеткой.

высоте в соседней ячейке, то высота в такой неполностью занятой ячейке с шаблона на бланк формы № 1 и на бланк представления не переносится. Это же замечание полностью относится и к отражаемости.

Обращаем особое внимание на ошибку, которую обычно допускают некоторые операторы при съеме высот РСО. В ячейках, расположенных на расстояниях от 30 до 90 км, они фиксируют угол возвышения антенны ε по моменту появления радиоэха не в центре квадрата, а в одном из его углов, как правило, ближних к центру экрана. Это приводит к значительному расхождению высот радиоэха в ближней и дальней зонах.

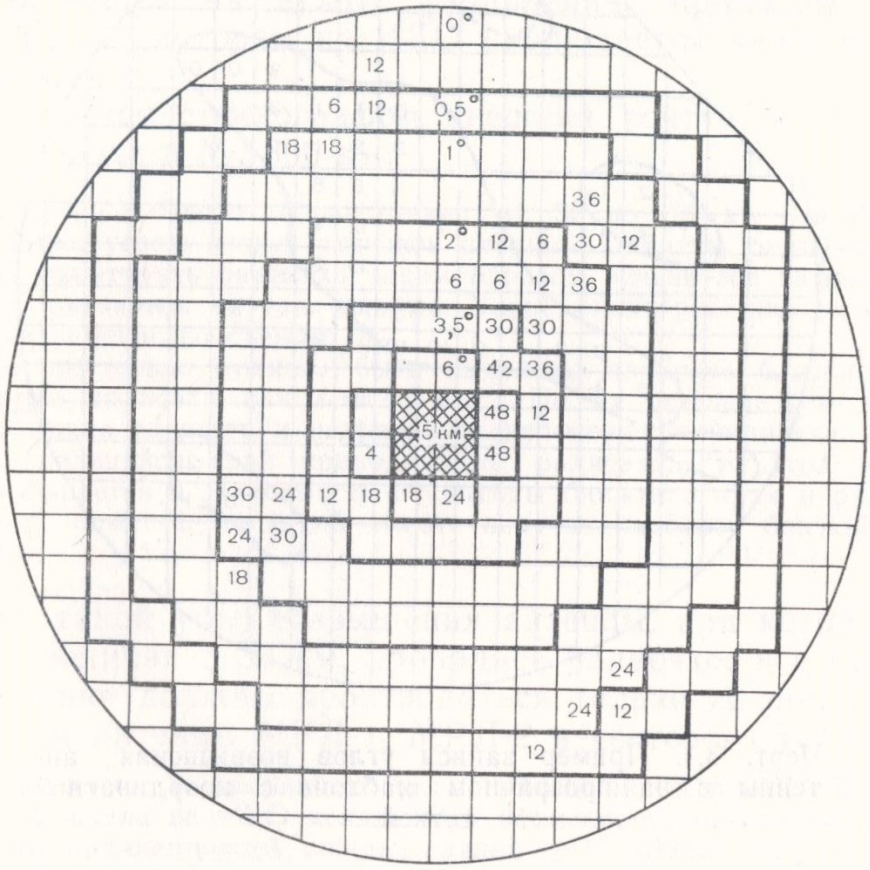
3.4. Определение отражаемости на заданных стандартных уровнях

Для получения картины распределения величины $\lg Z$ на одном из заранее выбранных уровней применяется способ измере-

ния величин $P_{пр}/P_0$ при разных углах возвышения антенны ε_i и различной дальности r_i. Это обеспечивает при заданных ε_i и r_i измерения $\lg Z$ на одной из выбранных высот H_1, H_2 и H_3, рассчитанных в соответствии с формулой

$$H_i = r_i \sin \varepsilon_i + \xi r_i^2, \qquad (3.1)$$

где H_i — максимальная высота радиоэха облаков в центре квадрата; r_i — расстояние до центра квадрата; ε_i — максимальный



Черт. 3.2. Пример записи значений $P_{пр}/P_0$ на шаблоне для высоты 5 км.

угол возвышения антенны, при котором появилось радиоэхо в центре квадрата; коэффициент $\xi = 6 \cdot 10^{-5}$ км$^{-1}$.

В оперативной практике снятие величин $P_{пр}/P_0$ в децибелах в квадратах, расположенных на стандартных уровнях H_1, H_2 и H_3, осуществляется следующим образом:

на экран ИКО накладывается специальный (для этого уровня H и выбранного масштаба) шаблон (черт. 3.2) с координатной сеткой, с контурами равных значений r_i (орнаментом) и значениями углов возвышения антенны, относящихся к площадям между двумя соседними контурами r_i;

при вращении антенны последовательно устанавливаются величины углов ε_i, нанесенные на шаблон (начиная с больших углов), и осуществляются измерения $P_{пр}/P_0$ в квадратах, располо-

женных между двумя контурами r_i; измеренные значения $P_{пр}/P_о$ записываются на шаблон (см. черт. 3.2).

Для каждого стандартного уровня, на котором происходит измерение $P_{пр}/P_о$, а также для каждого масштаба дальности (М : 300, М : 150) на экран ИКО необходимо установить соответствующий шаблон.

Измерения величин $P_{пр}/P_о$ в квадратах осуществляются с помощью системы изоэхо на ИКО следующим образом:

устанавливается ε_i, указанный на шаблоне;

устанавливается такой уровень изоэха, при котором на экране ИКО исчезает радиоэхо;

последовательно снижается уровень изоэха через 6 дБ и в каждом квадрате отмечается величина уровня в децибелах, при котором появляется радиоэхо. Например, при положении ступени изоэха 42 дБ сигнал на ИКО не виден, а при 36 дБ виден, в квадрат на шаблоне записывается 36. В радиусе 200 км можно не снимать величины с $\lg Z < -0{,}4$ в теплый период года.

Составление цифровой карты $\lg Z$ на уровнях H_1, H_2 и H_3 производится с помощью светового столика, на котором с шаблона на бланк форму № 1 переносятся соответственно для каждого квадрата величины $\lg Z$, рассчитанные с учетом $P_{пр}/P_о$, r_i и $П_м$ по табл. 4—6 (приложение 2). Запись в квадрате бланка формы № 1 должна быть произведена следующим образом:

$$H \lg Z_3$$
$$\lg Z_2$$
$$\lg Z_1$$

Еще раз отметим, что правильные значения отражаемости могут быть получены только при измерениях с помощью правильно откалиброванной системы изоэха, совпадении величин коэффициентов усиления приемного тракта при калибровке изоэха и в процессе работы и одинаковых значениях яркости развертки и уровня шумов на ИКО и ИДВ при калибровке системы изоэха и в процессе измерений величин $P_{пр}/P_о$.

Необходимо по стрелочному прибору перед началом и после окончания измерений контролировать коэффициент усиления приемника МРЛ-1 по прибору «Уровень изоэха».

Измерение отражаемости будет правильным, если в процессе измерений стрелки приборов «усиление» и «чувствительность» для МРЛ-2 («контроль усиления» и «потенциал» для МРЛ-5) будут находиться в красном секторе. Стрелка прибора «контроль ПЧ» в режиме РРЧ должна настраиваться по максимуму отклонения стрелки; желательно, чтобы она находилась правее красного сектора. В дальнейшем в рабочем режиме используется режим АПЧ, причем разность показаний прибора «контроль ПЧ» в режимах АПЧ и РРЧ не должна превышать 15 %. Это обеспечит более точную настройку на максимум. Нарушение этих обязательных условий приводит к получению неправильных значений $\lg Z$.

Примечание. Если возникают сомнения в правильности получаемых данных, необходимо немедленно провести новую калибровку системы изоэха.

В оперативной практике снятие величин $\lg Z$ в квадратах, расположенных на стандартных уровнях H_3, H_2 и H_1, осуществляется в следующем порядке:

на экран ИКО накладывается специальный для этого уровня H и масштаба 300 км шаблон, на котором нанесена координатная сетка с контурами разных r_i и значениями углов возвышения антенны ε_i, относящихся к площади между двумя соседними контурами r_i;

при вращении антенны последовательно устанавливаются (начиная с больших углов) величины углов ε_i, нанесенные на шаблон;

устанавливается такой уровень изоэха, при котором исчезает отраженный сигнал на измеряемой высоте при выбранном r_i;

последовательно уменьшается уровень изоэха через 6 дБ и отмечается та ступень изоэха ($\lg Z$), при которой появляется радиоэхо; оператор может не снимать $\lg Z$ в ячейках с $\lg Z < -0{,}4$ в теплый период года.

Особенности измерения и расчета отражаемости на 3-сантиметровом канале МРЛ-5

Измерение отражаемости на 3-сантиметровом канале должно проводиться с помощью системы ступенчатого изоэха с отключенной коррекцией на квадрат расстояния, на 10-сантиметровом канале — с помощью ступенчатого изоэха с включенной коррекцией. При больших расхождениях (больше 6 дБ) в отраженных сигналах, если выяснится, что система коррекции ответственна за неправильные измерения, то она отключается, и дальнейшие измерения на 10-сантиметровом канале проводятся без коррекции. По измеренным величинам мощности отраженных сигналов $P_{пр}/P_{ш}$ в децибелах, удалению метеообъекта и потенциалу рассчитывается радиолокационная отражаемость по формуле (1.49).

Устройство коррекции на I канале МРЛ-5 не используется в связи с необходимостью учета при определении величины $\lg Z_{ист}$ в дальней зоне ослабления, возникающего при распространении радиоволн в газах, облачности, осадках, в радиопрозрачном колпаке, которое вводится в величину $\lg Z$ в виде поправки $\Delta \lg Z_{осл}$, т. е. $\lg Z_{ист} = \lg Z_{изм} + \Delta \lg Z_{осл}$. Величины $\Delta \lg Z_{осл}$ при различных условиях приведены в табл. 3.1.

Примеры расчета.

1. $10 \lg (P_{пр}/P_{ш}) = 0$, $r = 105$ км, $П_м = 60$ дБ;

$$\lg Z = 0{,}1\,(10 \lg (P_{пр}/P_{ш}) + 20 \lg r - 10 \lg П_м) =$$
$$= 0{,}1\,(0 \div 20 \lg 105 - 60) = 0{,}1\,(20 \cdot 2{,}0212 - 60) = -2{,}0.$$

При наличии осадков в ближней зоне при сухом радиопрозрачном колпаке (табл. 3.1)

$$\lg Z = \lg Z_{расч} + \Delta \lg Z_{осл} = -2{,}0 + 0{,}35 = -1{,}6.$$

2. $10 \lg (P_{пр}/P_{ш}) = 0$, $r = 105$ км, $П_м = 50$ дБ:

$$\lg Z = 0,1\ (0 + 20 \lg 105 - 50) = -1,0.$$

При условиях, аналогичных условиям примера 1: $\lg Z = -1,0 + 0,35 = -0,6$.

Таблица 3.1

Значения $10 \Delta \lg Z_{осл}$ (дБ) при различных условиях распространения радиоволн

Расстояние, км	Условия		
	Газы + облачность + сухой колпак	Газы + облачность + осадки (в ближней зоне) + сухой колпак	Газы + облачность + осадки (в ближней зоне) + мокрый колпак
45	1,0	2,5	7,5
75	1,5	3,0	8,0
105	2,0	3,5	8,5
135	2,5	4,0	9,0
165	3,2	4,7	9,7
195	3,5	5,0	10,0
225	3,8	5,3	10,3
255	4,0	5,5	10,5
285	4,5	6,0	11,0

В табл. 7—12 приложения приведены примеры расчета величины $\lg Z$ в зависимости от $P_{пр}/P_{ш}$ и расстояния от центра ячейки для МРЛ с $10 \lg П_м = 60$ дБ при различных условиях распространения радиоволн.

Таким образом, в связи с большим ослаблением радиоволн, для расчета отражаемости на 3-сантиметровом канале МРЛ-5 должны применяться таблицы, в которых учтена зависимость не только от $П_м$, но и от условий наблюдений в месте установки МРЛ-5 и ближней зоне.

Величину ослабления для $\lambda = 10$ см можно не учитывать. Поэтому при работе на II канале МРЛ-5 возможно применение устройства коррекции на квадрат расстояния. При использовании коррекции расчет $\lg Z$ поизводится по формуле (1.49) в масштабе 100 км для $r = 100$ км.

Пример. $10 \lg (P_{пр}/P_{ш}) = 0$, $10 \lg П_м = 50$ дБ, $\lg Z = 0,1 (0 + 20 \lg 100 - 50) = -1,0$.

Значения $\lg Z$ в зависимости от $P_{пр}/P_{ш}$ (дБ) для МРЛ с $10 \lg П_м = 50$ дБ приведены в табл. 3.2 (масштаб 100 км).

Примечание. При использовании устройства коррекции необходимо помнить, что на масштабе 100 км коррекция действует на расстояниях от 10

Таблица 3.2

Таблица для расчета отражаемости $\lg Z$ в зависимости от $P_{пр}/P_{ш}$ (дБ) (через 6 дБ, М : 100 км) для $П_м = 50$ дБ

$P_{пр}/P_{ш}$	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
$\lg Z$	−1,0	−0,4	0,2	0,8	1,4	2,0	2,6	3,2	3,8	4,4	5,0	5,6	6,2

до 100 км, на масштабе 300 км расчет $\lg Z$ производится для $r = 300$ км.

Пример. $10 \lg (P_{пр}/P_{ш}) = 0$, $10 \lg П_{м} = 50$ дБ, $\lg Z = 0{,}1 (0 + 20 \lg 300 - 50) = 0$.

Значения $\lg Z$ в зависимости от $P_{пр}/P_{ш}$ (дБ) для МРЛ с $10 \lg П_{м} = 50$ дБ приведены в табл. 3.3 (масштаб 300 км).

Таблица 3.3

Таблица для расчета отражаемости $\lg Z$ в зависимости от $P_{пр}/P_{ш}$ (дБ) (через 6 дБ, М : 300 км) для $П_{м} = 50$ дБ

$P_{пр}/P_{ш}$	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
$g\,Z$	0,0	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0	6,6	7,2

Примечание. При использовании устройства коррекции необходимо помнить, что на масштабе 300 км коррекция действует на расстояниях от 30 до 300 км.

3.5. Наблюдения и картины вертикальных разрезов радиоэха облаков в ближней зоне

Получение картин вертикальных разрезов радиоэха облаков в заданном или выбранном азимуте производится в масштабе 20/40 км для МРЛ-1, МРЛ-2 или в масштабе 25/50 км для МРЛ-5. При этом:

на ИКО выбираются азимуты разрезов и устанавливаются на ИДВ масштаб развертки М : 20/40 км на МРЛ-1, 2 и М : 25/50 км на МРЛ-5;

устанавливается один из выбранных азимутов;

включается режим «сканирование» антенны, который обеспечивает автоматическое качание антенны по углу возвышения ε в пределах от —1 до 105° для МРЛ-1, 2 и от —1 до 95° для МРЛ-5.

Интересующая нас картина вертикального разреза радиоэха наблюдается непосредственно на ИДВ.

Выбор азимутов может определяться:

направлением воздушных коридоров;

особенностями горизонтального распределения максимальной отражаемости;

особенностями горизонтального распределения радиоэха по четырем основным квадрантам.

При наличии РКО выбор направлений по воздушным коридорам и максимальным значениям $\lg Z$ обязателен в ежечасные и дополнительные (штормовые) сроки. При отсутствии РКО в основные сроки предпочтительно выбирать азимут в направлении наибольшей протяженности радиоэха по радиусу.

Для выбора азимутов по особенностям горизонтального распределения максимальной отражаемости в ближней зоне необходимо:

установить на ИКО масштаб М : 300 км;

включить режим «вращение» антенны;

установить угол возвышения антенны ε, при котором в ближней зоне на ИКО наблюдается радиоэхо;

включить систему изоэха таким образом, чтобы на экране ИКО остались сигналы только с $\lg Z \geqslant 1{,}2$, а зимой $\lg Z \geqslant 0{,}7$;

выбрать азимуты с максимальными значениями $\lg Z$ и на шаблоне ИКО отметить точками их положение. При съеме данных преимущество очередности должны получить те азимуты, в которых находится приближающееся радиоэхо.

При выборе азимутов по горизонтальному распределению радиоэха на ИКО необходимо:

установить масштаб 300 км (если оператор выбрал масштаб 100 км, при измерениях $\lg Z$ он должен помнить, что $П_м$ и $П'_м$ автоматически уменьшаются на 3 дБ при включении режима 1 мкс);

установить линейный режим работы приемника для МРЛ-1;

включить режим «вращение» антенны;

установить угол возвышения антенны $\varepsilon_{опт}$, при котором в ближней зоне на ИКО наблюдаются наибольшие площади радиоэха;

по картине радиоэха на ИКО в ближней зоне в каждом квадранте выбирается один азимут, в направлении которого радиоэхо имеет наибольшую протяженность по радиусу. Азимуты выявляются на ИКО с точностью до 1°.

Съем вертикальных разрезов радиоэха производится срисовыванием его конфигурации с экрана ИДВ на бланк формы № 1 или формы № 2; при этом необходимо придерживаться следующего порядка:

если в ближней зоне отмечено однородное поле радиоэха во всех квадрантах, то верхний азимут (первый на бланке формы № 1) должен относиться к северо-восточному квадранту, второй — к юго-восточному, третий — к юго-западному, четвертый — к северо-западному;

если в каких-либо квадрантах радиоэхо отсутствует, заполнение азимутов на бланках фомы № 1 не производится, делается запись «радиоэха нет»; в тех случаях, когда в одном квадранте делается больше одного разреза, заполнение бланка формы № 1 должно производиться по часовой стрелке, начиная с севера.

Возможен и способ факсимильного изображения контура радиоэха на шаблоне. Перенос изображения с ИДВ на шаблон осуществляется в масштабах 20/40 на МРЛ-1, 2 или 25/50 на МРЛ-5 путем наложения на экран ИДВ шаблона и оконтуривания на шаблоне наблюдаемой на ИДВ картины радиоэха. Изображение с шаблона срисовывается на бланк формы № 1. Все рисунки на бланке формы № 1 необходимо делать чернилами или шариковой ручкой.

3.6. Особенности измерения границ облаков в ближней зоне

Измерение границ облаков может быть произведено только за пределами так называемой «мертвой» зоны МРЛ, протяженность

которой изменяется от 1 до 4 км (а в некоторых случаях до 8 км) в зависимости от места установки станции и рельефа местности. В пределах «мертвой» зоны невозможно разделить сигналы, отраженные от облаков и местных предметов, которые могут создаваться не только основным, но и боковыми лепестками диаграммы направленности антенны. Измерение границ облаков может быть произведено как при сканирующей антенне непосредственно по меткам дальности на экране ИДВ, так и при неподвижной антенне, поднятой на угол ε, если известна наклонная дальность до точки измерения (наклонное зондирование). Измерение верхней границы радиоэха всех форм облаков, а также нижней границы радиоэха облаков верхнего и среднего ярусов и кучевообразных облаков без осадков необходимо производить непосредственно по конфигурации радиоэха на ИДВ, наблюдаемой при вертикальном сканировании антенны.

Для измерения верхней границы радиоэха следует выбирать наиболее высокие области радиоэха и определять их высоту. Высота РКО, если его верхняя граница замаскирована облаками верхнего или среднего яруса, определяется на удалении, где отмечается зона максимальной отражаемости — «ядро» РКО. Выбор масштаба определяется расстоянием и высотой наиболее высоких областей радиоэха. Выбранный масштаб записывается на бланке форм № 1 и № 2.

На многих МРЛ есть масштаб 40/80 км (50/100 км). Необходимо подчеркнуть, что, несмотря на удовлетворительность получаемой качественной картины радиоэха в этом масштабе, погрешности снятия высот радиоэха здесь значительные и достигают ± 1 км. По этой причине срисовывать картину радиоэха в этом масштабе на бланк и измерять высоту не рекомендуется.

В случае когда нижняя граница принципиально определима (радиоэхо на ИДВ не доходит до поверхности Земли и не сливается с радиоэхом местных предметов), большую точность определения границ, чем на ИДВ, обеспечивает способ наклонного зондирования облака (по углу возвышения и расстоянию до переднего фронта отраженного сигнала на осциллографе или амплитудном индикаторе). Этот способ можно рекомендовать как резервный при выходе из строя ИДВ.

При наклонном зондировании:

на картине ИКО выбирается место измерения;

вручную устанавливается угол возвышения антенны ε, при котором на индикаторе «А» наблюдаются отраженные сигналы от нижней границы радиоэха;

по индикатору «А» с помощью меток дальности определяется с возможно большей точностью наклонное удаление r от переднего края радиоэха (ближнего к началу развертки);

по формуле (3.1) рассчитывается величина нижней (или верхней) границы облака в выбранном месте.

Съем контура границ радиоэха облаков и нанесение положения экстремальных высот в точках, где производится их отсчет,

осуществляется копированием изображения с ИДВ на бланк формы № 1 или нанесением на шаблон. При этом:

местоположение точек, в которых измеряются границы радиоэха, отмечаются крестиками;

высоты верхней и нижней границ радиоэха отсчитываются в километрах (с точностью до десятых долей).

При наличии радиоэха слоисто-дождевой облачности его верхняя граница часто резко убывает с расстоянием. В этом случае верхняя граница измеряется по ближайшим к левому краю экрана самым высоким точкам за пределами «мертвой» зоны и распространяется на всю зону радиоэха, наблюдаемую в данном азимуте.

3.7. Получение данных о распределении отражаемости в вертикальной плоскости

Получение данных о распределении отражаемости радиоэха в вертикальной плоскости обеспечивается измерением величин $P_{пр}/P_0$ или $\lg Z$ на заданных стандартных уровнях. На МРЛ измеряются величины мощности отраженных сигналов $P_{пр}/P_0$ с последующим пересчетом их в значения $\lg Z$ с помощью вспомогательных таблиц (см. приложение 2, табл. 4—6 и 7—12). (Чтобы пользоваться таблицами, соответствующими одной и той же постоянной МРЛ ($П_м$), необходимо, чтобы тумблер «1—2» мкс постоянно находился в положении 2 мкс.)

При измерениях на ИДВ с помощью системы изоэха интенсивность (мощность) отраженного сигнала отмечается по появлению радиоэха на определенной высоте. Поэтому с помощью изоэха добиваются полного пропадания отраженных сигналов на высоте измерения при непрерывном сканировании антенны. Затем ручкой или клавишей «Уровень изоэха» устанавливают такую ступень изоэха, при которой появляется первый отраженный на этой высоте от облаков сигнал. При наличии на ИДВ РКО в РКСО для цели распознавания характера явлений, которое может быть с ним связано, $\lg Z$ измеряется на уровнях H_3, H_2 и H_1. Величины $\lg Z$ записываются на бланке формы № 1, на котором зарисовывается также положение «ядра» РКО. Под ядром РКО понимается зона радиоэха, на внешней границе которой сигнал на 12 дБ ($\lg Z$ на 1,2) меньше максимального. Летом очерчивать ядро рекомендуется со значений $\lg Z_{макс} > 3$, а зимой — с $\lg Z_{макс} > 1{,}3$. Величина $\lg Z$, измеренная на высоте 1 км, будет характеризовать мгновенную интенсивность осадков, если радиоэхо достигает поверхности Земли.

При наблюдении РСО слоисто-дождевой облачности и наличии четкой яркой полосы на высоте нулевой изотермы для оценки интенсивности обложного дождя измеряется $\lg Z$ на высоте H_1, фиксируется верхняя граница «яркой линии», которая принимается за уровень нулевой изотермы. (Отражаемость в слоисто-

образных облаках без осадков (т. е. радиоэхо не достигает поверхности Земли) не измеряется.)

С помощью таблиц (см. приложение 2, табл. 4—12) величины отраженных сигналов переводятся в логарифмы отражаемости ($\lg Z$) и записываются на бланк-карте или на шаблоне.

3.8. Способы получения первичных данных при штормоповещении (в дополнительные сроки)

3.8.1. Общие положения

В режиме штормоповещения возможны несколько способов съема информации. Способы отличаются один от другого различной дискретизацией измерений во времени и пространстве в зонах радиоэха и применением различного числа шаблонов. Независимо от выбранного оператором способа время на получение, обработку и передачу радиолокационной штормовой информации в радиусе 180 км не должно превышать 20—30 мин.

3.8.2. Первый (основной) способ

При наличии штормовой ситуации в радиусе 180 км проводятся наблюдения в режиме штормоповещения по излагаемому ниже способу.

Последовательность выполнения операций:

снятие контура зоны (зон), занятой радиоэхом в горизонтальной плоскости (в радиусе 300 км),— для этого на шаблон без орнамента наносится общий контур радиоэха, наблюдаемого при $\varepsilon=0\ldots 1°$ (особенно тщательно должны проводиться контуры, наиболее близкие к центру экрана ИКО), а также находится центр тяжести зон РКО, поскольку по ним будет определяться перемещение радиоэха;

выявление в радиусе 180 км очагов РКО и измерения высот радиоэха; если отмечается РКСО, то очаги РКО выделяются и оконтуриваются по изложенной ниже методике.

На уровнях, расположенных выше $H_{0\,°C}$, после наложения на ИКО шаблона H_3 необходимо ввести несколько ступеней изоэха до тех пор, пока картина радиоэха на ИКО не будет представлять собой отдельные очаги или небольшие полосы. При этом выбор последней ступени изоэха считается правильным, если площадь радиоэха кучевообразных облаков не будет практически уменьшаться при дальнейшем введении изоэха. Центры этих очагов или полос отмечаются или оконтуриваются. Часто при выделении РКО на уровне H_2 характер радиоэха слоисто-дождевых облаков подобен характеру радиоэха кучево-дождевых облаков, поскольку от области нулевой изотермы тоже можно получить радиоэхо в виде отдельных очагов. Поэтому перед началом наблюдений надо знать диапазон расстояний, на котором при вы-

бранном угле возвышения диаграмма направленности пересекает район нулевой изотермы. В табл. 13 приложения 2 приведены диапазоны высот, при которых диаграмма направленности МРЛ пересекает уровень нулевой изотермы для различных ε и высот нулевой изотермы. Могут иметь очаговую структуру при введении нескольких ступеней изоэха и радиоэха As, Ac, их можно принять за радиоэхо Cb. Окончательное суждение о наличии РКО необходимо сделать после анализа распределения высот и отражаемостей на ИКО, картин радиоэха на ИДВ и расчета критерия грозоопасности.

Необходимо обратить внимание операторов на то, что ряд типов радиоэха дальше определенных расстояний не могут обнаруживаться вообще.

В случае если съем ε_i в конкретных ячейках пространства вызывает затруднения, съем ε_i можно проводить как и в основные сроки, во всех без исключения квадратах, занятых радиоэхом в радиусе 180 км:

измерение $\lg Z_3$ в очагах РКО, выделенных и отмеченных, для чего на ИКО накладывается шаблон H_3 и измеряется отражаемость до значения $\lg Z_3 = 1{,}2$, а в тех районах, где минимальное значение $\lg Z_3$ в грозах равно 2,— до $\lg Z_3 = 1{,}8$;

измерение $\lg Z_2$ в очагах РКО, выделенных и отмеченных, начиная с максимальных до значений $\lg Z_2 = 1{,}8$;

измерение $\lg Z_1 \geqslant 2{,}8$ в радиусе 90 км;

выбор на ИКО штормоопасных азимутов для вертикальных разрезов.

На ИДВ порядок наблюдений такой же, как и в основные сроки. В качестве азимутов, в которых необходимо получить штормовую информацию, в первую очередь должны выбираться зоны воздушных коридоров и азимуты с наибольшими значениями $\lg Z$ в приближающемся радиоэхо. Вся информация с ближней зоны наносится на бланки № 1 и № 2. В случае отсутствия РКО в ближней зоне во все сроки, кроме основных (для МРЛ АМСГ), информация в ней в режиме шторм может не сниматься, о чем на бланке формы № 1 делается соответствующая пометка «радиоэха Q нет». Но если синоптику АМСГ нужна информация в ближней зоне и в этом случае, оператор МРЛ обязан ее снять. В штормовых условиях, чтобы своевременно обнаружить над аэропортом быстро развивающиеся кучево-дождевые облака внутримассового происхождения, необходимо при непрерывно вращающейся антенне просмотреть на ИКО в М : 100 км (длительность импульса 2 мкс) всю полусферу от 0 до 80° с шагом $\Delta\varepsilon = 5°$.

После съема данных в ближней зоне для определения перемещения зон РКО еще раз обводятся их контуры под $\varepsilon_{опт}$. Если наблюдения проводятся ежечасно, скорость и направление иногда можно определить по смещению контуров радиоэха на бланках формы № 1 за два последовательных срока, и тогда эту операцию можно не производить.

3.8.3. Второй способ

Этот способ используется, когда наблюдаются РКО и высоты их превосходят высоту уровня H_3. Тогда съем данных $\lg Z$ в дальней зоне для расчета критериев грозоопасности может производиться только на уровне H_3. Последовательность операций:

на ИКО накладывается шаблон H_3 и стеклографом оконтуривается зона радиоэха в М : 300 км под оптимальным углом возвышения антенны;

на уровне H_3 в радиусе 180 км выделяются и отмечаются в центре квадрата 30×30 км очаги РКО, начиная с самых больших значений до $\lg Z_3 = 1{,}2$, а в районах, где минимальные значения $\lg Z_3$ в грозах равны 2, до $\lg Z_3 = 1{,}8$. В последующем информация в режиме «шторм» снимается только в выделенных квадратах;

в отмеченных квадратах РКО, где $\lg Z_3$ больше или равен 1,2 (1,8), измеряются углы возвышения ε, при которых РКО появляется в квадратах и записывается в левом углу квадрата на шаблоне H_3;

в отмеченных квадратах к моменту появления в них отраженного сигнала с помощью системы изоэха измеряется величина $P_{пр}/P_o$ или $\lg Z$ и записывается в правом верхнем углу квадрата. Для повышения достоверности информации съем отражаемости РКО в выделенных квадратах должен производиться в той же последовательности, что и съем ε_i;

на шаблоне H_3 под углами возвышения от 0 до 1° в радиусе 90 км измеряются величины $\lg Z_1 \geqslant 2{,}8$, которые заносятся в правый нижний угол квадрата 30×30 км;

съем данных на ИДВ осуществляется так же, как и в п. 3.8.2;

в конце наблюдений для определения скорости и направления смещения еще раз снимается контур радиоэха под $\varepsilon_{опт}$. С шаблонов данные с помощью светового столика переносятся на бланк-карту формы № 1.

3.8.4. Третий способ

Не изменяя порядка наблюдений, изложенного в п. 3.8.2, можно всю информацию с ИКО в ежечасные и дополнительные сроки наносить на один шаблон с координатной сеткой без орнамента (спецшаблон).

При подготовке к проведению наблюдений этим способом необходимо:

1) нанести на шаблон без орнамента окружности дальности, кратные 30 км, т. е. первая окружность должна соответствовать дальности 30 км, вторая — 60 км, тетья — 90 км и т. д.;

2) подготовить вспомогательные таблицы углов возвышения антенны, при которых в данной зоне (между соседними окружностями) «просматривается» определенная высота (табл. 3.4);

3) на шаблоны с нанесенными окружностями по горизонтальной и вертикальной оси записывать расстояния 45, 75, 105 км и т. д.

Размеченный таким образом шаблон накладывается на экран ИКО и затем последовательно измеряются:

Таблица 3.4

Значения углов возвышения антенны (в градусах) в зависимости от расстояния до середины зоны и высоты уровня

Уровень	Высота уровня, км	Расстояние до середины зоны, км								
		45	75	105	135	165	195	225	255	285
H_3	3—3,5	3,5—4	2	1,2	1,0	0,5	0,2			
H_2 (H_0 °C)	1	1,1	0,5	0,2						
H_3	4—4,5	5	2,7	1,8	1,3	1	0,5	0,2		
H_2 (H_0 °C)	2	2,3	1,2	0,8	0,4					
H_3	5—5,5	6	3,5	2,6	1,8	1,3	1	0,6	0,4	0,1
H_2 (H_0 °C)	3	3,5—4	2	1,2	1,0	0,5	0,2			
H_3	6—6,5	7	4	3,1	2,2	1,7	1,2	0,9	0,6	0,3
H_2 (H_0 °C)	4	5	2,7	1,8	1,3	1,0	0,5	0,2		

$\lg Z_3$, для чего устанавливается такой угол возвышения ε, при котором на середине рассматриваемой зоны наблюдается H_3;

$\lg Z_2$, для чего устанавливается такой ε, при котором на середине этой же зоны наблюдается H_2;

$\lg Z_1$, для чего устанавливается такой ε, при котором на середине этой же зоны наблюдается H_1;

Пример. Чтобы измерить $\lg Z_3$ на высоте 5 км в зоне 30—60 км (середина — 45 км), необходимо установить $\varepsilon = 6°$. При этом значение $\lg Z_3$ записывается в правом верхнем углу соответствующего квадрата 30×30 км. Чтобы в этих квадратах измерить $\lg Z_2$ на высоте 3 км, необходимо установить угол 3,5—4°. При установке угла $\varepsilon = 0{,}2—1°$ измеряется $\lg Z_1$. Затем переходят к измерению $\lg Z_3$, $\lg Z_2$ и $\lg Z_1$ в зоне от 60 до 90 км (середина — 75 км). Измерение углов возвышения ε и соответственно высот можно производить как обычно.

3.8.5. Четвертый способ

Этот способ применяется только с согласия синоптиков АМСГ и БП, поскольку с его помощью можно получить данные о самых интенсивных явлениях в ячейках пространства 60×60.

При этом данные о самом интенсивном явлении в таком квадрате распространяются на весь квадрат. Этот способ применим также для получения данных об отдельных ячейках РКО.

Порядок наблюдений следующий:

при вращающейся антенне на ИКО выставляется масштаб 300 км и на него накладывается шаблон H_3;

под оптимальным углом возвышения антенны ($\varepsilon_{опт}$) на шаблоне оконтуривается радиоэхо в радиусе 300 км и затем выделяется РКО в радиусе 180 км. Если отмечается РКСО, то выделение РКО производится в соответствии с п. 3.3. Если скорость и направление перемещения РКО будут определяться по смещению их центров тяжести, то одновременно определяется и фиксируется точкой на шаблоне положение центров тяжести РКО;

антенна переключается из положения «сканирование» в положение «доворот»;

в каждом РКО, начиная с ближних к центру экрана ИКО, фиксируется на любой высоте, превышающей H_2, положение «ядра» максимальной отражаемости;

величина $\lg Z_{макс}$ записывается на шаблон; рядом с ним записывается ε, под которым $\lg Z_{макс}$ наблюдалось, и расстояние до него r_i;

прямо над ядром отражаемости при отключенной системе изоэха измеряется угол ε_i, при котором появляется радиоэхо, угол записывается рядом с предыдущими значениями; таким образом, на шаблоне рядом с РКО будут записаны четыре цифры: $(P_{пр}/P_0)_{макс}$, $\varepsilon \lg Z_{макс}$, r_i, ε_i для МРЛ-1 и $\lg Z_{макс}$, $\varepsilon \lg Z_{макс}$, ε_i, для МРЛ-2 и МРЛ-5; по величинам r_i и ε_i рассчитывается значение H_i;

затем переходят к наблюдениям в другом РКО; после измерений во всех РКО, расположенных в радиусе 180 км, проводят наблюдения в ближней зоне, как это описано в п. 3.8.2;

после наблюдений в ближней зоне еще раз снимают на любой шаблон контуры радиоэха под $\varepsilon_{опт}$ в радиусе 300 км и на него же наносят РКО до $\lg Z_1=2{,}8$ в радиусе 90 км. Данные с шаблонов на световом столике переносятся на бланк формы № 1. С помощью вспомогательных таблиц рассчитываются значения H_i и величина критерия Y.

Полученные таким образом данные характеризуют всю область РКО, несмотря на то, что ее размеры могут значительно превосходить размеры квадрата 30×30 км. Диаметр зон РКО при использовании четвертого способа не должен превышать 60 км. Если зона РКО превышает 60 км, то надо, мысленно или используя координатную сетку, разбить ее на области диаметром 60 км и провести измерения таким образом, чтобы наиболее опасное явление было обнаружено в каждой из таких областей РКО. Опытный оператор может одновременно наблюдать за 3—4 очагами РКО. На расстоянии до 100 км для очагов РКО, расположенных выше уровня H_3, максимальное значение $\lg Z_{макс}$ может иногда отмечаться или выше слоя H_3, или между слоями H_2 и H_3. Смещение вниз зоны максимальной отражаемости $\lg Z_{макс}$ (ядра РКО) свидетельствует о начале выпадения осадков из облака. Наблюдения за смещением по высоте ядра РКО и измерение других характеристик позволяют оператору по рекомендациям, изложенным в п. 2.13, правильно определить тенденцию изменения радиолокационных характеристик очага РКО и дать правиль-

ный диагноз его состояния, а также определить скорость и направление.

На расстояниях до 40 км после получения контура на ИКО и выделения зон $\lg Z_{макс}$ (ядра) через середину этой зоны проводятся вертикальные разрезы на ИДВ. В этом случае смещение ядра по высоте будет хорошо заметно. Чтобы не потерять зону $\lg Z_{макс}$ на ИДВ, надо периодически в режиме «доворот» уточнять положение этой зоны на ИКО. Картина ИДВ зарисовывается как обычно.

3.8.6. Пятый способ

Излагаемый ниже способ используется при наблюдении отдельных очагов РКО в радиусе 100 км между ежечасными сроками на МРЛ АМСГ. Цель наблюдений — более точно определить время начала явления и тенденцию изменения радиолокационных характеристик отдельных Cb. Для этого при вращении антенны под оптимальным углом возвышения выбираются очаги или зоны в приближающемся к МРЛ РКО в радиусе, не превышающем 100 км от МРЛ. Для уменьшения ошибок при выборе очага используются результаты ежечасных наблюдений. Если очаги РКО расположены на расстоянии от 40 до 100 км, то при наблюдениях используется ИКО, если до 40 км, то ИКО и ИДВ вместе.

На расстояниях от 40 до 100 км выбираются при $\varepsilon_{опт}$ очаги РКО и оконтуриваются на любом шаблоне, после чего определяются их центры тяжести. Находится зона $(P_{пр}/P_{о})_{макс}$ и $\lg Z_{макс}$, над ней определяется максимальная высота радиоэха. Данные измерений записываются на шаблон. Расчет $H_{макс}$ ведется с помощью табл. 1 приложения 2. Затем измеряется значение $P_{пр}/P_{о}$ или $\lg Z$ в слое, расположенном выше предыдущего на 2—2,5 км, и рассчитывается радиолокационный критерий Y. Затем проводятся таким же образом измерения в другом очаге РКО.

3.8.7. Сравнительный анализ способов

Штат МРЛ должен выбрать оптимальный способ получения информации в режиме штормоповещения исходя из местных особенностей и требований потребителей. Основным критерием для этого должна быть высокая достоверность информации, полученной в кратчайшие сроки.

Достоинства вариантов 3.8.2 и 3.8.4 заключаются в следующем:

1) способ съема данных универсален;

2) радиус 180 км охватывает не только непосредственно зону аэропорта, но и подходы к нему;

3) съем отражаемости на трех уровнях дает возможность не пропускать опасные явления ниже уровня H_3; как показал опыт многолетней работы, грозы на высотах, едва превышающих уро-

вень нулевой изотермы, могут составлять 5—10 % всех гроз, зафиксированных МРЛ (в основном из-за ослабления радиоволн осадками ближней зоны).

Недостатком метода является большое число операций: съем информации занимает 15—20 мин. С учетом обработки и передачи информации потребителю такая работа не может проводиться чаще чем 1 раз в час.

Вариант 3.8.3 используется, когда наблюдается РКО с высотами, превышающими H_3. Тогда съем данных об отражаемости на удалениях свыше 30 км может проводиться только на уровне H_3. Этим способом удобно пользоваться для съема информации между ежечасными штормовыми сроками, когда наблюдатель работает уже с отдельными опасными конвективными очагами, заранее зная преобладающие высоты РКО в зоне обзора. Наблюдения ведутся в радиусе 100 км и только за интересующими наблюдателей очагами. Этим методом пользуются на многих МРЛ. К недостаткам варианта 3.8.3 относится возможность пропуска РКО с высотами $H < H_3$.

Характерной особенностью варианта 3.8.5 является съем на уровнях H_3 и H_2 максимального значения отражаемости в «ядре» РКО и запись на шаблоне ε_i, $\lg Z$, $\lg Z_{макс}$ и удаления r_i. Число операций уменьшается, и на наблюдение затрачивается меньше времени. По значениям $H_{макс}$ и $\lg Z$ можно судить о степени опасности явления. Положительным является также и тот факт, что информация об H и $\lg Z$ получается практически одновременно. Однако при съеме информации по данному варианту ухудшается пространственное разрешение опасного явления (данные о наиболее опасном явлении распространяются на ячейку 60×60 км).

Вариант 3.8.6 съема информации в режиме «шторм» используется между ежечасными сроками наблюдения отдельных очагов РКО в радиусе 100 км. Цель наблюдений — более точно определить время начала явлений и тенденцию изменения радиолокационных характеристик отдельных Cb в районе аэропорта. Для этого при вращении антенны под оптимальным углом возвышения $\varepsilon_{опт}$ выбираются очаги или зоны в приближающемся к МРЛ РКО в радиусе, не превышающем 100 км. Для уменьшения ошибок при выборе очага используются результаты ежечасных наблюдений. Достоинствами варианта 3.8.6 являются практически одновременное получение характеристик каждой зоны РКО и более точное определение характера наиболее опасного явления и тенденции развития отдельных Cb. Недостатком варианта является определение только наиболее опасного явления во всей зоне РКО (могут пропускаться менее опасные явления).

Варианты съема информации позволяют получать практически все сведения, интересующие потребителей.

В табл. 3.5 представлены результаты сравнения всех предлагаемых методик. В ней указывается время, необходимое для каждого варианта наблюдения, рабочий радиус, наиболее типичные ошибки в процессе работы оператора.

Таблица 3.5

Сравнительные особенности различных методик наблюдения на МРЛ

Элементы сравнения	Согласно Руководству			
	п. 3.8.2, 3.8.4	п. 3.8.3	п. 3.8.5	п. 3.8.6
Наблюдение зоны радиоэха	В радиусе 300 км			В радиусе 100 км
Определение явлений с указанием H км), $\lg Z$	По ячейкам 30 × 30 км		По ячейкам 60 × 60 км	Наиболее опасное явление в зоне радиоэха
Время, затрачиваемое на получение информации, мин	15—20	10—15	1—12	8—10
Радиус обзора, км	180	180	180	100
Время обновления информации, мин				
один оператор	60	60	30	60
два оператора	30	30	15	15
Форма представления информации				
бланк-карта	Оформляется		Может не оформляться	
телеграмма	Передается		Не передается	
факсимильная передача	Осуществляется		Не осуществляется	
устная консультация			Осуществляется	
Скорость и направление перемещения радиоэха явления	Определяется			
Изменение площади и отражаемости явлений и очагов	Определяется			

3.9. Сроки наблюдений

3.9.1. Общие положения

Штаты МРЛ сети обязаны проводить постоянные радиолокационные наблюдения на МРЛ, получать первичные данные, проводить их метеорологическую интерпретацию, кодировать и распространять различными способами результаты радиолокационных метеорологических наблюдений.

Объем наблюдений приводится ниже.

3.9.2. Работа МРЛ в режиме штормоповещения

Радиолокатор — одно из самых эффективных средств штормоповещения. Именно по этой причине главной обязанностью штата МРЛ является своевременное оповещение об опасных явлениях, связанных с облачностью. Для этого инженер и техник-оператор МРЛ перед вступлением на дежурство и в процессе дежурства должны лично взаимодействовать и консультироваться с синоптиком АМСГ или бюро погоды, определяя с ним районы и направления, за которыми должен быть установлен наиболее тщательный радиолокационный контроль.

На МРЛ, расположенном в аэропорту, для более наглядного представления на экран ИКО (а лучше на один из свободных шаблонов) необходимо нанести схему захода на посадку и воздушные коридоры. На МРЛ, обслуживающем город, для более наглядного представления на экран ИКО надо нанести контуры города и выделить те районы, которые нуждаются в оперативной информации о грозах и сильных ливнях (стройки, электростанции, речные порты, железнодорожные вокзалы, ГАИ и другие особо важные объекты и учреждения по списку местного Бюро погоды или АМСГ).

Без указания дежурного синоптика штат МРЛ обязан начать работу в режиме штормоповещения (немедленно поставив об этом в известность синоптика) в следующих ситуациях:

1) если в процессе выполнения программы наблюдений будет обнаружено в радиусе 180 км радиоэхо кучевообразных облаков с величиной отражаемости на уровне H_3 $\lg Z_3 \geqslant 1{,}2$, а в случае отсутствия отраженных сигналов на уровне H_3 РКО с отражаемостью $\lg Z_2 \geqslant 1{,}8$; в тех районах, где установлено, что $\lg Z_{3\,\text{мин}} = 2$, начало работы в режиме «шторм» начинается с $\lg Z_3 \geqslant 1{,}8$;

2) если скорость перемещения радиоэха превосходит 65 км/ч (18 м/с) (сведения об этом передаются в незакодированном виде);

3) если к зоне аэропорта перемещается один или несколько очагов РКО, пересечение траектории которых ожидается в районе аэропорта (сведения об этом передаются в незакодированном виде);

4) если отмечается интенсивность осадков в РКО, превышающая 25 мм/ч ($\lg Z_1 \geqslant 2{,}8$) в радиусе 90 км.

В режиме штормоповещения радиолокационная информация снимается ежечасно только в радиусе 180 км.

В переходный период штормоповещение должно начинаться с $\lg Z \geqslant 1{,}2$ на уровне $H = H_{0\,^\circ\mathrm{C}} + (2\ldots 2{,}5)$ для радиоэха кучевообразных облаков и радиоэха слоистообразных облаков с кучевообразными в зимний период с $\lg Z \geqslant 0{,}7$.

Карты радиолокационной информации при работе в режиме штормоповещения должны составляться ежечасно и вручаться синоптику АМСГ или бюро погоды не позднее чем через 10 мин после окончания наблюдений. Время на съем информации, ее интерпретацию и передачу данных не должно превышать 20—30 мин. Штат АМСГ должен организовать составление копий штормовых радиолокационных карт для вручения диспетчеру и синоптику РДС. Копии могут изготовляться вручную и с помощью специальной аппаратуры.

Если при очередном ежечасном сеансе наблюдений где-либо на экране ИКО в радиусе 180 км обнаруживаются кучево-дождевые облака, очаги гроз, ливней, града, которые до этого не наблюдались, то, не дожидаясь оформления очередной карты радиолокационных наблюдений, дежурный техник-оператор МРЛ обязан немедленно в устной форме (непосредственно или по телефону) известить дежурного синоптика. Радиолокационная штормовая информация обновляется, как правило, один раз в час. При этом МРЛ АМСГ наблюдения в синоптические сроки проводит по программе наблюдений, изложенной в п. 3.8.2 на МРЛ ЗГМО, — по полной программе.

Только на МРЛ АМСГ абсолютно обязательны наблюдения и между ежечасными сроками в радиусе 100 км за отдельными зонами приближающегося к аэропорту РКО. В этом случае рекомендуется вести практически непрерывное (с интервалом 5—10 мин) определение радиолокационных характеристик, их тенденции, скорости и направления перемещения отдельных РКО или зоны РКО.

Учащенный съем таких данных не освобождает оператора от обязательного получения ежечасных штормовых карт в радиусе 180 км. Радиолокационные данные, полученные при ежечасных наблюдениях в штормовых условиях, должны кодироваться с помощью групп «Шторм» кода RADOB.

В тех случаях, когда сеть наземных метеостанций редкая, по указанию начальника АМСГ или бюро погоды радиолокационная штормовая информация может сниматься в радиусе 300 км (особенно в районе воздушных коридоров) только для ячеек с характерной отражаемостью $\lg Z_3 \geqslant 1{,}2$; $\lg Z_2 \geqslant 1{,}8$ (при этом, естественно, увеличится время на обновление информации).

Примечание. Уменьшение потенциала радиолокатора (т. е. при эксплуатации в условиях, когда мощность и чувствительность МРЛ оказываются ниже паспортных) не освобождает штат МРЛ от работы в режиме штормопо-

вещения. Как показывают расчеты и опыт эксплуатации радиолокационных станций, уменьшение потенциала МРЛ на 20 дБ снизило бы число часов обнаружения облаков с осадками на уровнях H_1 и H_2 всего на несколько долей процента. В то же время площади радиоэха облаков и зон осадков уменьшились бы в 10 раз. Поэтому данные о высотах и площадях радиоэха при $П_м$, меньшем паспортного значения потенциала МРЛ, равного 47 дБ, будут сильно искажены, значения же отражаемости будут правильны, если перед наблюдениями провести дополнительную калибровку системы изоэха с учетом фактического значения $П_м$. Штормовую информацию при этом надо получать, ориентируясь главным образом на критериальные значения отражаемости. Дежурный синоптик и потребители информации, получающие информацию не по коду RADOB, должны быть обязательно предупреждены, что информация получена на МРЛ с пониженным потенциалом и, следовательно, достоверность ее по площадям и высотам радиоэхо ниже обычной.

3.9.3. Последовательность получения радиолокационной информации

Радиолокационная метеорологическая информация только тогда представляет настоящую ценность для синоптика, когда она получена на исправной и правильно работающей и откалиброванной аппаратуре. МРЛ считается готовым к наблюдениям и на нем можно получать полный объем данных только при условии, что $10 \lg П_м$ больше или равно 47 дБ. Если $10 \lg П_м$ меньше 47 дБ, то сведения о характере явлений, площадях и высотах облачности по данным МРЛ могут быть сильно искажены.

Процесс получения радиолокационной метеорологической информации состоит из ряда последовательных этапов:

подготовка МРЛ к наблюдениям;
получение первичных данных;
анализ и интерпретация первичных данных;
составление бланка представления;
кодирование и передача проанализированной информации.

3.10. Обязательный комплекс первичных радиолокационных данных при наблюдениях в разные сроки и периоды года. Представление данных на бланках

3.10.1 Обязательный комплекс первичных данных в основные сроки в теплый период в дальней зоне

Радиолокационные наблюдения за облаками и осадками в дальней зоне (дальность от 30 до 300 км) в основные сроки должны обеспечивать получение следующего комплекса необходимой для метеорологического анализа радиолокационной информации:

качественную картину горизонтального распределения радиоэха на ИКО в радиусе 300 км; М : 300 км;

положение краев радиоэха, ближних к центру ИКО, в два момента времени (в начале и конце наблюдений) при $\varepsilon = 0{,}2 \ldots 1°$ (для определения скорости и направления перемещения);

качественную картину горизонтального распределения радиоэха в радиусе 90 км, под углами возвышения антенны $\varepsilon = 0{,}2\ldots 1°$, на уровне H_1 (для определения зон осадков), М : 300 км при $\lg Z_1 > 0$;

значения максимальных высот радиоэха в дискретных ячейках пространства, занятого радиоэхом, размером 30×30 км, в М : 300 км;

максимальные значения отражаемости в $\lg Z$ в дискретных ячейках пространства, занятого радиоэхом, размером 30×30 км, на стандартных уровнях H_2 и H_3 в радиусе 300 км и H_1 в радиусе 90 км.

Примечание. Здесь и далее при ограничении минимального угла возвышения антенны, равного 1,5°, перемещение радиоэха определяется при $\varepsilon = 1{,}5°$, зона и интенсивность осадков определяются при $\varepsilon = 1{,}5°$ и до расстояний, где диаграмма направленности антенны МРЛ пересекается с уровнем нулевой изотермы в срок наблюдений.

3.10.2. Обязательный комплекс первичных данных в ближней зоне

Независимо от периода года радиолокационные наблюдения за облаками в ближней зоне должны обеспечивать получение следующего комплекса радиолокационной информации:

качественных картин вертикальных разрезов радиоэха на ИДВ в заданных синоптиком или выбранных оператором азимутах;

высот верхней и нижней границ радиоэха облаков;

максимальных значений отражаемости $\lg Z$ радиоэха и их положения (для РКО);

значений логарифма отражаемости $\lg Z$ радиоэха на уровнях H_1, H_2 и H_3 (для РКО);

положения ближних к центру экрана ИДВ краев радиоэха под углами возвышения антенны МРЛ $\varepsilon = 0{,}2\ldots 1°$ в два момента времени.

3.10.3. Обязательный комплекс первичной информации в ежечасные сроки в теплый период

В ежечасные сроки необходимо получать следующие данные:

поле высот радиоэха в радиусе 300 км;

типы радиоэха в радиусе 300 км;

изменение характерной отражаемости и площади радиоэха в радиусе 150—180 км;

скорость и направление перемещения;

формы облаков и высота их границ в ближней зоне.

3.10.4. Обязательный комплекс первичной информации в теплый период года в дополнительные сроки (в режиме штормоповещения)

Для анализа данных в режиме штормоповещения необходимы:

качественные картины вертикальных разрезов радиоэха на

ИДВ в штормоопасных азимутах, максимальные высоты радиоэха, отражаемость на двух уровнях до значений $\lg Z_{2,3} = (\lg Z_{2,3})_{\text{мин}\nwarrow}$, а также положение зоны с максимальной отражаемостью конвективных облаков в каждом азимуте и максимальное значение отражаемости в ней;

качественные картины горизонтального распределения радиоэха на ИКО при $\varepsilon_{\text{опт}}$ в радиусе 300 км;

данные о максимальных высотах и отражаемостях в РКО $\lg Z_{2,3} > (\lg Z_{2,3})_{\text{мин}\nwarrow}$ в радиусе 180 км по ячейкам 30×30 км;

скорость и направление перемещения радиоэха облачных систем и отдельных конвективных ячеек;

тенденция изменения радиолокационных характеристик облачного поля и эволюция отдельного конвективного очага или тенденции изменения радиолокационных данных группы очагов, за которыми ведется наблюдение.

3.10.5. Обязательный комплекс первичных данных в основные и ежечасные сроки в холодный период года

Комплекс информации включает в себя:

качественную картину горизонтального распределения радиоэха на ИКО в радиусе 300 км, в $M : 300$ км;

качественную картину горизонтального распределения радиоэха на ИКО в радиусе 90 км под углами возвышения антенны $\varepsilon = 0{,}2 \ldots 1°$ при $\lg Z_1 \geqslant -0{,}3$ на уровне H_1 или ниже (для определения зон, занятых осадками);

положение ближнего к центру края радиоэха в два момента времени при $\varepsilon = 0{,}2 \ldots 1°$ (для определения скорости и направления перемещения);

значения максимальных высот радиоэха в дискретных ячейках пространства, занятого радиоэхом, в $M : 300$ км;

значения отражаемости радиоэха в $\lg Z$ в дискретных ячейках пространства, занятого радиоэхом, размером 30×30 км в радиусе обнаружения радиоэха ($M : 300$ км) на уровне H_1;

в ближней зоне формы облаков, высоты границ облаков, вид и интенсивность осадков.

3.10.6. Особенности работы МРЛ в переходные и холодный периоды года

В переходный и холодный периоды года съем данных производится обычно на одном уровне (H_1) или под углами возвышения $\varepsilon = 0{,}2 \ldots 0{,}5°$. Однако при обнаружении РКО или подозрении на него наблюдения должны проводиться на двух уровнях ($H_1 = 1$ км, $H_2 = 2 \ldots 3$ км в холодный период и $H_2 = H_{0\,°C} + (2 \ldots 2{,}5)$ в переходный). Как и в теплый период года, близкие значения отражаемости на двух уровнях и в эти периоды облегчают локализацию и повышают вероятность распознавания опасных явлений. Синоптикам в переходные и холодный периоды года важна инфор-

мация о зонах кучево-дождевой облачности, поэтому зоны, занятые РКО, надо давать обязательно, используя качественные признаки, вид картин радиоэха и значения отражаемости.

Из-за уменьшения эффективного радиуса обнаружения МРЛ в такие периоды года наблюдения на МРЛ должны проводиться ежечасно. Это должно помочь правильно определять скорости и направления перемещения, а также тенденцию изменения радиолокационных характеристик облачных систем.

Решение о проведении наблюдений по методике переходных или холодного периодов принимается после получения данных о фактической температуре воздуха $t_{факт}$ и высоте нулевой изотермы $H_{0\,°C}$. Информацию о значениях $H_{0\,°C}$ и $t_{факт}$ на территории, обслуживаемой МРЛ, необходимо получать от синоптиков АМСГ или бюро погоды непосредственно перед началом радиолокационных наблюдений каждые три часа.

Данные о высотах радиоэха на расстояниях свыше 30—40 км в переходные (а также холодный) периоды года редко правильно характеризуют высоты облачности. Это объясняется небольшими значениями отражаемости в верхней части слоисто-дождевых, а иногда и кучево-дождевых облаков в такие периоды года. Из-за этого мощность сигналов, отраженных от верхних слоев облачности, часто лежит ниже чувствительности МРЛ, и в этом случае радиолокатор на расстояниях свыше 30 км «не видит» вершин облаков, а обнаруживает только их крупнокапельную зону, которая расположена обычно заметно ниже вершин облаков. В связи с этим на бланках представления целесообразно указывать высоты радиоэха слоистообразной облачности по данным в ближней зоны, а при отсутствии их записывать максимальное и преобладающие значения высот РСО в радиусе 180 км для каждого типа облачного поля в отдельности. Для кучевообразной облачности необходимо записывать значения высот в каждом квадрате 30×30 км.

Таким образом, особенности съема информации в переходные периоды сводятся к тому, что

измерения H и $\lg Z$ производят в М : 300 км;

при наличии нулевой изотермы отражаемость измеряется на двух уровнях: H_1, меньшем $H_{0\,°C}$, и на $H_3 = H_{0\,°C} + (2... 2{,}5$ км), в остальных случаях — только на уровне H_1;

при обнаружении ячеек с РКО, в которых $\lg Z_3 \geqslant 1{,}2$, наблюдения следует проводить не реже одного раза каждые полчаса (в режиме «шторм») и на двух уровнях.

Особенности съема информации в холодный период сводятся к следующему:

измерения H и $\lg Z$ производятся либо в М : 300 км, либо в М : 150 км, при радиусе обнаружения радиоэха, меньшем 150 км, — на усмотрение оператора;

отражаемость измеряется либо на шаблоне H_1, либо при фиксированном угле $\varepsilon = 0{,}2... 1°$ (либо при ограничении максимального угла возвышения антенны значением 1,5°) в радиусе обна-

Форма 2.2

БЛАНК-КАРТА МРЛ-2

Пункт ВОЕЙКОВО

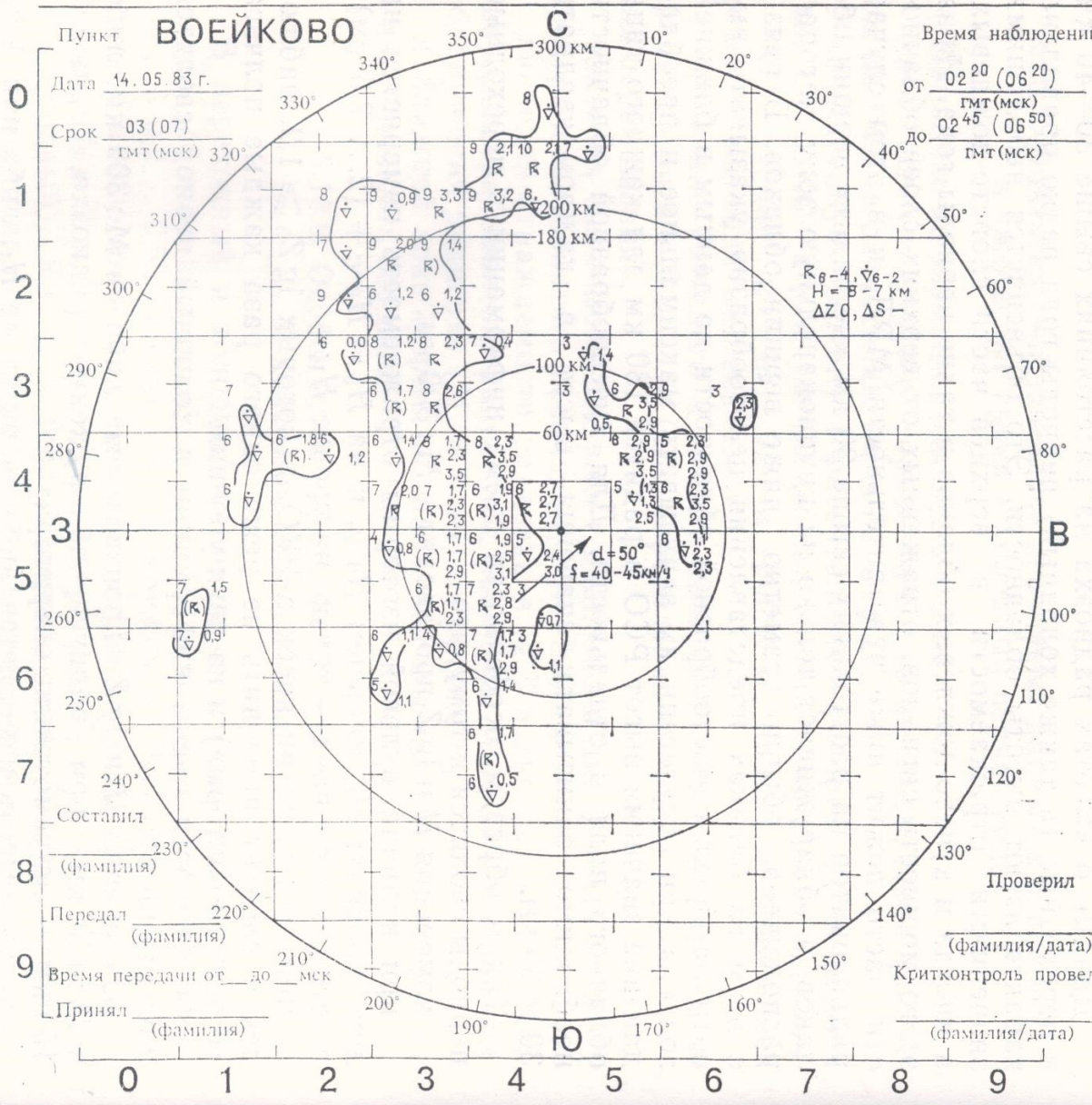
Дата 14.05.83 г.

Срок 03 (07) гмт (мск)

Время наблюдений

от 02^{20} (06^{20}) гмт (мск)

до 02^{45} (06^{50}) гмт (мск)



Составил _____ (фамилия)

Передал _____ (фамилия)

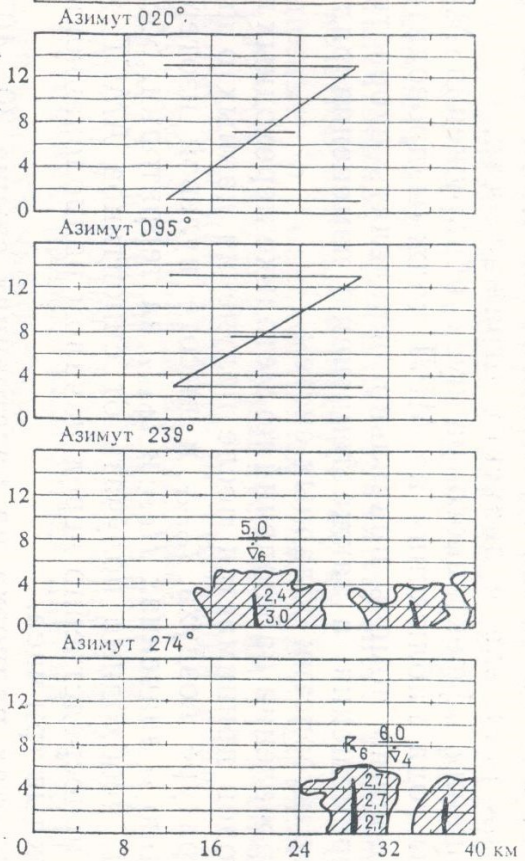
Время передачи от__ до__ мск

Принял _____ (фамилия)

Проверил _____ (фамилия/дата)

Критконтроль провел _____ (фамилия/дата)

Вертикальные разрезы до 40 км



Особые отметки

ружения радиоэха; при этом отражаемость, измеренная при фиксированном угле, считается измеренной на уровне H_1;

при обнаружении ячеек с РКО (или подозрением на него), в которых $\lg Z_1 \geqslant 0{,}7$, необходимо отражаемость в них измерять на двух уровнях (на $H_1 = 1$ км и на $H_2 = 2 \ldots 3$ км) и не реже одного раза каждые полчаса (в режиме «шторм»). В таких случаях наличие и увеличение (уменьшение) со временем $\lg Z_2$ повышает надежность определения самого РКО, а также предупреждает об усилении (ослаблении) кучевообразной облачности, и в частности грозоопасных Cb.

3.10.7. Примеры заполнения бланков в разные периоды года

Примеры заполнения бланков приведены на черт. 3.3—3.5. В качестве примера ниже приведены комментарии в черт. 3.3.

На бланк-карте МРЛ формы 2.2 показывается объем данных, получаемый в синоптический срок теплого периода при наблюдении РКО.

На ИКО бланк-карты МРЛ приводится следующая информация:

1) контуры радиоэха — горизонтальное распределение радиоэха;

2) распределение отражаемостей $\lg Z$ на уровнях H_3, H_2 и H_1 при следующих граничных условиях: а) $\lg Z_3 \geqslant -0{,}4$ в радиусе наблюдения радиоэха; б) $\lg Z_2 \geqslant -0{,}4$ (в радиусе > 90 км от МРЛ), где в квадратах, занятых радиоэхом, $\lg Z_3 < -0{,}4$ или $\lg Z_3$ отсутствует при $H < H_3$; в) $\lg Z_1 \geqslant -0{,}4$ в радиусе $\leqslant 90$ км;

3) распределение высот верхней границы радиоэха H в квадратах, занятых радиоэхом;

4) значения направления d и скорости f перемещения радиоэха;

5) «заголовок».

На ИДВ бланк-карты МРЛ приводится следующая информация:

6) вертикальный разрез радиоэха облаков и осадков в выбранных азимутах (направлениях от МРЛ), в каждом из которых фиксируются:

контуры радиоэха — вертикальное распределение радиоэха;

максимальные значения $\lg Z$, измеренные в наиболее опасном одном (или двух) РКО на уровнях $H_{3,\,2,\,1}$;

«столб» — «ядро» наиболее опасного РКО или нескольких РКО;

максимальная высота верхней (и минимальная высота нижней) границы радиоэха с точностью 0,5 км;

наиболее опасное явление с указанием его интенсивности в цифрах кода — 86 в данном азимуте, а именно:

Черт. 3.3. Пример оформления бланка МРЛ.

Данные МРЛ-2 о метеообъектах, полученные за синоптический срок 03 (07) ч 14 мая 1983 г. в теплый период года.

Форма 2.2

БЛАНК-КАРТА МРЛ-2

Пункт ВОЕЙКОВО

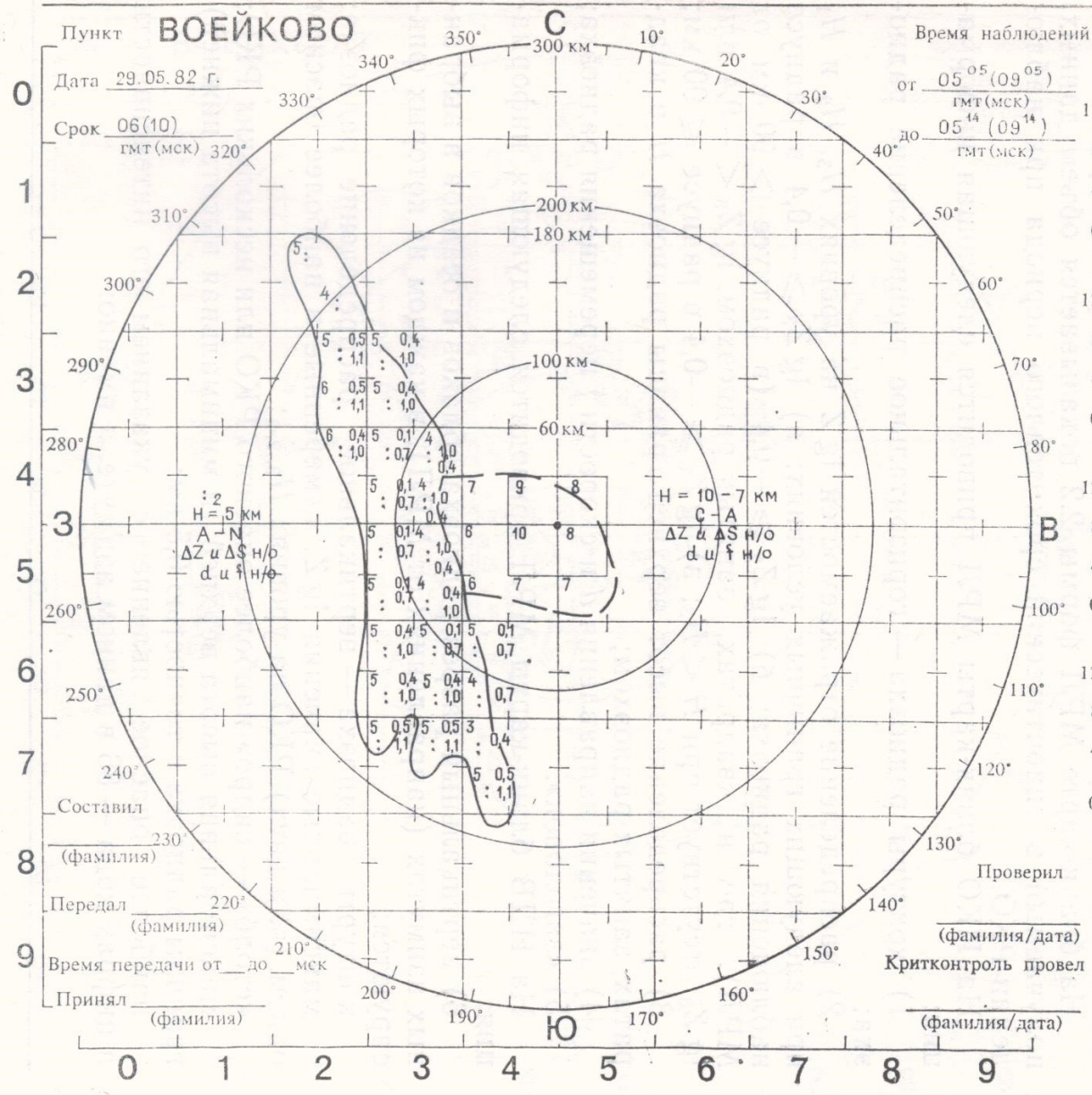
Дата 29.05.82 г.

Срок 06(10) гмт(мск)

Время наблюдений

от 05^{05} (09^{05}) гмт(мск)

до 05^{14} (09^{14}) гмт(мск)



Составил

(фамилия)

Передал (фамилия)

Время передачи от ___ до ___ мск

Принял (фамилия)

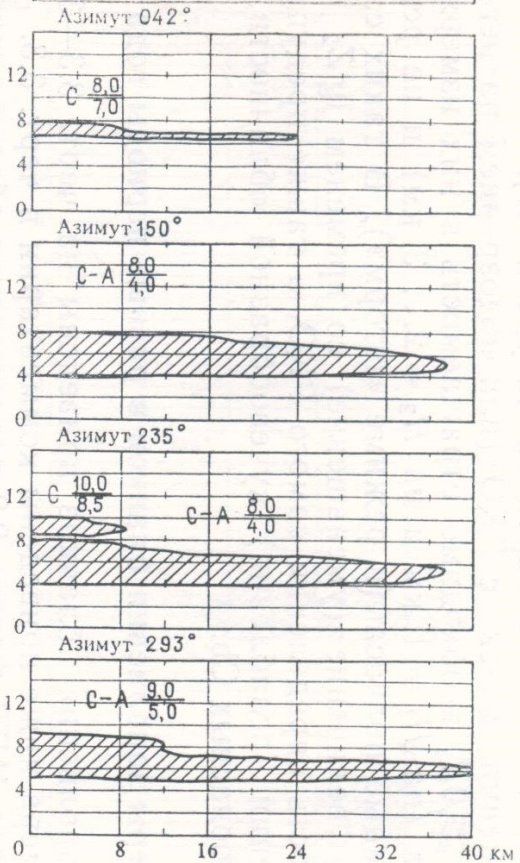
Проверил

(фамилия/дата)

Критконтроль провел

(фамилия/дата)

Вертикальные разрезы до 40 км



Особые отметки

На ЗЮЗ в 70 км – передняя граница фронтальных обложных осадков

при наличии грозы, умеренного или слабого ливня знак «$\dot{\nabla}$» (и точка над знаком «▽») в данном РКО может не указываться;

при наличии более одной грозы (в разных РКО) предпочтение отдается либо одной из них с максимальными значениями $\lg Z_3$, $\lg Z_2$ или $\lg Z_1$, либо расположенной ближе к МРЛ (аэропорту), либо к воздушному коридору, либо двух из них с бóльшими значениями $\lg Z$;

при наличии в одном РКО грозы и сильного ливня и/или более опасных явлений указывается наиболее опасное из них в сочетании со знаком грозы.

Ожидаемый в «точке» участок фронтального РКО наблюдается в азимуте 230°; при этом:

на минимальном расстоянии от МРЛ в 15 км — сильный ливень (на ИДВ азимут 239°);

в 50—60 км от МРЛ — ближний грозоопасный Cb, ориентировочное $t_{пр}$ которого в «точку» $t_{пр}$ = 07 ч 40 мин мск $\pm$ 15 мин;

в 100 км от МРЛ наблюдается тыловая граница дальнего от МРЛ грозоопасного Cb (тыловая граница фронтального РКО), ориентировочное время $t_{пр\ тыл}$ прохождения которой через «точку» 08 ч 40 мин мск $\pm$ 15 мин.

3.11. Сбор и распространение информации МРЛ

3.11.1. Порядок сбора и распространения радиолокационной информации

Правила составления, оформления, сбора, передачи и распространения радиолокационной информации следующие.

1. Обязанности пунктов МРЛ:

составлять телеграммы с данными радиолокационных наблюдений в точном соответствии с кодом RADOB издания 1986 г.;

в соответствии с п. 2.6.1 кода RADOB представлять данные наблюдений МРЛ, содержащиеся в первом и третьем разделах кода одной телеграммой; при этом третий раздел кода должен начинаться с группы 61616, а первые три групы ($M_iM_iM_jM_j$ *YYGGg IIiii*) использоваться не должны;

присваивать телеграммам, содержащим данные о ливнях, грозах, шквалах, граде и снегопадах, отметку срочности «шторм»; отметку срочности «шторм» указывать в адресе телеграммы; использовать ее в начале текста телеграммы строго запрещается;

передавать телеграммы с данными радиолокационных наблюдений за 8 синоптических сроков в адрес своего УГМ не позднее 00 минут после каждого синоптического срока;

Черт. 3.4. Пример оформления бланка МРЛ.

Данные МРЛ-2 о метеообъектах, полученные за синоптический срок 06 (10) ч 29 мая 1982 г. в теплый период года.

Форма 2.2

БЛАНК-КАРТА МРЛ-2

Пункт ВОЕЙКОВО

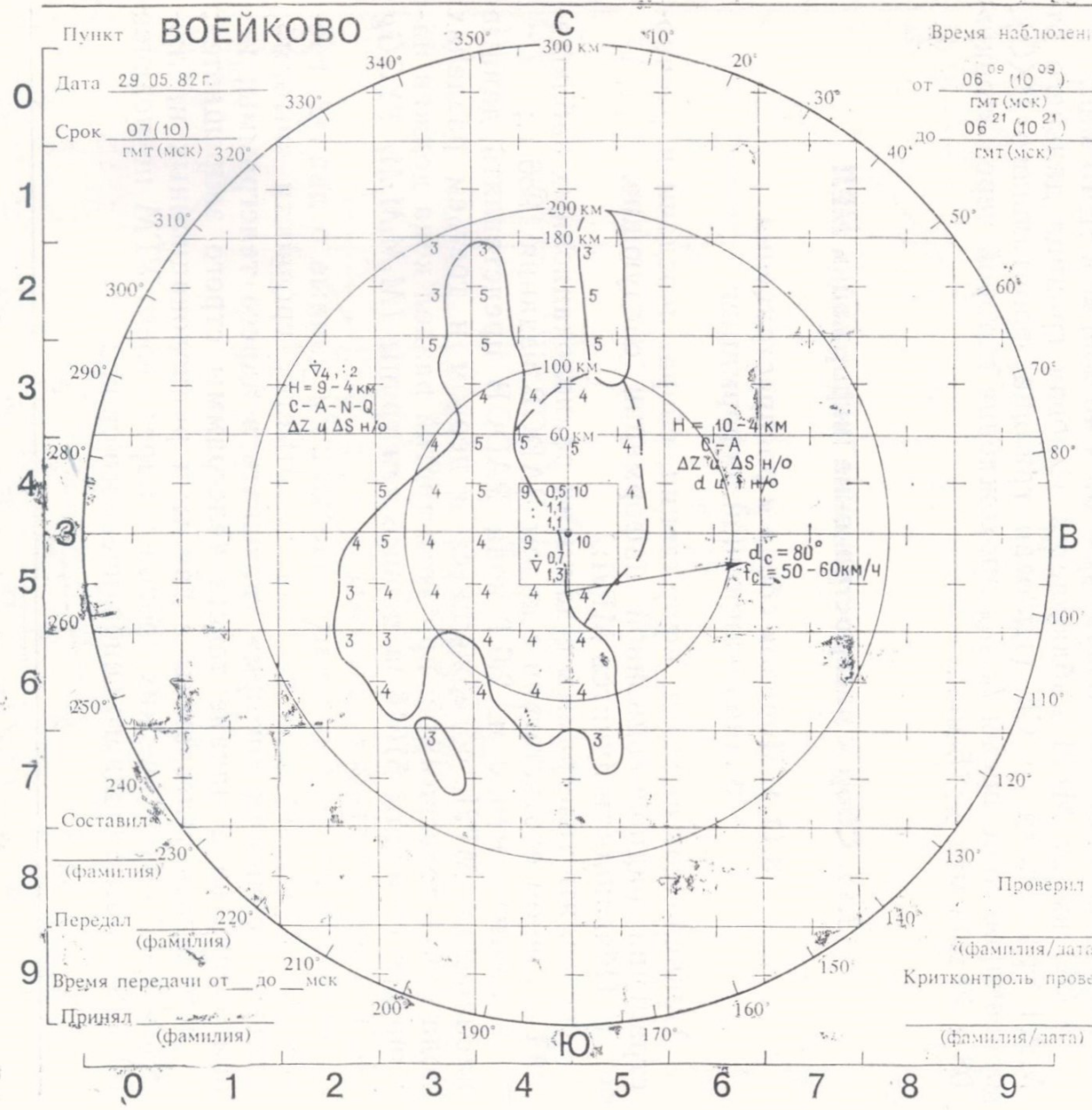
Дата 29 05 82 г.

Срок 07 (10) гмт (мск)

Время наблюдений

от 06^{09} (10^{09}) гмт (мск)

до 06^{21} (10^{21}) гмт (мск)



Составил _____ (фамилия)

Передал _____ (фамилия)

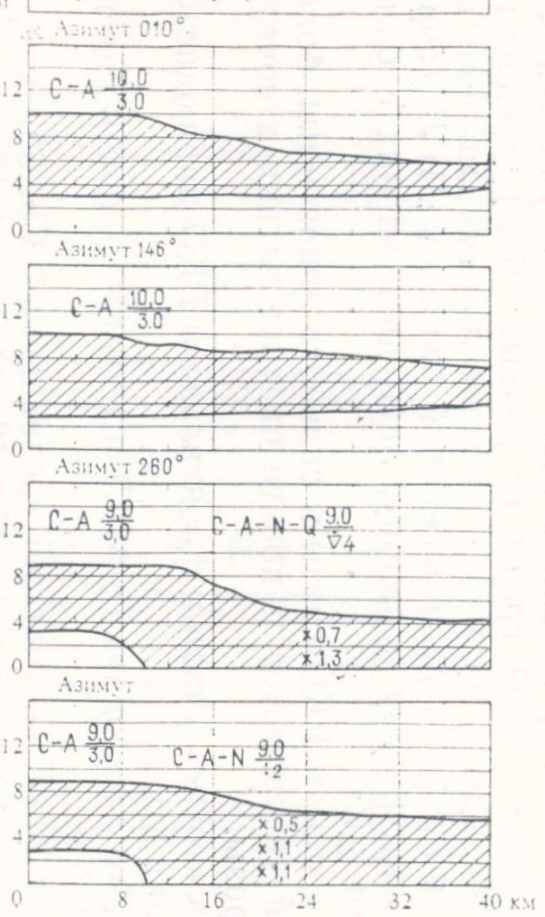
Время передачи от ___ до ___ мск

Принял _____ (фамилия)

Проверил _____ (фамилия/дата)

Критконтроль провел _____ (фамилия/дата)

Вертикальные разрезы до 40 км



Особые отметки

На ЗЮЗ в 10 км — передняя граница фронтальных обложных осадков

передавать текст телеграммы с оформлением, определенным действующими указаниями;

сообщать об отсутствии радиолокационных наблюдений цифровой телеграммой, составленной по коду RADOB издания 1986 г., а не словесным текстом;

передавать данные радиолокационных наблюдений в соответствии с порядком, определенным УГМ согласно п. 2 настоящего документа.

2. Обязанности УГМ:

а) распространять данные наблюдений МРЛ:

в центры сбора и обработки данных МРЛ Росгидромета;

в оперативно-прогностические организации, расположенные на территории своего УГМ;

в региональный метеорологический центр, в зоне которого находится данное УГМ;

в соседние УГМ;

в организации других министерств и ведомств (по их запросам);

б) определить порядок передачи данных (контрольные сроки, объем и способы передачи) из пунктов МРЛ в свои оперативно-прогностические организации, а также в подразделения других УГМ и ведомств;

обеспечить комплектование и передачу данных радиолокационных наблюдений не позднее 10 минут после каждого синоптического срока.

3. УГМ, ведущие факсимильные передачи, передают данные наблюдений МРЛ за 8 синоптических сроков наблюдения в графическом виде по радиофаксимиле и проводным телефонным каналам связи; передача осуществляется в виде сборных карт данных наблюдений всех МРЛ зоны ответственности УГМ (для регионального метеорологического центра — зоны ответственности региона) на бланках масштаба 1 : 5000 000 или 1 : 15 000 000. Если в зоне ответственности УГМ работает один МРЛ, данные его наблюдений передаются в графическом виде на специальном бланке формы № 2. Карты с данными наблюдений МРЛ должны включаться в факсимильные программы перед передачей микрокольцевых карт погоды (или кольцевых — при отсутствии передачи микрокольцевых карт).

3.11.2. Единая схема обозначения данных наблюдений метеорологических радиолокаторов на различных видах стыкованных карт

3.11.2.1. Общие положения

1. Для представления стыкованной информации МРЛ (данных нескольких МРЛ) используются черно-белые картографические

Черт. 3.5. Пример оформления бланка МРЛ.

Данные МРЛ-2 о метеообъектах, полученные за синоптический срок 07 (10) ч 29 мая 1982 г. в теплый период года.

бланки, применяемые для передач по факсимильной связи, масштаб 1 : 50 000 000, 1 : 15 000 000, 1 : 2500 000.

2. Для пространственной привязки данных нескольких МРЛ и нанесения их на картографический бланк используется регулярная сетка, являющаяся общей для всех МРЛ, информация которых отображается на данном бланке.

3. Регулярная сетка обеспечивает разбивку обслуживаемой территории на равновеликие по площади фигуры, по форме близкие к квадратам. Сама регулярная сетка на картографическом бланке не изображается.

4. Регулярная сетка имеет жесткую для каждого картографического бланка систему пространственной привязки (точку отсчета).

5. Точкой отсчета для формирования регулярной сетки является точка пересечения центральных меридиана и параллели данного картографического бланка.

6. Регулярная сетка имеет постоянный линейный шаг, равный 60 км для масштаба 1 : 5 000 000, 180 км — для масштаба 1 : 15 000 000.

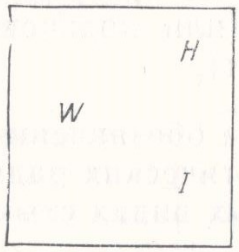
7. Размеры квадратов регулярной сетки: для масштаба 1 : 5000 000 — 60 × 60 км, для масштаба 1 : 15 000 000 — 180 × × 180 км.

8. Квадратам регулярной сетки картографического бланка, находящимся в зоне (зонах) перекрытия соседних МРЛ, присваиваются данные более опасного явления погоды с большими значениями отражаемости (интенсивности) и высоты верхней границы радиоэха.

3.11.2.2. Графическое отображение стыкованной радиометеоинформации

1. Графическая регистрация стыкованной радиометеоинформации осуществляется на картографическом бланке в виде синоптических, цифровых и буквенных символов.

2. Данные, относящиеся к квадрату 60 × 60 или 180 × 180 км размещаются в пределах квадрата по следующей схеме:



где W — явление погоды или облачность без явления, H — высота верхней границы радиоэха, I — отражаемость (интенсивность) явления.

Слева от центра квадрата изображается символ явления погоды или облачности без явлений (табл. 3.6). Справа от символа

явления погоды или облачности без явлений в верхнем углу изображается высота верхней границы радиоэха облаков (H), сопровождающихся явлениями, или облаков без явлений — цифрами в километрах.

Справа от символа явления в нижнем углу изображается интенсивность (I) их радиоэха в цифрах кода RADOB. При отсутствии данных об интенсивности или при наличии облаков без явлений цифры не указываются.

Таблица 3.6

Единая система обозначений явлений погоды или облачности без явлений на разных видах стыкованных карт МРЛ

Цифра кода (изд. 1986 г.)	Явление погоды или облачность без явлений	Обозначение
1	Слоистообразная облачность без осадков	—
2	Конвективная облачность без явлений	
3	Облажные осадки	
	дождь	:
	снег, мокрый снег	*
4	Ливневые осадки	
	снег, мокрый снег	* ▽
	дождь	▽
5	Ливневые и обложные осадки	
	дождь	▽
	снег, мокрый снег	* ▽
6	Гроза или гроза и ливневые осадки	↘
7	Гроза и обложные осадки	↘
8	Град*	▲
9	Град и другие явления, в том числе шквал более 20 м/с	

Примечания. 1. Знак конвективной облачности без явлений ставится по коду КН-01. 2. В случае отсутствия знака ▲ на графопостроителе возможно употребление знака «снежные зерна» по коду КН-01, который в данном случае обозначает град. 3. Знак шквала ставится по коду КН-01.

3. Место расположения данного МРЛ изображается кружком диаметром 6 мм.

4. В кружке проставляются сведения о характеристике (тенденции) изменения радиоэха облачного поля, если в зоне 0—180 км от данного МРЛ наблюдается метеорологическое радиоэхо и эта характеристика определена: первый знак (слева от центра кружка) — изменение интенсивности радиоэха; второй (справа от центра кружка) — изменение его площади. Используются следующие обозначения: «+» увеличилась, «0» явного изменения нет, «—» уменьшилась.

5. Стрелка с оперением у кружка показывает направление, откуда перемещается радиоэхо и скорость в м/с по правилам нанесения на карты данных о ветре.

6. При отсутствии радиолокационной информации на всех видах карт в кружке проставляются буквенные символы, означающие: *NE* — отсутствие метеорологического радиоэха (условно ясно), *AN* — наблюдалось аномальное радиоэхо, *NP* — станция не работает (профилактика, ремонт и т. п.), *NN* — телеграмма не поступила (причины неизвестны), *XX* — телеграмма искажена.

4. СКОРОСТЬ И НАПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЯЧЕЕК И ОБЛАЧНЫХ СИСТЕМ

4.1. Общие положения

При разработке краткосрочного прогноза погоды для определения времени начала осадков или опасных явлений в пункте необходимо знание характеристик движения радиоэха.

Прогнозирование перемещения зон радиоэха возможно путем:

экстраполяции движения переднего края или центра тяжести мезомасштабной площади радиоэха, основанной на фактических данных об их положении в предшествующие моменты времени;

использования корреляционных связей, детерминированных признаков и правил с привлечением аэросиноптической информации о поле ветра в интересуемом районе.

Скорость ($f_р$) и направление (d) перемещения определяются операторами МРЛ для радиоэха облачной системы или отдельного РКО. Движение радиоэха облачной системы характеризует скорость и направление перемещения процессов синоптического масштаба. Скорость и направление перемещения отдельных ячеек РКО обычно не совпадают со скоростью и направлением перемещения облачной системы.

Возможны ситуации, когда определение параметров движения радиоэха облаков и их систем на основе использования радиолокационных данных в качестве исходных затруднено. К числу таких случаев относятся следующие:

зона радиоэха симметрична относительно центра экрана ИКО и нет твердой уверенности в том, что видимая граница радиоэха является границей облачной системы;

нельзя или невозможно определить границы облачной системы, например в летний период для облаков Cu cong. — Cb, при внутримассовой конвекции. В этом случае возможно измерение скорости и направления движения отдельных зон РКО; полученные данные при этом не распространяются на все поле радиоэха;

облачное поле целиком состоит из слоистообразной облачности (St, Sc, As, Ac, Ci) одного или нескольких ярусов, при этом заведомо известно, что эффективный радиус обнаружения любой из перечисленных форм облачности много меньше действительной горизонтальной протяженности облачных систем таких облаков.

Если пульт управления МРЛ расположен рядом с синоптиком, он может получать сведения о $f_р$ и d любого РКО, смещающегося в зону обслуживания МРЛ. Траектория перемещения РКО зави-

сит от ветра на высотах в районе развития конвекции, размеров РКО, особенностей рельефа района, интенсивности конвективных процессов и других причин.

Конвективные облака развиваются и распадаются в процессе их перемещения. Это очень усложняет задачу определения и прогнозирования $f_р$ и d.

Для получения надежных прогностических правил необходимо знание закономерностей движения радиоэха конвективной облачности в зависимости от их горизонтальных и вертикальных размеров, характеристик ветра в атмосфере, стратификации ветра в нижней тропосфере, стадии развития и эволюции облака, рельефа земной поверхности, особенностей наблюдения и интерпретации данных.

Для элементов радиоэха осадков и опасных явлений различного размера эти прогностические правила могут не совпадать, что нужно учитывать при использовании данных МРЛ в качестве исходных для прогнозов и штормпредупреждений. Оправдываемость прогноза прихода осадков в пункт или точку зависит от размера площади радиоэха облачности и зон осадков (РОЗО) и площади пункта. Эта вероятность уменьшается с увеличением расстояния между пунктом прогноза и РОЗО. Ошибки в определении ожидаемой скорости перемещения радиоэха по сравнению с фактической могут приводить лишь к запаздыванию или опережению начала явления по сравнению с прогностическим временем. Для больших мезомасштабных площадей (БМП) и площадей синоптического масштаба (ПСМ) многократное осреднение часовых или получасовых значений $f_р$, как правило, позволяет уменьшить ошибку определения времени начала явления до 0,5—0,3 ч. Такое осреднение позволяет избегать случайных ошибок определения скорости, а также учитывать возможное замедление или ускорение движения системы радиоэха ПСМ или БМП в направлении пункта прогноза.

Ошибку прогноза прихода РКО в пункт можно вычислить по соотношению

$$\Delta T = \frac{\Delta \bar{f}_{тр} L}{f_р^2}, \qquad (4.1)$$

где ΔT — ошибка прогноза (ч); $\Delta f_{тр}$ — ошибка определения скорости РКО (средняя квадратичная ошибка, по оценкам ± 7 км/ч); $f_р$ — скорость движения РКО; L — расстояние от пункта прогноза до РКО.

Как показывает опыт, МРЛ обычно отмечает появление гроз по району (в радиусе 300 км) раньше метеостанций в среднем на 30—40 мин. Средняя заблаговременность штормпредупреждений о грозах в пункте установки МРЛ с учетом его данных составляет около 1 ч, а некоторые предупреждения (в основном для фронтальных гроз) имеют заблаговременность 2—2,5 ч.

4.2. Сведения об особенностях перемещения облачных систем и отдельных конвективных облаков

4.2.1. Зависимость движения радиоэха от воздушных потоков на стандартных барических уровнях

Анализ характеристик движения широкого класса радиоэха Cb показал, что конвективные облака различных размеров движутся не одинаково. Движение ячеек РКО и малых мезомасштабных площадей (ММП) радиоэха в 70—80 % случаев совпадает с направлением ветра на изобарической поверхности 700 гПа. БМП радиоэха и ПСМ по направлению движения лучше согласуются с ветром на высоте 5,5 км (совпадение в 40—60 % случаев). Одновременно было установлено, что в 35—40 % случаев траектории движения зон радиоэха могут заметно отличаться от направляющего потока на высоте 3—5,5 км. Повторяемость отклонения РКО от направляющего ветра вправо примерно совпадает с повторяемостью отклонения в противоположную сторону. Величина угла отклонения превышает 23°, что может приводить к ошибкам в прогнозе осадков и опасных явлений в пункте.

Отношение скорости радиоэха ($f_р$) к скорости направляющего потока ($v_п$) — ($f_р/v_п$) изменяется в широких пределах — от 0,3 до 3,0. Это указывает на то, что скорость движения РОЗО в одних случаях может быть больше скорости ветра, а в других — меньше.

В то же время было определено, что направление отклонения РКО от направления ветра на АТ 850 зависит от угла разворота ветра с высотой в вертикальном слое атмосферы 1,5—5,5 км. Угол отклонения всегда меньше угла разворота (вращения) ветра в слое между АТ 850 и АТ 500. При этом скорости перемещения ячейки и ММП радиоэха совпадают со скоростью ветра на уровнях 850 и 700 гПа, когда последняя достигает значений 30—40 км/ч. Однако наиболее сложные траектории движения и, следовательно, наиболее труднопредсказуемый характер перемещения РОЗО имеют при скоростях ветра менее 5 м/с (18 км/ч) и аномальном ослаблении ветра с высотой в нижнем слое атмосферы 1,5—5,5 км. К основным причинам, обусловливающим изменчивость параметров движения радиоэха и нелинейность траекторий их перемещения, относятся факторы вертикальной изменчивости ветра в тропосфере и собственная динамика развития облака (т. е. сдвиги направления и скорости ветра, с одной стороны, при обязательном изменении высоты и площади Cb, с другой).

4.2.2. Изменчивость характеристик перемещения зон радиоэха

Ранее отмечалось, что направление движения радиоэха конвективной облачности примерно в 60 % случаев совпадает с направлением воздушного потока на одном или нескольких барических уровнях. Однако существует 35—40 % РКО, направление движе-

ния которых существенно отличается от адвектирующего их воздушного потока.

Отклонение направления движения РКО от направления ветра на любом из барических уровней зависит не только от величины разворота ветра в вертикальном слое 1,5—5,5 км, но также и от разности скорости ветра и скорости движения РКО ($v_п$—$f_р$). Этот механизм влияния связан с взаимодействием потоков, обтекающих развитое по вертикали конвективное облако, и самим облаком, обладающим составляющей вращения (вихрем скорости). Отклонение РКО от направляющего ветра может быть тем заметнее, чем больше разность $v_п$—$f_р$ и составляющая вихря скорости внутри кучево-дождевого облака (т. е. чем ярче выражено его вращение).

Для оценки величины угла отклонения можно использовать уравнения регрессии, полученные при анализе экспериментального материала по данным МРЛ в районе Санкт-Петербурга:
или

$$\Delta\varphi_{850} = 0{,}7\,\Delta v_{1,5} + 0{,}27\,\Delta d + 10°$$

$$\Delta\varphi_{850} = 0{,}17\,\Delta v_3 + 0{,}05\,\Delta d + 7°,$$

где $\Delta v_{1,5} = v_{850}$—$f_р$; $\Delta v_3 = v_{700}$—$f_р$; $\Delta d = dd_{500}$—dd_{850} (угол разворота ветра в слое между изобарическими поверхностями 500 и 850 гПа).

Эти уравнения позволяют оценивать вклад различных факторов, оказывающих влияние на величину угла отклонения РКО от направляющего ветра.

Учащенные измерения параметров перемещения радиоэха Cb позволили выявить значительные колебания скорости в течение всего периода его существования. Колебания скорости РКО на различных стадиях развития Cb (разность между максимальным и минимальным значениями скорости радиоэха за траекторию) в 9 % случаев достигают 30—45 км/ч, в 34 % — 15—30 км/ч и в 57 % — менее 15 км/ч.

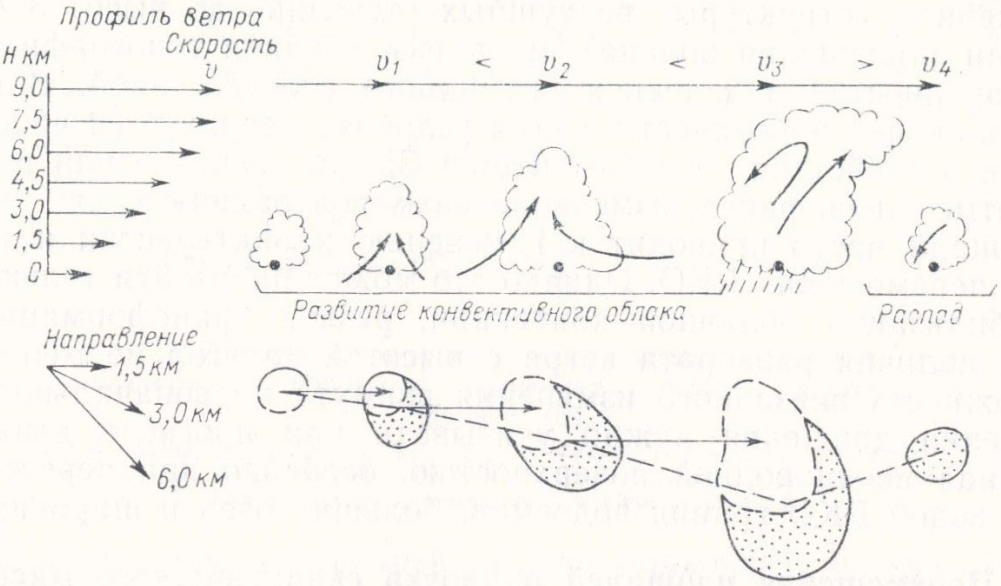
Эффекты нестационарности движения радиоэха мощных конвективных облаков, обнаруженные при анализе экспериментального материала, обусловлены двумя основными факторами, которые позволяют рассматривать данное явление как вполне естественное и закономерное.

Выделим два основных момента.

1. При изменении скорости восходящего потока внутри Cb изменяется высота его верхней границы и протяженность зоны крупнокапельных частиц, дающих наибольший вклад в водность. Изменяется при этом и толщина слоя тропосферы, воздушные потоки в котором могут активно влиять на движение Cb. Если имеется сдвиг ветра по высоте (по направлению и скорости), то за счет переноса нисходящими и восходящими потоками из верхней части Cb вниз и снизу вверх момента импульса внутри Cb устанавливается отличное от внешнего собственное поле ветра. Поле ветра внутри Cb обычно никогда не имеет установившегося ха-

рактера. Любое хорошо развитое по вертикали конвективное облако рассматривается как препятствие внешним ветрам. Поэтому на наветренной его стороне отмечается избыток давления, а на подветренной — недостаток. Этот перепад гидродинамического давления, который зависит от изменчивости поля ветра внутри облака, и определяет нестационарность движения Cb в разные периоды его жизни (на разных стадиях развития).

2. Замечено, что положение центра области с максимальным восходящим потоком в окрестности мощного Cb определяется



Черт. 4.1. Условная модель взаимодействия облака и потока окружающей среды для случая переменного по вертикали ветра и трансформирующегося Cb.

сдвигом направления ветра в слое от основания до его верхней границы. Появление новых ячеек конвекции рядом с ранее возникшей «материнской» наиболее вероятно там, где существует самый сильный восходящий поток. Его расположение, следовательно, целиком зависит от разворота ветра с высотой. Поэтому расширение площади РКО, если оно отмечается при дальнейшем развитии Cb, обычно происходит в некотором заданном направлении. Результатом такого направленного развития (распространения) площади радиоэха конвективного облака является искривление траектории его движения, отклонение от изначального курса движения или азимута основного направляющего ветра на АТ 850 и АТ 700 для ячеек и ММП и АТ 500 для БМП. Чертеж 4.1 в схематической форме поясняет описанные механизмы взаимодействия облака и окружающей среды, а также наиболее вероятную траекторию его перемещения для одной условной модели поля ветра. Естественно, что в реальных условиях распределение ветра и характер эволюции Cb могут быть более сложными по сравнению с приведенными на черт. 4.1. Отсюда траектории отдельных Cb при кажущейся одинаковости внешних условий могут иногда отличаться друг от друга и от модели на черт. 4.1.

4.2.3. Влияние рельефа и неоднородной подстилающей поверхности на траектории перемещения локальных ячеек

В условиях равнинной местности влияние рельефа и неоднородностей подстилающей поверхности (разделы типа акватория—суша, отдельные холмы высотой до 200 м) на перемещение радиоэха конвективных облаков отмечается только при наличии заметных разворотов ветра в нижней тропосфере. В отличие от воздействия горных цепей и гористой местности на параметры движения отдельных облаков и целых систем, которое определяется искажением структуры воздушных течений до высот 3—5 км (уровни зарождения облака), механизм влияния топографических неоднородностей в условиях равнинного рельефа иной. Влияние подстилающей поверхности в этих условиях реализуется через механизм воздействия ее на эволюцию Cb, их развитие или распад. Как отмечалось ранее, изменение размеров радиоэха, его высоты и площади часто приводит к изменению характеристик и траектории перемещения РКО. Однако это может произойти только при дестабилизации облачной конвекции, резкой трансформации Cb и при наличии разворота ветра с высотой на угол не менее 23°. Возможность внезапного изменения азимута первоначального направления движения нужно учитывать при прогнозе движения РКО над неоднородной поверхностью, особенно при пересечении такой зоной РКО границ водоемов, больших озер и широких рек.

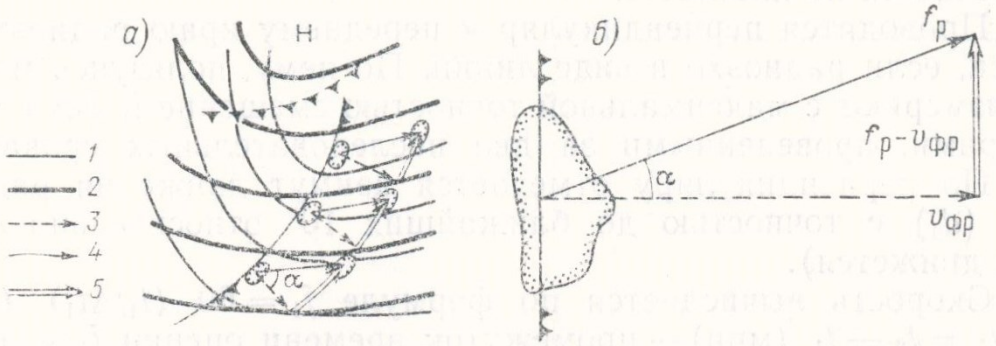
4.2.4. Перемещение площадей радиоэха синоптического масштаба

Движение радиоэха облачной системы характеризует скорость и направление перемещения процессов синоптического масштаба. Скорость и направление перемещения отдельной ячейки обычно не совпадает со скоростью и направлением перемещения облачной системы. Поэтому данные о перемещении отдельных ячеек или ММП нельзя использовать для оценки и прогноза движения облачной системы (площади синоптического масштаба). Перемещение ПСМ как единой системы обычно происходит в направлении, перпендикулярном ее передней кромке. Направление движения такой облачной системы может отличаться от направления движения ячейки радиоэха, находящейся в этой системе, на угол до 90°, но обычно он бывает намного меньше. Перемещение каждой ММП или ячейки радиоэха происходит в соответствии с рассмотренными ранее закономерностями. Как правило, радиоэхо от участков фронтальной облачности на экране МРЛ отмечается в виде мезомасштабных зон различной конфигурации, группирующихся в некотором определенном районе. На совмещенной карте состояния облачности региона по данным нескольких МРЛ обычно прослеживается множество мезомасштабных зон радиоэха, которые при наличии атмосферного фронта распределены в основном вдоль линии фронта. Изменение местоположения переднего края зоны радиоэха фронтальных облаков и осадков будет отражать перемещение всей площади синоптического масштаба по перпендикуляру

к переднему краю. Для ПСМ в виде линии из очевидных геометрических соображений (черт. 4.2), скорость перемещения переднего края осадков может быть описана следующим выражением:

$$u = f_p \cos\alpha + a, \tag{4.2}$$

где f_p — вектор скорости перемещения отдельной мезомасштабной зоны радиоэха, определенный по данным МРЛ; α — угол между вектором f_p и направлением движения полосы радиоэха



Черт. 4.2. Схематическое изображение холодного фронта (*а*) и векторная диаграмма движения ячейки радиоэха и фронта (*б*).

1 — изобары, *2* — изогипсы на $АТ_{700}$, *3* — векторы перемещения фронта, *4* — векторы перемещения радиоэха изолированных ячеек, *5* — векторная разность перемещения ячейки и фронта.

(перпендикуляром к передней кромке радиоэха); a — составляющая распространения границы ПСМ радиоэха.

Значение a приближенно определяется по формуле

$$\Delta L_a / 2t_a = a, \tag{4.3}$$

где $\Delta L_a = L_i - L_{i-1}$; ΔL_a — изменение ширины зоны радиоэха (ПСМ) в два последовательных срока наблюдений; L — ширина (расстояние между передней и тыловой кромкой) зоны радиоэха ПСМ по направлению движения; t_a — промежуток времени между сроками наблюдений; a — характеризует появление новых мезомасштабных зон впереди имеющейся ПСМ радиоэха за единицу времени (ч). Величина зависит от эволюции поля осадков и процессов размывания или обострения фронта. При отсутствии изменений в поле фронтальных осадков и облачности $a = 0$. В случае фронтогенеза и усиления процессов осадкообразования $a > 0$, при размывании облачной системы $a < 0$.

4.3. Правила по определению скорости и направления перемещения облачных систем и отдельных ячеек радиоэха

4.3.1. Порядок измерений направления и скорости движения облачной системы

Рекомендуется следующая очередность операций при определении направления и скорости перемещения радиоэха облачного поля.

1. На любом свободном от текущих записей, прозрачном планшете проводятся контуры радиоэха ПСМ в момент времени t_1, которое фиксируется под углами возвышения антенны $\varepsilon = 0... 1°$. Рабочий масштаб выбирается в зависимости от удаления переднего края радиоэха ПСМ от пункта МРЛ (100, 150 или 300 км).

2. Через промежуток времени Δt_1 (30 мин $\leqslant t_1 \leqslant$ 90 мин) в момент времени t_2 вторично проводятся новые контуры радиоэха при тех же условиях наблюдения, что и в срок t_1. Время t_2 и t_1 отмечается на планшете.

3. Проводится перпендикуляр к переднему краю радиоэха или его оси, если радиоэхо в виде линии. По нему, пользуясь масштабом, измеряют с максимальной точностью смещение l_1 (км) между контурами, проведенными за два последовательных срока.

4. По перпендикуляру отмечается азимут движения радиоэха ПСМ (d_1) с точностью до ближайших 10° относительно севера (куда движется).

5. Скорость вычисляется по формуле $f_1 = 60\ (l_1/\Delta t_1)$ (км/ч), где $\Delta t_1 = t_2 - t_1$ (мин) — промежуток времени оценки f_1 и d_1. Эти значения скорости и направления наносятся на бланк представления (на бланк формы 1) и записываются в журнал для последующего кодирования и передачи сообщения.

6. В срок t_3 вновь проводится контур радиоэха и отмечается время его получения. Уточняется направление движения по перпендикуляру к переднему краю контура радиоэха ПСМ (d_2) и смещение (l_2) (см. п. 4.3.1.3 и 4.3.1.4).

7. Рассчитывается скорость $f_2 = 60\ (l_2/\Delta t_2)$, где $\Delta t_2 = t_3 - t_2$ (мин).

8. Вычисляется средняя скорость за интервал времени $t_3 - t_1 = \Delta t_1 + \Delta t_2$, $\bar{f} = (f_1 + f_2)/2$. Величины $\bar{f}$ и d_2 наносятся на бланк представления и записываются в журнал наблюдений.

9. Для расчета средней сглаженной скорости рекомендуется использовать не более трех-четырех значений f_i, полученных при непрерывных наблюдениях за движением радиоэха ПСМ в предшествующие 3—4 ч.

10. Скорость перемещения несплошной полосы радиоэха, состоящей из изолированных ячеек и ММП радиоэха, кроме предложенного выше способа, может быть определена следующим образом при любом α:

$$u = f_p \cos \alpha + a.$$

Примеры:

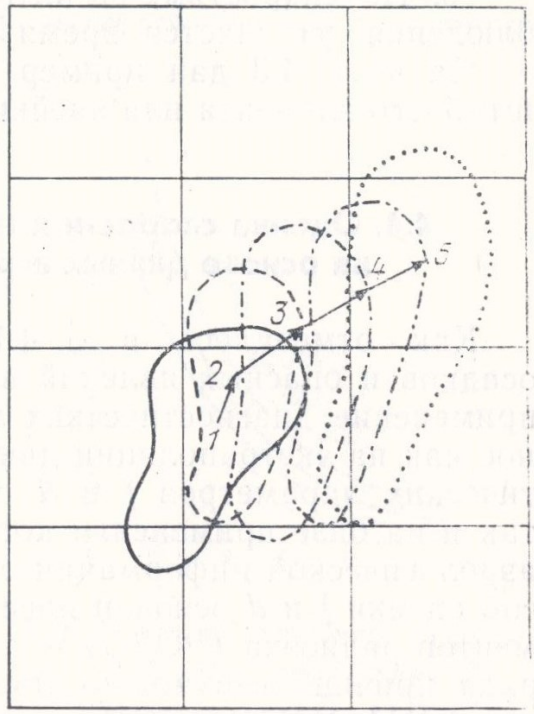
1) $f_p = 30$ км/ч, $\alpha = 0°$, $a = 10$ км/ч, $u = 30 \cdot 1{,}0 + 10 = 40$ км/ч;
2) $f_p = 30$ км/ч, $\alpha = 60°$, $a = 10$ км/ч, $u = 30 \cdot 0{,}5 + 10 = 25$ км/ч;
3) $f_p = 30$ км/ч, $\alpha = 90°$, $a = 10$ км/ч, $u = 30 \cdot 0 + 10 = 10$ км/ч.

4.3.2. Порядок измерений направления и скорости движения ячеек, ММП и БМП радиоэха

Рекомендуется соблюдать следующую очередность операций при определении f и d движения мезомасштабных элементов радиоэха.

1. На ИКО устанавливается рабочий масштаб 100 или 150 км в зависимости от удаления мезомасштабных зон радиоэха от пункта МРЛ. Для фиксирования положения и координат элементов радиоэха на экран ИКО накладывается свободный от записей шаблон.

2. Под углом возвышения антенны $\varepsilon = 0 \ldots 1°$ производится оконтуривание отдельных элементов радиоэха или групп радиоэха, записывается время получения контура t_1.



Черт. 4.3. Определение параметров движения отдельной ячейки (по смещению условного центра оконтуренной зоны).

3. Отмечаются геометрические центры оконтуренных элементов радиоэха или групп ячеек радиоэха.

4. Через интервал времени Δt_1 ($15 \leqslant \Delta t_1 < 20$ мин) в момент t_2 проводятся новые контуры для выбранных ранее мезомасштабных элементов радиоэха при тех же условиях наблюдения, что и в момент t_1, и вновь отмечаются геометрические центры.

5. Прямой линией соединяются центры оконтуренных элементов (или групп) радиоэха и с максимальной точностью с учетом масштаба определяется смещение (l_1 км).

6. Направление движения (d_1) каждого оконтуренного элемента (или групп ячеек) радиоэха отмечается по вектору направления относительно севера с точностью до 10° (куда движется зона).

7. Скорость f_1 вычисляется по формуле $f_1 = 60\ (l_1/\Delta t_1)$, где $\Delta t_1 = t_2 - t_1$ (мин) — промежуток времени, по которому производится оценка f_1 и d_1. Для каждого оконтуренного элемента радиоэха вычисляется собственное значение скорости и направления движения ($f_{1.1}$, $f_{1.2}$, $f_{1.3}$ и т. п.).

8. Путем пространственного осреднения значений $f_{1.1}$, $f_{1.2}$, $f_{1.3}$ определяется $\bar{f}$ для нескольких мезомасштабных радиоэха согласс-

но $\bar{f} = (f_{1.1} + f_{1.2} + f_{1.3})/3$. Пространственное осреднение для направления d не допускается. Данные о $\bar{f}_1$ и $d_{1.1}$, $d_{1.2}$, $d_{1.3}$ записываются в журнал (на бланк формы 1) и по ним составляется прогноз прихода осадков или опасных явлений в пункт.

9. Через интервал $\Delta t_2 = 15$—20 мин в срок t_3 проводятся новые контуры для выбранных элементов радиоэха и определяются их геометрические центры. Вычисляются (см. п. 4.3.2.6 и 4.3.2.7) скорости $f_{2.1} = 60\ (l_2/\Delta t_2)$, $f_{2.2}$, $f_{2.3}$ и направления движения $d_{2.1}$, $d_{2.2}$, $d_{2.3}$ и т. д.

10. По скоростям, вычисленным в самый последний срок наблюдения, уточняется время прихода осадков в пункт.

На черт. 4.3 дан пример определения скорости для мезомасштабного элемента или ячейки радиоэха.

4.4. Оценка скорости и направления движения радиоэха на основе данных аэрологического зондирования

Как отмечалось в п. 4.1, для предсказания времени начала осадков и опасных явлений в пункте прогноза возможно двойное применение диагностических радиолокационных данных, основанное как на экстраполяции движения РОЗО с использованием фактических параметров f и d по результатам измерений на МРЛ, так и на базе применения корреляционных зависимостей с учетом аэрологической информации о ветре на разных высотах. Этот способ оценки f и d основан преимущественно на учете размеров элементов радиоэха (РОЗО) и может быть использован, когда в силу ряда причин невозможно точное определение параметров движения БМП, ММП и ПСМ радиоэха непосредственно на ИКО МРЛ (при резком изменении конфигурации и площади, слиянии или разделении двух и более элементов радиоэха, наличии слоистообразного и смешанного радиоэха, невозможности определения точных границ РОЗО и т. п.).

4.4.1. Перемещение площадей синоптического масштаба (ПСМ)

Перемещение фронтальных РОЗО находится в тесной зависимости от ветра в свободной атмосфере. Имеются два основных правила для оценки скорости и направления движения фронтальных РОЗО. Каждое прогностическое подразделение должно выбрать для оперативного применения тот способ расчета, который в процессе работы получил более высокую оправдываемость.

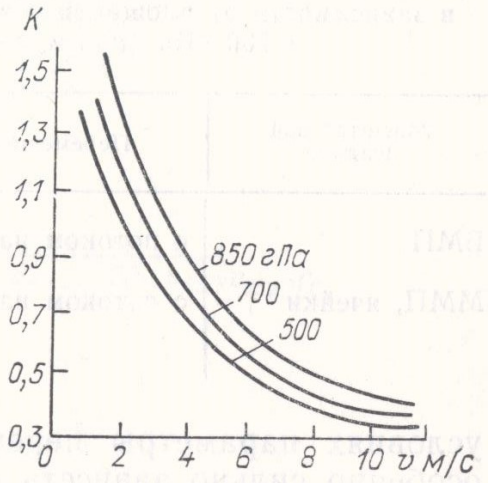
Правило 1. Оценка скорости перемещения РОЗО в зависимости от ветра на одной из изобарических поверхностей — 850, 700 или 500 гПа, которую выбирают исходя из данных о вертикальной мощности радиоэха фронтальных облаков и осадков:

при высоте верхней границы РОЗО до 6 км для оценки перемещения ПСМ используется ветер на уровне 850 гПа — $f_{\text{ПСМ}} = v_{850}$;

при высоте верхней границы от 6 до 7 км используется ветер на уровне 700 гПа — $f_{ПСМ} = 0{,}8 \cdot v_{700}$;

при высоте верхней границы более 7 км используется ветер на уровне 500 гПа — $v_{ПСМ} = 0{,}6 \cdot v_{500}$.

Правило 1 используется в случае, если гряда фронтального РОЗО (приземный фронт) и потоки на уровнях 1,5—5,5 км расположены почти под прямым углом друг к другу. Если гряда фронтального РОЗО располагается в параллельном воздушном потоке, то к скорости ветра на выбранном барическом уровне вводится коэффициент, который определяется в соответствии с черт. 4.4.



Черт. 4.4. Зависимость коэффициента K от скорости ветра v на изобарических поверхностях 850, 700 и 500 гПа.

Правило 2. Оценка скорости для РОЗО фронтального происхождения при измеренных высотах верхней границы более 9—11 км:

при отсутствии сильного сдвига ветра в слое 850—500 гПа (не более 30° по направлению и 36 км/ч по скорости) для РОЗО фронтального происхождения с параметрами $H_м < 11$ км $f_{ПСМ} = v_{500}$; при $H_м \geqslant 11$ км $f_{ПСМ} = {}^1/_2\ (v_{500} + v_{300})$;

при наличии заметного сдвига ветра в слое 850—500 гПа (по направлению $> 30°$, по скорости > 36 км/ч) скорость РОЗО определяется в зависимости от максимальной высоты радиоэха согласно соотношениям: $H_м < 9$ км $f_{ПСМ} = {}^1/_3\ (v_{850} + v_{700} + v_{500})$; $H_м \geqslant 9$ км $f_{ПСМ} = v_{500}$.

Для оценки скорости РОЗО фронтального происхождения ($f_{ПСМ}$) по правилам 1 и 2 допускается использование данных о ветре в пункте аэрологического зондирования, удаленном не более чем на 150 км от границы ПСМ радиоэха, или карт барической топографии со сроком давности не более 6—8 ч.

4.4.2. Перемещение элементов радиоэха внутримассового происхождения

Для оценки ожидаемой скорости и направления перемещения ячейки, ММП и БМП радиоэха рекомендуется пользоваться эмпирическими зависимостями, приведенными в табл. 4.1. Закономер-

ности перемещения мезомасштабных элементов, приведенные в табл. 4.1, применимы при скорости воздушного потока в свободной атмосфере более 18 км/ч, когда отношение $(v_{500}/v_{850}) \geqslant 2$ и при наличии в радиусе обзора МРЛ однородной воздушной массы.

В синоптических ситуациях без отчетливо выраженного потока в средней тропосфере ($v_п < 18$ км/ч) и аномальном ослаблении ветра с высотой характер перемещения мезомасштабных элементов радиоэха приобретает более сложный характер. При таких

Таблица 4.1

Определение скорости ($f_р$) и направления (d) перемещения радиоэха в зависимости от площадей осадков и скорости потока на уровнях 500 и 700 гПа (v_{500} и v_{700}) для $v_п = 18$ км/ч и $v_{500}/v_{850} \geqslant 2$

Масштаб зон осадков	Перемещение	$f_р$
БМП	с потоком на AT_{500}	$f_р = 0{,}45 \cdot v_{500}$ при $v_{500} \geqslant 72$ км/ч, $f_р = 0{,}6 \cdot v_{500}$ при $v_{500} < 72$ км/ч
ММП, ячейки	с потоком на AT_{700}	$f_р = 0{,}94 \cdot v_{700}$ при $v_{700} > 36$ км/ч, $f_р = 1{,}35 \cdot v_{700}$ при $v_{700} \leqslant 36$ км/ч

условиях параметры перемещения конвективных облаков будут особенно сильно зависеть от рельефа земной поверхности и других физических эффектов, рассмотренных в п. 4.2.2. В качестве вспомогательной меры для оценки f элементов радиоэха в условиях слабых воздушных потоков на уровнях 850—500 гПа и неопределенности этих параметров при наблюдении за радиоэхом на ИКО можно использовать следующие эмпирические связи:

для ячеек и ММП радиоэха — $f_{ММП} = 0{,}46 \cdot v_{700} + 19$ км/ч;

для БМП радиоэха $f_{БМП} = 0{,}26 \cdot v_{500} + 17$ км/ч.

Направление движения БМП, ММП или ячейки может быть определено после оценки возможного угла отклонения вектора движения мезомасштабного элемента от направляющего ветра согласно соотношениям:

для ячеек и ММП $\Delta\varphi_{850} = 0{,}7 \cdot \Delta v_{1,5} + 0{,}3 \cdot \Delta d_1 + 10°$.

где $\Delta\varphi_{850}$ — угол отклонения РКО от направления ветра на уровне 850 гПа; $\Delta v_{1,5} = v_{850} - f_{ММП}$ (км/ч), $\Delta d_1 = dd_{500} - dd_{850}$ — угол разворота ветра в слое 1,5—5,5 км;

для БМП радиоэха $\Delta\varphi_{500} = 15° - 0{,}15 \cdot \Delta v_5 - 0{,}4 \cdot \Delta d_1$.

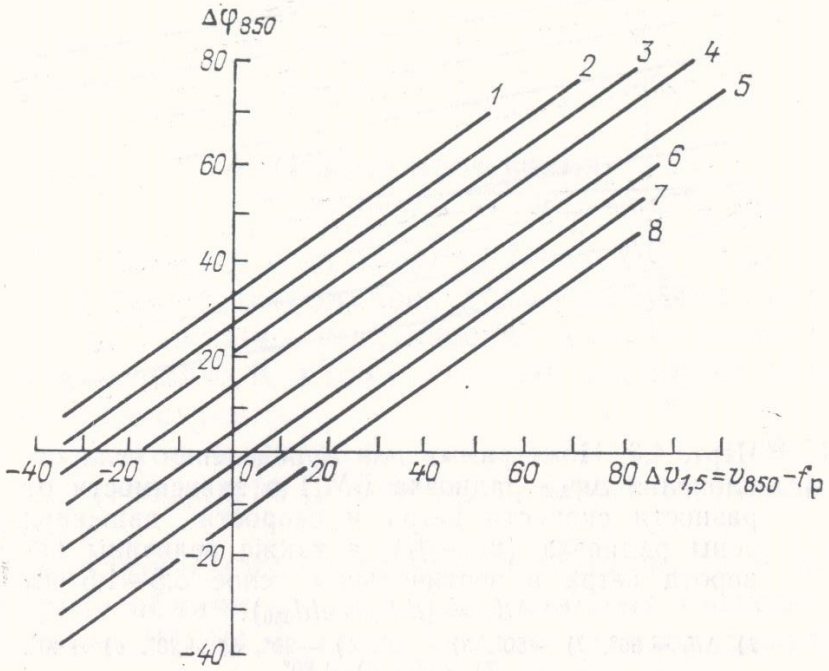
где $\Delta\varphi_{500}$ — угол отклонения РКО (БМП) от направления ветра на уровне 500 гПа, $\Delta v_5 = v_{500} - f_{БМП}$ — разность между скоростью ветра на уровне 500 гПа и скоростью движения РКО (БМП).

Для упрощения расчетов можно использовать черт. 4.5, 4.6, на которых наклонные сплошные линии — поворот ветра в слое между уровнями 500 и 850 гПа (Δd_1). По горизонтальной оси отложена разность $\Delta v_{1,5}$ или Δv_5, по вертикальной оси в сторону положительных значений нанесены $\Delta\varphi$ при отклонении РКО от на-

правляющего потока вправо, а в сторону отрицательных значений — при отклонении РКО влево.

Направление движения элементов РКО (ячеек, ММП, БМП) оценивается следующим образом:

в зависимости от размера площади выбирается нужный график (для ячеек и ММП черт. 4.5, для БМП черт. 4.6);



Черт. 4.5. Номограмма для определения угла отклонения $\Delta\varphi_{850}$ для ячеек радиоэха и малых мезомасштабных площадей в зависимости от разности скорости ветра и скорости радиоэха (v_{850}—$f_р$), а также величины поворота ветра в вертикальном слое 5,5—1,5 км $\Delta d_1 = (dd_{500}—dd_{850})$.

1) $\Delta d_1 = +80°$, *2*) $+60°$, *3*) $+40°$, *4*) $+20°$, *5*) $-20°$, *6*) $-40°$, *7*) $-60°$, *8*) $-80°$.

по значению скорости ветра определяется скорость (f) ячеек, ММП или БМП, как этого требуют формулы п. 4.4.2;

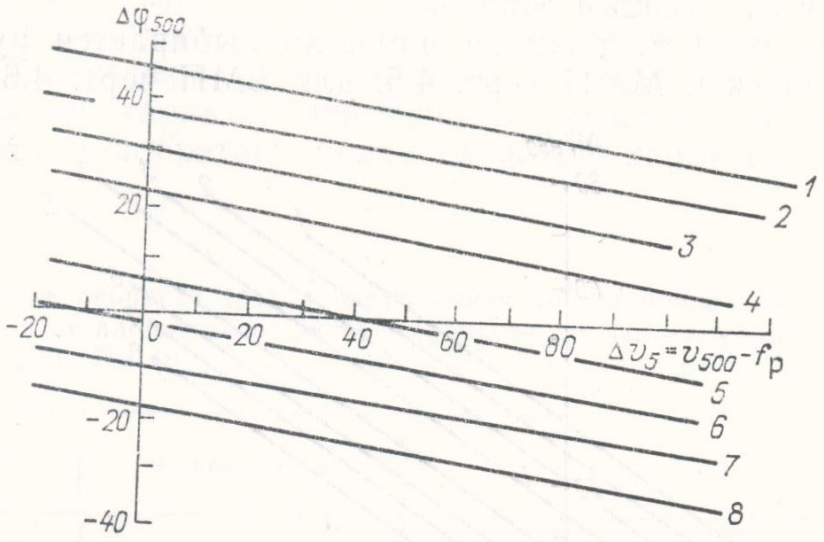
определяется разность скоростей ($v_{850} - f_{ММП}$) или ($v_{500} - f_{БМП}$);

от найденных значений $\Delta v_{1,5}$ или Δv_5 вдоль оси Y смещаемся до сплошной наклонной линии, которая соответствует значению фактического разворота ветра с высотой Δd_1;

на оси Y отсчитываем ординату точки, которая и укажет возможный угол отклонения РКО от направляющего потока ($\Delta\varphi$).

Конвективные облака развиваются и распадаются в процессе их движения. Это очень усложняет задачу предсказания скорости и направления перемещения в последующие моменты времени, так как центр зоны радиоэха может двигаться по очень сложной траектории. Точное определение скорости и направления перемещения радиоэха позволяет правильно прогнозировать время начала осадков и явлений в пункте. В связи с этим инженер-радиометеоролог должен уделять большое внимание вопросу достоверной оценки

f и d как для радиоэха облачных систем, так и для отдельных мезомасштабных элементов (от ячеек до БМП радиоэха). Необходимо постоянно изучать местные особенности траекторий радиоэха,



Черт. 4.6. Номограмма для определения угла отклонения $\Delta\varphi_{500}$ радиоэха БМП в зависимости от разности скорости ветра и скорости движения зоны радиоэха (v_{500}—$f_р$), а также величины поворота ветра в вертикальном слое 5,5—1,5 км $\Delta d_1 = (dd_{500} - dd_{650})$.

1) $\Delta d_1 = 80°$, *2*) $-60°$, *3*) $-40°$, *4*) $-20°$, *5*) $+20°$, *6*) $+40°$, *7*) $+60°$, *8*) $+80°$.

повторяемости скоростей при различных условиях ветрового поля тропосферы и ежедневно контролировать оправдываемость радиолокационного прогноза.

5. ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА СИНОПТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ И В КРАТКОСРОЧНОМ ПРОГНОЗЕ ПОГОДЫ

5.1. Общие положения

В результате анализа радиолокационных характеристик облачности и осадков синоптик получает дополнительную информацию, необходимую для анализа синоптических карт, особенно полезную в штормовых условиях. К таким данным, имеющим диагностический характер, относятся:

наличие, характер и координаты опасных явлений, связанных с облачностью (гроза, град, ливень, сильный ливневой снег, изредка шквалы);

характер наблюдаемого радиоэха от облачности и зон осадков (РОЗО) (формы облачности и типы облачных систем);

распределение РОЗО в пространстве (горизонтальная протяженность, вертикальная мощность, высота границ);

тенденция развития радиолокационных характеристик отдельных облаков и облачных систем;

скорость и направление перемещения радиоэха отдельных облаков и облачных систем.

В настоящее время нет методов использования радиолокационных данных об осадках и грозах в моделях и схемах численного прогноза погоды. Очевидно, именно в этом направлении применение радиолокационной информации в практике прогнозирования будет наиболее эффективно. Поскольку основное преимущество МРЛ как эффективного источника сведений об опасных явлениях и осадках не может быть реализовано в полной мере по причине отсутствия схем численного прогноза мезомасштабных явлений и недостаточности автоматизации радиолокационных наблюдений, необходимо в настоящее время для повышения эффективности использования данных МРЛ в народном хозяйстве практиковать более широкое комплексирование радиолокационной информации с обычной метеорологической, аэрологической и спутниковой.

На данном этапе развития четко определились области применения МРЛ:

оперативная служба: краткосрочный прогноз погоды, измерение и оценка по градациям интенсивности осадков, активные воздействия на градовые облака и конвективные облака с целью искусственного вызывания осадков;

исследовательская работа: участие в комплексных исследованиях механизма погоды в конкретных районах, изучение взаимодействия мезо- и макромасштабных процессов, выраженных в поле облачности.

Оперативная информация МРЛ используется в практике синоптического анализа и прогноза погоды, для штормоповещения, при обслуживании авиации, сельского хозяйства, больших промышленных центров и органов энергетики. Эффективность радиолокационной метеоинформации для диагноза и прогноза погоды возрастает в районах с редкой сетью метеостанций, а также при использовании информации с территории, размеры которой соизмеримы с масштабами синоптических процессов (1000—2000 км).

Хорошо известно, что характеристики облаков и повторяемость их форм сильно зависят от физико-географических условий. Поэтому не представляется возможным дать конкретные рекомендации по применению радиолокационных данных для всех районов. Для этого требуется сначала изучить особенности радиолокационных характеристик в каждом районе и в разных синоптических ситуациях, а уже потом применять полученные критерии и рекомендации для синоптического анализа. При разработке рекомендаций для конкретного региона нужно учитывать особенности размещения сети МРЛ по территории, эффективность, погрешности и ограничения радиолокационного метода, способы передачи и стыковки данных МРЛ. В настоящее время в работе синоптика информации МРЛ об облаках, осадках и опасных явлениях используется как дополнительная к обычной аэросиноптической информации. Она позволяет синоптику более оперативно и тщательно анализировать синоптические процессы, выделяя опасные явления и потенциально опасные районы. В этом состоит главное достоинство оперативной радиолокационной информации для прогноза.

Рекомендации данного раздела могут быть использованы в основном для равнинных районов страны. Для горных районов необходимо учитывать влияние орографии на распределение радиолокационных характеристик облаков и атмосферных явлений, а также скорости и направления их перемещения. Поэтому в указанных районах должны быть проведены дополнительные проработки.

5.2. Информация МРЛ для определения характера и пространственного распределения облачных систем

Для составления прогноза синоптик по данным МРЛ получает сведения о форме, характере и площади радиоэха облачности и зон осадков, а также об интенсивности явлений и их перемещении. При оценке прогностических возможностей информации МРЛ необходимо выделить две задачи: первая относится к МРЛ и замыкается обычно на АМСГ, вторая связана с прогнозом для сравнительно больших территорий, когда привлекаются данные куста и

сети МРЛ. Для АМСГ особенно важно, кроме определения опасных явлений в радиусе обзора, оценить скорость и направление перемещения облаков и облачных систем с наибольшей заблаговременностью. Для больших территорий данные МРЛ могут быть применены для уточнения фронтологического анализа и вероятности возникновения опасных явлений, связанных с облачностью.

В оперативной синоптической практике используются три вида радиолокационных карт: бланки с данными одного МРЛ, карты с данными сети МРЛ, комплексные карты с данными сети МРЛ и метеостанций. Указанные карты составляются в основные синоптические сроки (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 ч мск). Принципиальных различий в анализе указанных карт нет.

5.2.1. Характер облачности. Данные сети МРЛ для оценки положения атмосферных фронтов

Радиолокационный метод наблюдения позволяет получать как более объективную и полную, так и принципиально новую информацию об облаках, облачных системах и связанных с ними явлениях.

5.2.1.1. Данные МРЛ о наблюдаемых типах радиоэха вместе с конфигурацией и размером площади РОЗО позволяют отнести облачность к фронтальной или внутримассовой. Радиоэхо фронтальной облачности и осадков, как правило, отмечается в виде единой связной области достаточно больших горизонтальных размеров. Оно существует продолжительное время и прослеживается от одного срока наблюдений к другому, обнаруживая при этом тенденцию к упорядоченному перемещению РОЗО как единого целого.

5.2.1.2. Радиоэхо внутримассовой облачности наблюдается в виде хаотически распределенных изолированных очагов, площадь которых изменяется в широких пределах. Они могут распадаться и возникать на любом участке территории радиолокационного обзора, не проявляя при этом заметной связи с положением и распределением этих же зон в предшествующие сроки. Существенно при этом более заметное влияние суточного хода температуры воздуха и его стратификации на количество и суммарную площадь РКО внутримассового происхождения. Радиоэхо внутримассовой слоистообразной облачности из-за небольших радиусов ее обнаружения наблюдается на МРЛ в виде обособленных небольших зон радиоэха. Эти зоны, как правило, располагаются в непосредственной близости от МРЛ (до 30 км). В течение значительного времени их форма и местоположение устойчиво сохраняются.

5.2.1.3. Только при приближении теплого фронта в район обзора МРЛ можно выделить последовательность типов радиоэха (приподнятое РСО → РСО → РКСО). Наблюдение РСО с линией таяния частиц облаков в зоне нулевой изотермы в теплый период указывает практически однозначно на наличие теплого фронта. РКСО чаще встречается на фронтах окклюзии; на теплых фрон-

тах РКСО отмечается обычно в ночные часы или в зимний период. Холодные (основные и вторичные) фронты наблюдаются в теплый период года в виде отдельных очагов или полос РКО, ориентированных вдоль фронта. Длина и плотность расположения РКО на фронтах тем больше, чем ярче выражен фронт, чем больше горизонтальный контраст температуры, конвергенция ветра у поверхности Земли, влагозапас и неустойчивость воздушных масс.

5.2.1.4. Совпадение передних или тыловых границ РОЗО с приземным положением фронтов не может быть слишком частым потому, что граница крупномасштабных вертикальных движений не всегда совпадает с приземной линией фронта. В теплый период года (апрель—сентябрь) более благоприятные возможности для определения положения атмосферного фронта по радиолокационным данным имеются при прохождении основных холодных фронтов (55 %). Положение теплых фронтов уточняется примерно в 25 % случаев, фронтов окклюзии — в 23 %, стационарных фронтов — в 16 %. В холодный период года применение радиолокационных характеристик для оценки местоположения атмосферных фронтов по распределению границ радиоэха их облачных систем менее эффективно, среднее значение для всех фронтов составляет около 10 %.

5.2.1.5. Несмотря на ограниченный радиус обнаружения МРЛ некоторых слоистообразных форм облачности, для РОЗО (особенно на стыкованных картах данных нескольких МРЛ) в среднем справедливы закономерности распределений облачности и осадков относительно линии фронта, хорошо известные всем синоптикам. У теплых фронтов основная площадь РОЗО обычно располагается преимущественно перед линией фронта. По осредненным оценкам при приближении радиоэха к пункту установки МРЛ линия приземного теплого фронта делит зону радиоэха осадков и облачности по ширине предфронтальной и зафронтальной части в пропорции $d_{\text{п.ф}}/d_{\text{з.ф}} = {}^{3}/_{2}$. У холодных фронтов большая часть РОЗО располагается за фронтом (${}^{2}/_{3}$). У малоподвижных (стационарных) фронтов линия приземного фронта обычно располагается почти посередине РОЗО и лишь в районе волновых возмущений фронтальной зоны имеется некоторое расширение зоны радиоэха в сторону холодного воздуха.

В центральных частях циклона менее всего приходится ожидать совпадения границ РОЗО с линиями фронтов. В таких синоптических системах вынужденный упорядоченный подъем приводит к формированию систем облаков и осадков, которые совпадают с районом, где имеются интенсивные восходящие движения и достаточно высокая влажность. Наиболее частое совпадение полос РОЗО и приземных линий фронта можно ожидать на участках атмосферных фронтов, которые находятся на некоторых средних расстояниях между периферийными и центральными частями циклонов. В этих условиях развиваются полосы РОЗО, ориентированные строго в определенном направлении и имеющие достаточно четкую конфигурацию с ровными тыловыми и передними краями.

В периферийных частях циклонов, где на характере облачности сказывается размывающее воздействие гребней антициклонов, фронтальные облачные системы слабо выражены и обычно не сопровождаются значительными осадками. В таких ситуациях данные МРЛ для оценки положения фронтов малоэффективны.

5.2.1.6. Совпадения линии теплых фронтов с тыловой границей РОЗО следует ожидать, когда тыловая граница зоны осадков совпадает с приземной линией фронта. Совпадения не происходит, если в теплом секторе отмечается выпадение обильных моросящих осадков или активное развитие полос РКО. Полосы РКО, возникающие перед приземной линией теплого фронта, в результате резкого увеличения крутизны вертикального подъема, как правило, стремятся к параллельности с этим фронтом. Мезомасштабные зоны РКО, возникающие на фоне крупномасштабной зоны РСО (у фронтов окклюзии и теплых фронтов), связанные с полосами неустойчивости в средней тропосфере, обычно ориентированы вдоль направления теплых фронтов и фронтов окклюзии.

5.2.1.7. Для облачной системы стационарного фронта с волнами характерно образованием и наличием кучево-дождевой облачности с грозами и ливнями, сосредоточенной в узкой зоне по обе стороны фронта (черт. 5.1).

При обнаружении малоподвижных стационарных фронтов радиолокационные данные будут особенно полезны для синоптика в следующих ситуациях:

при наличии малоградиентного и безградиентного барического поля, когда ветер у поверхности Земли в значительной степени определяется орографией местности и его направление приобретает «случайный» характер;

когда фронты плохо выражены у поверхности Земли в поле других метеоэлементов за исключением облачности;

когда фронты, считающиеся стационарными, начинают незначительно смещаться, причем их движение может иметь характер колебаний относительно своего среднего положения.

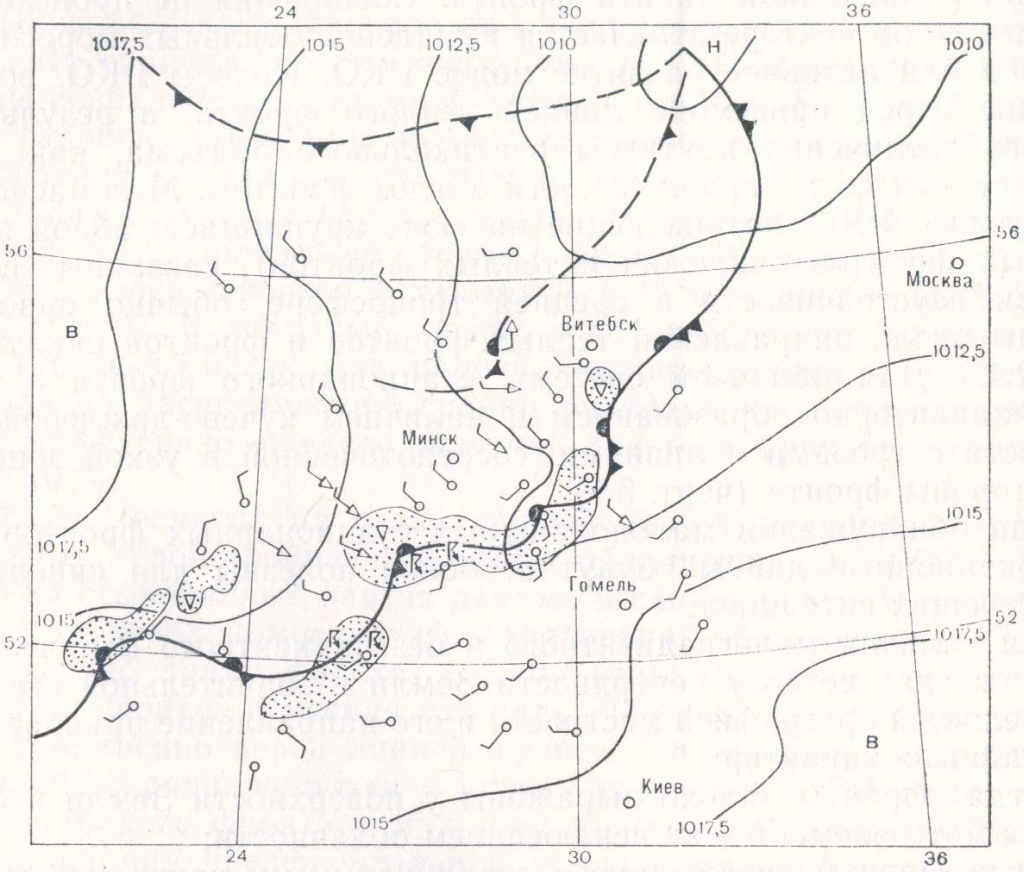
Все изложенное о стационарных фронтах справедливо в основном для теплого полугодия. В холодный период эти фронты в поле облачности проявляются менее четко, над сушей облачность носит преимущественно характер слоистообразной.

5.2.1.8. При совпадении холодного фронта и барической ложбины РОЗО будет обнаруживаться вблизи ложбины. Полосы РКО в теплом секторе располагаются параллельно течению основного воздушного потока (3—5 км) и направлены почти под прямым углом к линии теплого фронта (черт. 5.2).

5.2.1.9. Полосы РКО могут образовываться внутри воздушных масс вдоль слабо выраженных приземных ложбин. Эти ложбины соответствуют остаточным почти размывающимся фронтам или зонам, где прослеживаются отдельные фронтальные признаки.

5.2.1.10. С помощью МРЛ надежно обнаруживаются и системы, родственные фронтам, — линии неустойчивости или шквалов. Линии неустойчивости расположены обычно параллельно основным

фронтам и на сравнительно небольшом расстоянии от них (100—200 км). Возникновение линий неустойчивости, которые обычно наблюдаются в часы с максимумом конвективной деятельности, связано с упорядоченной конвекцией, когда Cb формируются в гряды. В отличие от фронтов линии неустойчивости развиваются и распространяются внутри воздушной массы и не являются



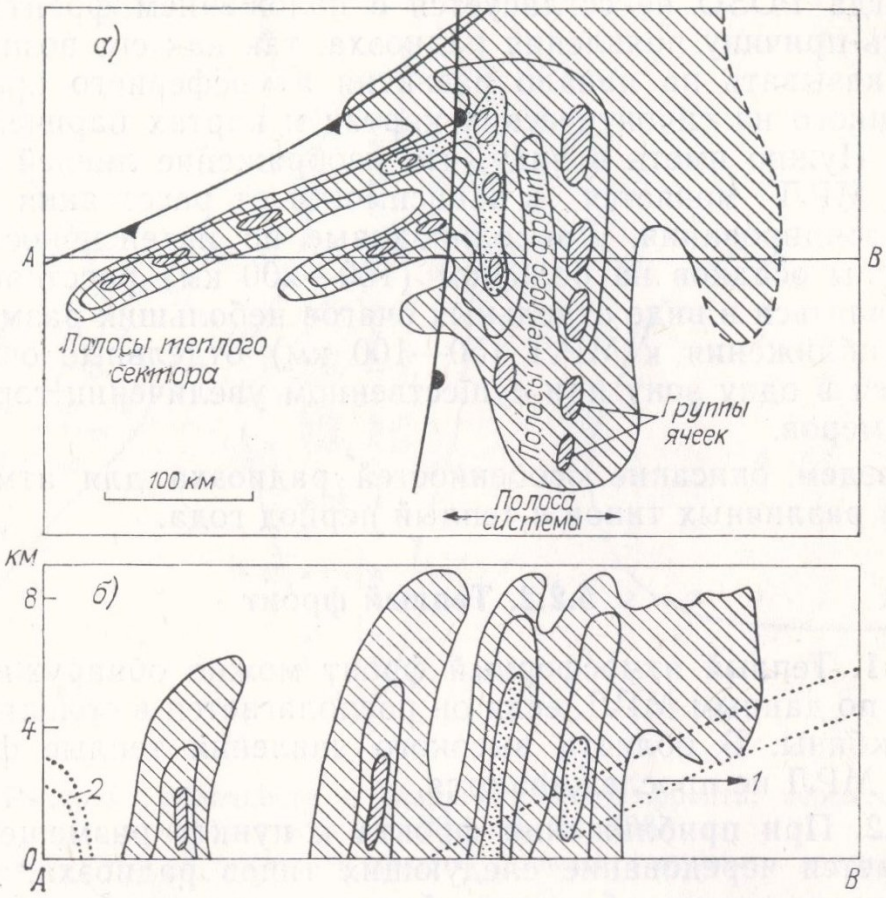
Черт. 5.1. Схематическое изображение малоподвижного холодного фронта с волнами и данных МРЛ (зоны, обозначенные точками) по кольцовке БТГМЦ (М 1 : 2 500 000) за 06 (09) ч 8 мая 1972 г.

поверхностью раздела между различными воздушными массами. Ориентация полосы РКО шквальной или предфронтальной линии может определяться векторной разностью между направлением ветра на высотах 3—5 и 1,5 км.

5.2.1.11. Направление линии приземного фронта и ориентации продольной оси зоны радиоэха предфронтальных осадков обычно совпадают друг с другом. В теплый период года среднее значение ширины радиоэха зоны осадков для теплых фронтов составляет около 300 км, для основных холодных — 220 км, для стационарных — 300 км. В холодную половину года среднее значение ширины РОЗО для теплых фронтов, по наблюдениям сети МРЛ, равно 395 км.

5.2.1.12. Радиолокационная информация позволяет выявить характер погоды в зонах атмосферных фронтов, уточнить положение и в некоторых случаях оценить их эволюцию.

В частности, отрицательная тенденция изменения характеристик РОЗО (площади и характерной отражаемости; переход гроз в ливни, ливней в обложные осадки; уменьшение числа ячеек, за-



Черт. 5.2. Типизированное изображение зон радиоэха синоптического масштаба в окклюдированном циклоне и связанных с осадками систем теплого и холодного фронтов.

а — горизонтальный разрез; *б* — вертикальный разрез по линии максимальной протяженности поля радиоэха (АВ).

нятых явлениями), связанных с приближающимся к МРЛ фронтом, свидетельствует о размывании фронта. Положительная тенденция изменения характеристик РОЗО (переход ливней в грозы, появление ливней и гроз в поле обложных осадков), связанных с удаляющимся от МРЛ фронтом, свидетельствует об обострении фронта. В остальных случаях тенденция изменения характеристик РОЗО, связанных с фронтами, не может быть однозначно использована для определения и оценки процессов фронтолиза и фронтогенеза, так как на нее влияет собственное перемещение облачности, ослабление радиоволн на пути распространения и другие факторы, которые не всегда могут быть учтены.

Анализ радиолокационной информации необходимо производить одновременно с аэросиноптическим материалом. Для этого необходимо скопировать положение фронта на карту с данными МРЛ. Значительное расхождение между положениями РОЗО и атмосферного фронта должно побудить синоптика к проверке общего фронтологического анализа, в особенности при прохождении холодного фронта или при стационарном фронте с волнами. В случаях когда РОЗО не согласуется с положением фронта, следует выяснить причину появления радиоэха, так как его возникновение могут указывать на начало развития атмосферного процесса, не выраженного на синоптических картах и картах барической топографии. Нужно иметь в виду, что изображение ливней и гроз на экране МРЛ меняется в зависимости от расстояния до них от пункта зондирования. Две одинаковые по интенсивности и площади зоны осадков на большом (150—200 км) расстоянии будут представляться в виде отдельных очагов небольших размеров, а по мере приближения к МРЛ (50—100 км) отдельные очаги могут сливаться в одну зону при существенном увеличении горизонтальных размеров.

Приведем описание особенностей радиоэха для атмосферных фронтов различных типов в теплый период года.

5.2.2. Теплый фронт

5.2.2.1. Теплый атмосферный фронт можно обнаружить и проследить по данным МРЛ, если он располагается в области циклона или ложбины. В области высокого давления теплые фронты по данным МРЛ не прослеживаются.

5.2.2.2. При приближении фронта к пункту размещения МРЛ наблюдается чередование следующих типов радиоэха: приподнятое, радиоэхо слоистообразных облаков, радиоэхо слоистообразной и кучевообразной облачности, простирающееся до поверхности Земли. Надежным признаком теплого фронта в теплый период года является наличие яркой полосы на уровне нулевой изотермы, видимой на экране МРЛ.

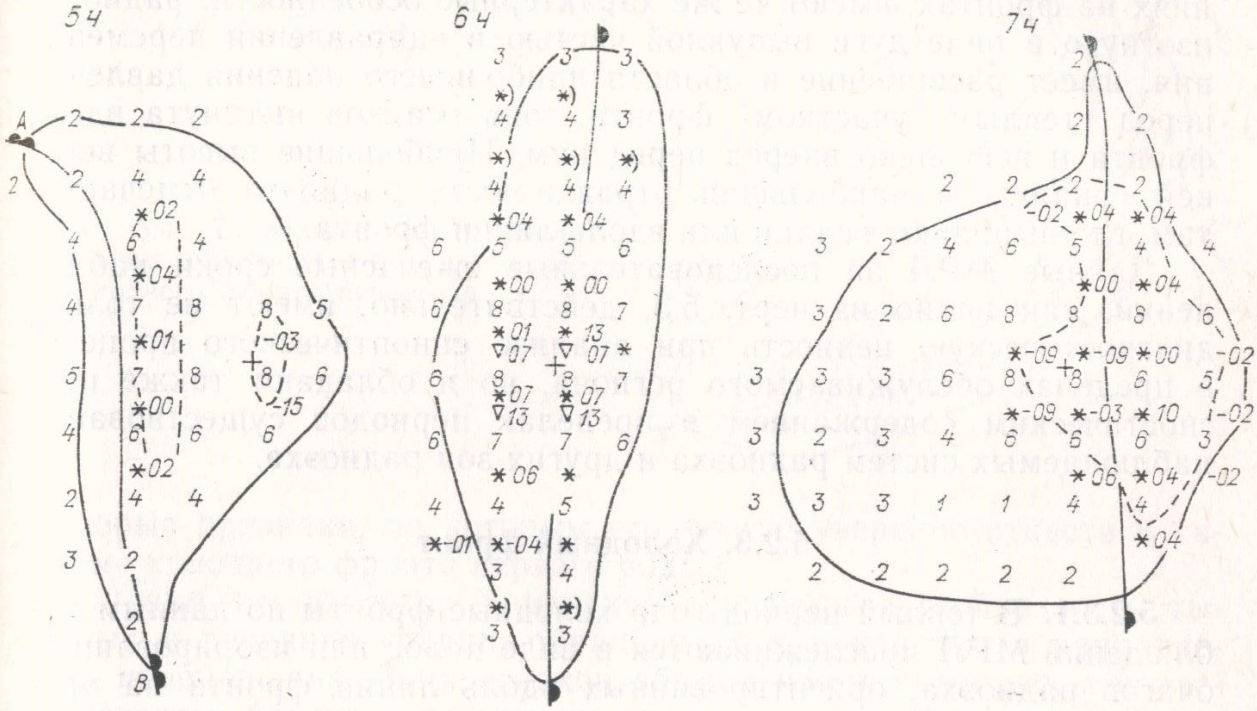
5.2.2.3. Обычно зона облачности, осадков и атмосферных явлений вытянута вдоль фронта. Ширина зоны радиоэха изменяется в зависимости от удаления от центра циклона: она максимальна вблизи центра циклона и минимальна в области гребня или антициклона.

5.2.2.4. Для теплых фронтов во все сезоны года прослеживается суточный ход площади радиоэха в зоне фронтов. В ночные часы площадь и интенсивность радиоэха увеличиваются, а в дневные часы радиоэхо размывается и часто исчезает полностью. Суточный ход изменения радиоэха может отсутствовать вблизи центра циклона.

5.2.2.5. Высота верхней границы радиоэха кучево-дождевых облаков с грозами на теплых фронтах может достигать 9—10 км,

а высота верхней границы радиоэха слоисто-дождевой облачности колеблется от 3 до 7 км.

5.2.2.6. Одна из типичных картин с конфигурацией РОЗО теплого фронта дана на черт. 5.3. Установлено, что наиболее широкая часть радиоэха приходится на область наиболее интенсивного падения давления перед теплым фронтом. К центру циклона направлен характерный выступ радиоэха в виде «носика» (точка *А*),



Черт. 5.3. Радиоэхо облачности и осадков теплого фронта, перемещающегося к востоку, за 28 января 1987 г.

МРЛ Актюбинск обозначен знаком +; контуры радиоэха получены с интервалом 1 час.

что позволяет уточнить направление на область или район с минимальным атмосферным давлением. На периферийной части циклона область широкой части РОЗО постепенно сужается в точке *В*. Зона осадков заметно вытянута вдоль фронта и обычно примыкает ближе к тыловой части радиоэха, т. е. ближе к теплой воздушной массе. Наибольшие высоты верхней границы радиоэха отмечаются в зоне выпадения осадков, а также несколько впереди ее. В таких условиях линию теплого фронта следует проводить через «носик» (т. е. через точку *А*), а в противоположной его оконечности — через середину сужающейся части радиоэха (т. е. через точку *В*).

Проведение линии фронта через выступающие сугубо противоположные части поля радиоэха (часто через его середину) является одним из решающих моментов в предлагаемом подходе анализа местоположения атмосферных фронтов по данным МРЛ.

Представленный на черт. 5.3 пример является в определенной мере «классическим». Обычно картина радиоэха зоны осадков и облачности теплого фронта имеет несколько искаженные контуры

с наличием разнообразных изгибов, всевозможных впадин или выпуклостей. Однако характерный «носик», ориентированный к центру циклона, и сужение его к периферии является вполне устойчивым признаком поля радиоэха, связанного с атмосферным фронтом.

Радиоэхо теплых фронтов, связанных с атмосферными депрессиями и слабо развитыми циклонами, а также при волнообразованиях на фронтах, имеют те же характерные особенности: радиоэхо изогнуто в виде дуги выпуклой частью в направлении перемещения, имеет расширение в области наибольшего падения давления перед теплым участком фронта, зона осадков вытянута вдоль фронта и несколько вперед перед ним. Наибольшие высоты верхней границы и наибольшая отражаемость радиоэха отмечается там, где выпадают осадки или вдоль линии фронта.

Данные МРЛ за последовательные ежечасные сроки наблюдений, как видно из черт. 5.3, действительно, имеют не только диагностическую ценность при анализе синоптического процесса в пределах обслуживаемого региона, но и обладают также прогностическим содержанием в пределах периодов существования наблюдаемых систем радиоэха и других зон радиоэха.

5.2.3. Холодный фронт

5.2.3.1. В теплый период года холодные фронты по данным наблюдений МРЛ прослеживаются в виде полос или изолированных очагов радиоэха, ориентированных вдоль линии фронта на приземной синоптической карте.

5.2.3.2. В зоне холодного фронта обычно можно проследить от одной до четырех гряд радиоэха облачности, ширина которых изменяется от 20 до 80 км. Наиболее широкая гряда совпадает обычно с приземной линией фронта. Гряды радиоэха ориентированы параллельно линии фронта, если фронт на приземной карте расположен в глубокой ложбине.

5.2.3.3. На комплексных картах облачности и атмосферных явлений проследить грядовую структуру радиоэха не представляется возможным. Радиоэхо на таких картах прослеживается как перед фронтом, так и за ним.

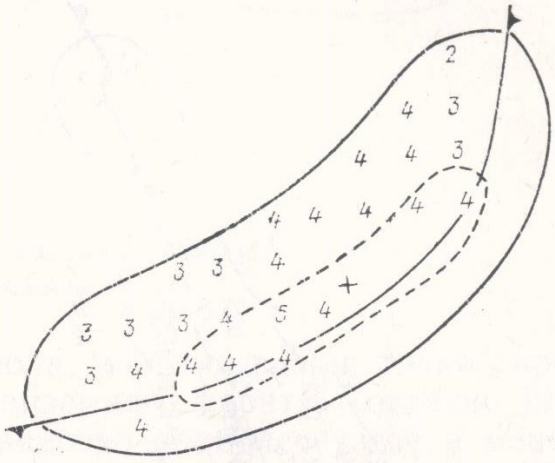
5.2.3.4. Ширина зоны радиоэха вдоль линии фронта изменяется в зависимости от его расположения относительно центра циклона. На фронтах, пересекающих барические гребни и седловины, обнаруживаются отдельные очаги радиоэха, при этом ширина такого радиоэха — не более 40—60 км.

5.2.3.5. Верхняя граница радиоэха слоисто-дождевых и кучево-дождевых облаков с осадками — около 5—7 км. Верхняя граница грозовых облаков в среднем составляет 9—13 км.

5.2.3.6. Ниже представлены некоторые рекомендации, расширяющие возможности использования информации МРЛ в анализе холодных атмосферных фронтов [9].

На характеристиках радиоэха сказываются контраст температуры в зоне холодного фронта, скорость перемещения фронта (от быстро движущегося до стационарного), отсутствие ярко выраженных изаллобарических очагов перед фронтом и другие факторы термодинамического свойства.

На черт. 5.4 изображена одна из типичных конфигураций радиоэха холодного фронта первого рода. Такое радиоэхо имеет не-



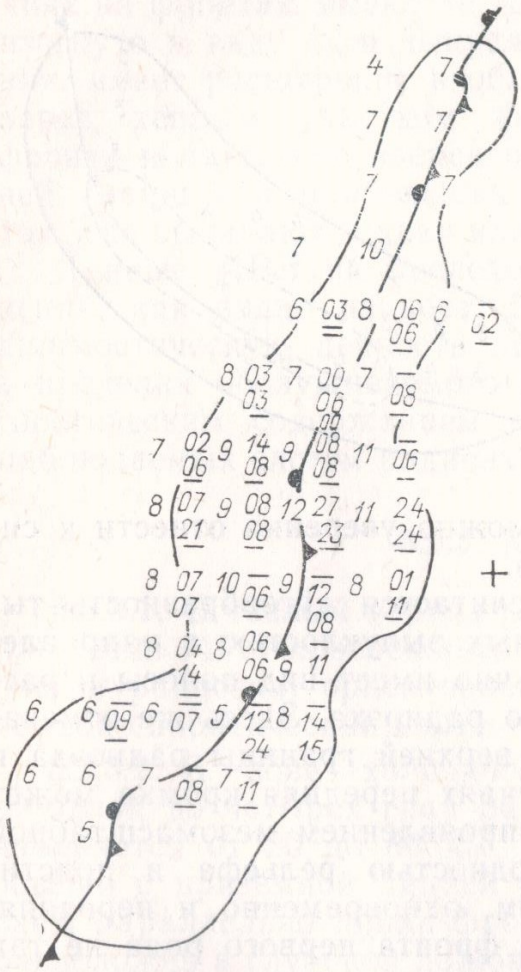
Черт. 5.4. Типичная конфигурация радиоэха облачности и осадков холодного фронта первого рода.

которые признаки, по которым его можно уверенно отнести к системе холодного фронта первого рода.

Одним из основных признаков считается дугообразность тыловых и передних границ, обращенных выпуклостью в направлении перемещения. Зона осадков обычно имеет вид полосы и располагается близко к переднему краю радиоэха. Здесь же отмечаются наибольшие значения высоты верхней границы радиоэха и отражаемости. Однако в других случаях передняя кромка может быть более изрезана, что связано с проявлением мезомасштабной конвекции, обусловленной неоднородностью рельефа и подстилающей поверхности. Таким образом, одновременно и передняя, и тыловая кромки РОЗО холодного фронта первого рода не так часто имеют выраженную дугообразность контуров. Однако эта дугообразность просматривается обычно в профиле тыловой кромки, профиле зоны осадков и контуре области ячеек радиоэха с наибольшими значениями высоты и отражаемости.

Имеются различия между радиоэхо холодных фронтов первого и второго рода. РОЗО холодного фронта второго рода, как правило, имеют вид сплошных или несплошных полос. Прогиба у таких зон радиоэха в направлении перемещения обычно не наблюдается. Осадки в виде очагов располагаются вдоль осевой линии. На холодных фронтах второго рода конвективное радиоэхо отмечается в любое время года. Чем больше скорость перемещения таких фронтов, тем ближе очаги осадков к передней кромке полосы радиоэха (черт. 5.5). Иногда к РОЗО холодного фронта второго рода (к его тыловой части) примыкает радиоэхо слоистообразных облаков, обычно при наличии очага интенсивного роста давления за фронтом.

С холодными атмосферными фронтами, в частности с малоподвижными и стационирующими, часто связывается такое понятие, как волны на атмосферных фронтах. Следует заметить, что волна может образовываться на любом фронте, отдельные смежные участки которого либо замедляются, либо ускоряются в процессе движения. Размеры и время существования волн на фронте

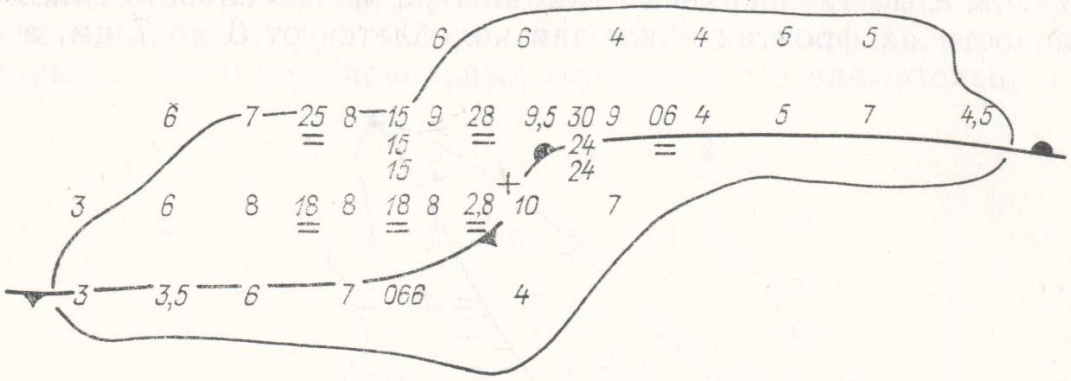


Черт. 5.5. Радиоэхо облачности и осадков холодного фронта второго рода за 9 ч 19 июля 1980 г. по данным МРЛ Актюбинск.

могут существенно различаться. Сеть наземных метеостанций позволяет выявить только крупные волны, хорошо выраженные в поле ветра, давления, температуры, осадков. Однако это не всегда легко сделать, так как в районе волны из-за интенсивного перемешивания ряд параметров, используемых для анализа синоптического процесса, оказываются непоказательными. С помощью информации МРЛ о конфигурации и размерах РОЗО могут быть установлены мезомасштабные аномалии в перемещении смежных участков фронта, вызванными орографическими факторами и другими глубинными процессами циклофронтогенеза.

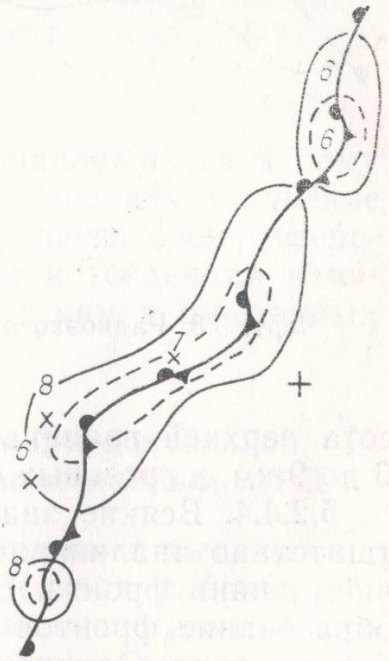
Если фронт хорошо выражен в поле облачности и осадков, а радиоэхо имеет изгибы, характерные для теплого и холодного участков фронта, то это будет служить признаком смены знака фронта. В такой ситуации общая конфигурация РОЗО может по

своему виду напоминать ступеньку (черт. 5.6) с расширяющейся средней частью, в районе которой располагается вершина волнового возмущения на фронте. На малоподвижных фронтах может



Черт. 5.6. Волна на холодном фронте.
Район Алма-Аты.

образовываться сразу несколько волн, поэтому важно точно определить место смены знака линии приземного фронта. Согласно [9], оно может находиться там, где радиоэхо наиболее узкое и менее



Черт. 5.7. Волны на холодном фронте при несплошном радиоэхе.
Район Балхаша.

развитое либо терпит разрыв в области несплошной полосы (черт. 5.7).

Пример прохождения холодного фронта, отражающий основные положения п. 5.2.3.6, приводится на черт. 5.8.

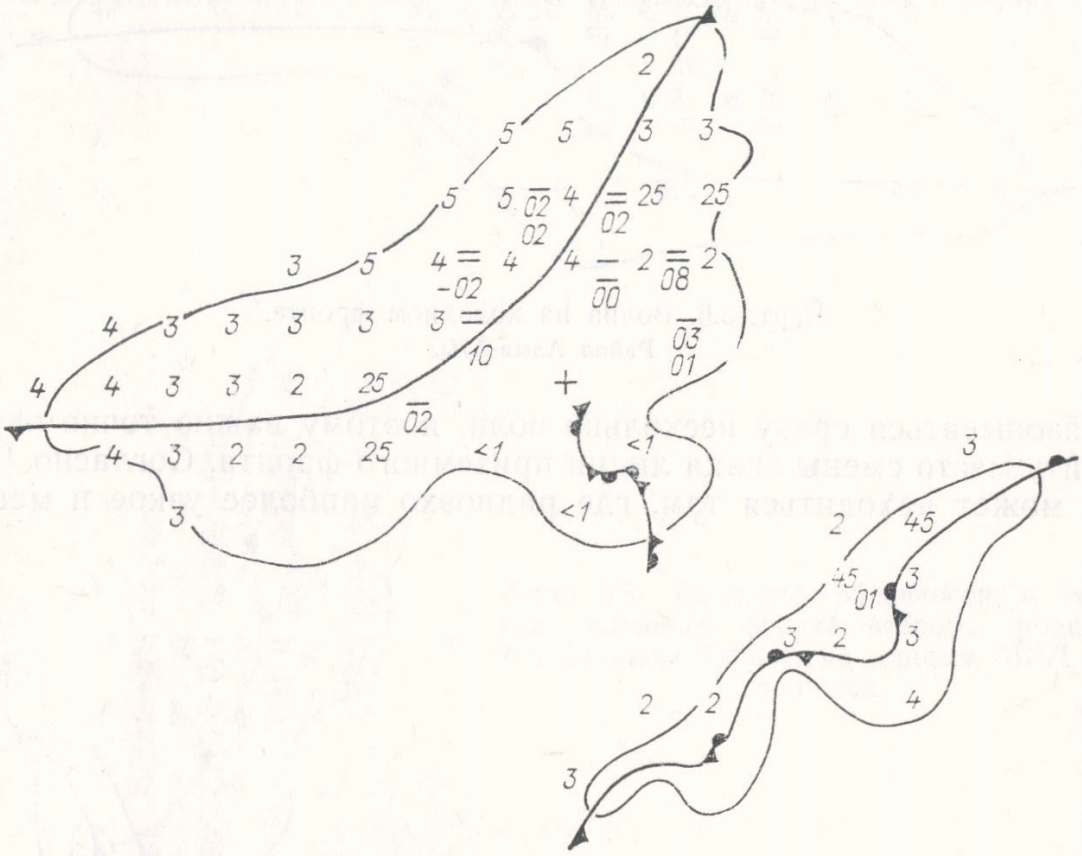
5.2.4. Фронт окклюзии

5.2.4.1. Фронту окклюзии на карте МРЛ соответствуют отдельные гряды конвективных облаков и обширные области слоистообр-

разного радиоэха, если точка окклюзии или центр циклона расположены вблизи пункта установки МРЛ.

5.2.4.2. Ширина радиоэха вдоль линии фронта изменяется мало.

5.2.4.3. Высота верхней границы радиоэха слоисто-дождевой облачности на фронтах окклюзии колеблется от 3 до 7 км, а вы-



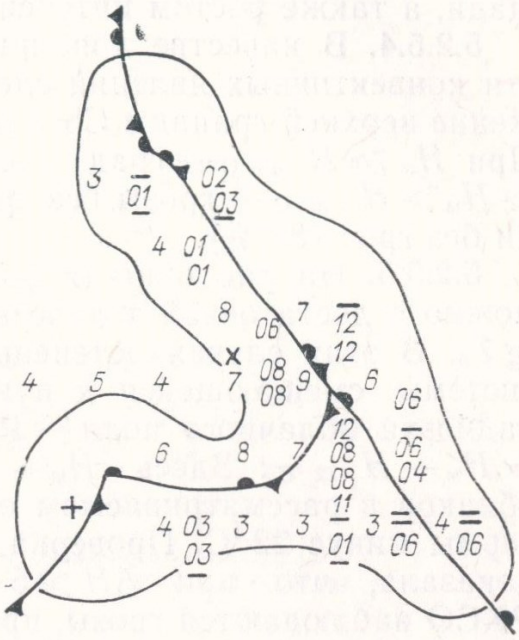
Черт. 5.8. Радиоэхо облачности и осадков за 09 час 20 апреля 1981 г. Район Балхаша.

сота верхней границы кучево-дождевых облаков с ливнями — от 6 до 9 км, в грозовых облаках она достигает 11 км.

5.2.4.4. Всякие значащие выступы контура РОЗО необходимо тщательно анализировать на предмет увязки с возможным наличием линии фронта. Это особенно справедливо, когда происходит образование фронтов окклюзии в соответствующей стадии развития циклона. Однако в таких ситуациях нужно хорошо представлять реальный синоптический процесс в данном районе. Площадь радиоэха в условиях окклюдированных циклонов обычно наиболее значительная. В простейшем случае РОЗО на фронтах окклюзии состоит из трех характерных удлиненных выступов в форме трилистника (черт. 5.9). На холодном участке фронта от точки окклюзии часто отмечается волнообразование, установить которое по данным только синоптических карт невозможно, но очень важно, так как оно замедляет процесс дальнейшего окклюдирования фронтов. Кроме того, известно, что наиболее сильные осадки, наибольшие значения высот верхней границы радиоэха и опасные

грозо-градовые явления вероятнее у точки окклюзии. В некоторых затруднительных случаях точка окклюзии может быть найдена как точка пересечения линий фронтов путем их экстраполяции.

Таким образом, в последнем случае объединены РОЗО трех фронтальных разделов. Здесь следует, опираясь на известные признаки с учетом региональных особенностей, внимательно про-



Черт. 5.9. Радиоэхо облачности и осадков за 03 ч 19 июля 1980 г.
Район Актюбинска.

анализировать и разделить радиоэхо по принадлежности к тому или иному фронтальному разделу. При затруднениях уточнение положения фронтов можно оставить до следующего срока, сосредоточившись на анализе характера движения и тенденции изменения радиоэха в целом, а также связанных с ним и ожидаемых явлений погоды на ближайший период.

5.2.5. Диагноз опасности явлений в системах фронтальной и внутримассовой конвективной облачности по данным МРЛ

5.2.5.1. Для составления качественного прогноза и выдачи своевременного штормпредупреждения о развитии над районом обслуживания грозовой деятельности синоптикам важно иметь более полное представление о синоптико-климатических условиях и пространственно-физических характеристиках облаков, сопровождаемых грозовыми процессами и другими опасными явлениями. К числу таких основных радиолокационных характеристик относятся: высота верхней границы радиоэха ($H_м$); радиолокационная отражаемость ($\lg Z$); критерий грозоопасности облака ($Y = H_м \times \times \lg Z_3$); площадь распространения радиоэха с опасными явлениями погоды.

5.2.5.2. Все названные радиолокационные характеристики тесно связаны с микроструктурными особенностями облаков и физическими процессами, протекающими в них. В свою очередь, интен-

сивность облачных процессов зависит от физико-географических условий, сезона и синоптической обстановки.

5.2.5.3. МРЛ не фиксирует электрического состояния и напряженности поля в облаке. Опознавание грозоопасных зон осуществляется по косвенным признакам. Усиление грозовой активности Cb сопровождается увеличением облака по вертикали и по площади, а также ростом интенсивности выпадающих из них осадков.

5.2.5.4. В качестве дополнительной меры при анализе опасности конвективных явлений следует учитывать относительное положение верхней границы Cb ($H_м$) и изотерм минус 30 и минус 40 °С. При $H_м \geqslant H_{-40\,°C}$ — град (повторяемость 77 %); при $H_{-40\,°C} > H_м > H_{-30\,°C}$ — грозы без града (87 %); при $H_{-30\,°C} > H_м$ — ливни без гроз (82 %).

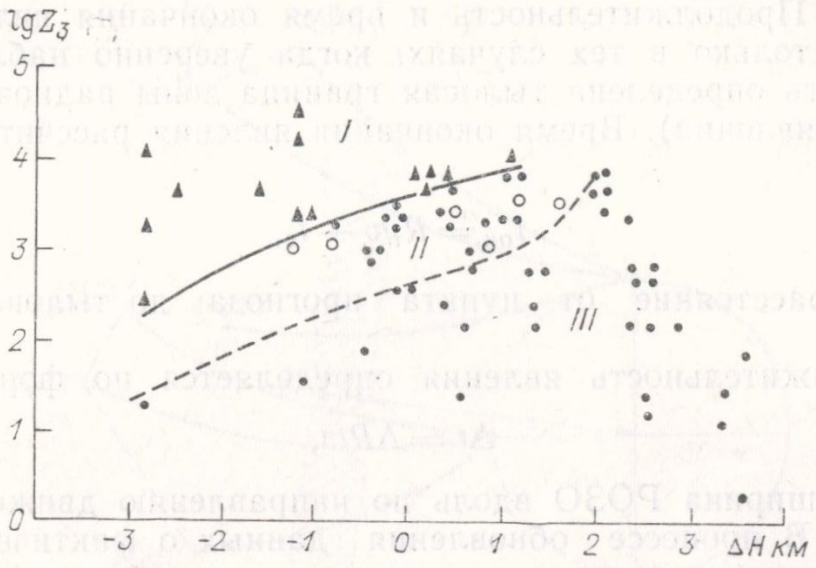
5.2.5.5. На расстояниях более 150—200 км от МРЛ не всегда можно с достаточной точностью измерить величину отражаемости $\lg Z_3$. В этих случаях степень грозовой опасности всей облачной системы, смещающейся к пункту МРЛ, можно выявить по типу радиоэха облачного поля — РКО, РСО, РКСО и величине $\Delta H = H_м - H_{-22\,°C}$. Здесь $H_м$ — максимальная высота радиоэха от облаков в рассматриваемом облачном поле; $H_{-22\,°C}$ — высота изотермы минус 22 °С. Проверка пригодности ΔH для данной задачи показала, что при $\Delta H > 5$ км во всех облачных полях РКО и РКСО наблюдаются грозы, при $\Delta H = 3 \ldots 5$ км равновероятны как ливни, так и грозы, при $-1 < \Delta H < 3$ км грозовые очаги в облачном поле отсутствуют. Значения $\Delta H < -1$ км может служить признаком фронтальной системы без осадков.

5.2.5.6. Практически каждая развитая гроза имеет фронт порывистости (зону шквалистого усиления ветра). Под углами возвышения антенны МРЛ $\varepsilon = 0 \ldots 1°$ эта зона может иногда наблюдаться в виде тонкой линии, опережающей зону осадков из Cb. Особую опасность представляют шквалы со скоростью порыва ветра более 20 м/с. Для индикации шквалов по характеристикам РКО может быть рекомендован график черт. 5.10, на котором для оценки скорости порыва используется эмпирическая зависимость между отражаемостью в верхней части облака ($\lg Z_3$), $\Delta H^* = H_т - H_м$ и $v_{пор}$, где $H_т$ — высота тропопаузы. Как видно, по мере увеличения значения ΔH^* и $\lg Z_3$ возрастает вероятность возникновения сильного порыва ветра. Например, если $\lg Z_3 = 3$ и $\Delta H^* = -2$ км, то скорость ветра при шквале будет более 20 м/с.

5.2.5.7. Наибольшая опасность обледенения самолетов существует в протяженных системах As—Ns—Cb и в Cb. Нижней границей обледенения является уровень нулевой изотермы, который может отмечаться на индикаторах МРЛ в виде «яркой» полосы. Верхнюю границу яркой полосы можно считать за уровень таяния. Наиболее сильное обледенение встречается в Cb, возникающих в поле Ns. По этой причине особую ценность имеет ниформация МРЛ о наличии Cb в поле Ns.

5.2.5.8. Оценка степени турбулентности в Cb по данным МРЛ производится по значению максимальной отражаемости ($\lg Z_{макс}$).

Различным значениям $\lg Z_{макс}$ соответствуют следующие степени турбулентности: при $\lg Z_м > 3{,}9$ (цифра кода 8) — сильная болтанка; при $3{,}9 \geqslant \lg Z_м \geqslant 2{,}8$ (цифра кода 6) болтанка от умеренной до сильной; при $2{,}7 \geqslant \lg Z_м \geqslant 1{,}2$ (цифра кода 4) болтанка умеренная. Предельные расстояния для оценки болтанки с помощью МРЛ не превышают 150 км.



Черт. 5.10. График индикации шквалистых усилений ветра по данным измерений МРЛ.

Области: *I* > 20 м/с; *II* — 15—20 м/с; *III* — менее 15 м/с.

5.3. Использование радиолокационной информации в прогнозе погоды

В оперативной синоптической практике радиолокационная информация наряду с обычной синоптической и аэрологической является исходным материалом для уточнения прогнозов погоды общего назначения и составления штормпредупреждений об опасных явлениях, для метеорологического обеспечения авиации, консультаций пилотов об условиях полета по трассе и в пункте посадки.

5.3.1. Прогноз времени начала, окончания явлений в пункте и их продолжительности

5.3.1.1. Прогноз времени начала явлений по данным одного МРЛ, когда радиоэхо уже наблюдается на экране ИКО, сводится к определению расстояния от пункта прогноза до переднего края радиоэха и расчету скорости перемещения зоны осадков (опасных явлений), которая предположительно смещается в направлении пункта прогноза.

5.3.1.2. Расчет времени начала явления $t_н$ производится по формуле

$$t_н = R_п/v + t_0, \tag{5.1}$$

где v — скорость смещения РОЗО; t_0 — время составления прогноза; $R_п$ — расстояние от пункта прогноза до передней кромки радиоэха.

5.3.1.3. Продолжительность и время окончания явления определяются только в тех случаях, когда уверенно наблюдается и может быть определена тыловая граница зоны радиоэха осадков (опасных явлений). Время окончания явления рассчитывается по формуле:

$$t_{ок} = R_т/v + t_0, \tag{5.2}$$

где $R_т$ — расстояние от пункта прогноза до тыловой границы РОЗО.

Продолжительность явления определяется по формуле

$$\Delta t = \Delta R/v, \tag{5.3}$$

где ΔR — ширина РОЗО вдоль по направлению движения.

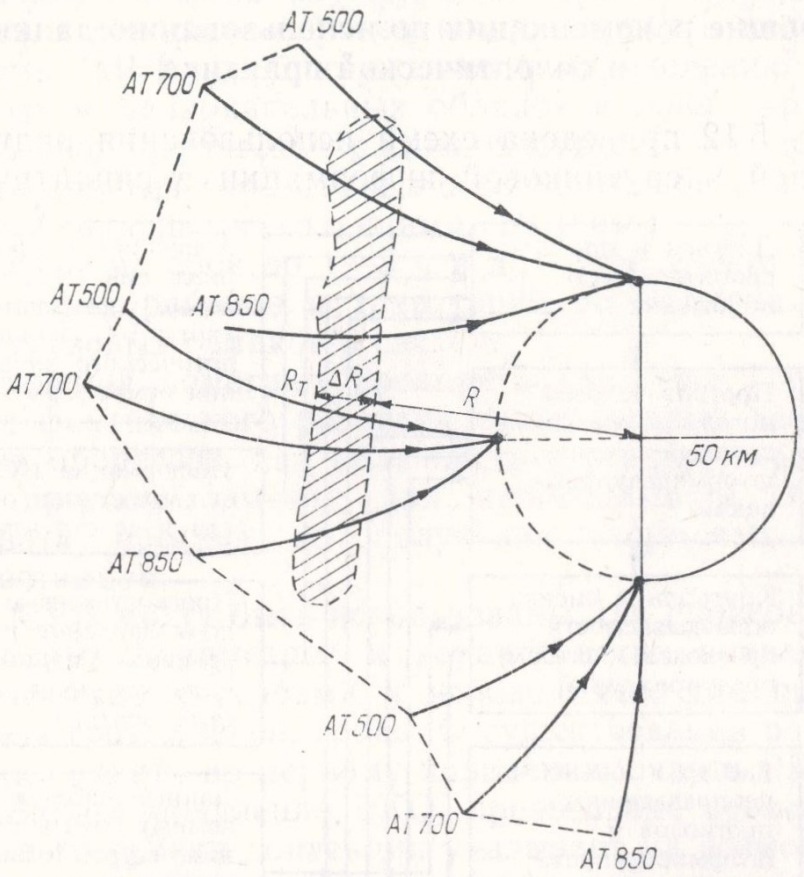
5.3.1.4. В процессе обновления данных о фактических параметрах радиоэха при проведении очередных наблюдений на МРЛ, синоптик может в случае явного изменения ширины радиоэха (ΔR) и скорости движения (v) оперативно корректировать в сторону уменьшения или увеличения как время наступления явления в пункте прогноза, так и его ожидаемую продолжительность (время окончания).

5.3.1.5. При заблаговременности прогноза 1—3 ч можно использовать фактические данные о скорости и направлении движения, полученные непосредственно из наблюдений за движением исследуемой площади радиоэха на МРЛ. При заблаговременности прогноза более 3 ч следует вычислить скорость перемещения радиоэха в соответствии с рекомендациями, изложенными в разделе 4.

5.3.1.6. При наличии в прогностическом центре комплексных карт облачности и атмосферных явлений сети МРЛ, появляется возможность использования такой информации для разработки и корректировки прогнозов с заблаговременностью $\sim$ 12 ч.

Для определения вида и интенсивности возможных явлений в пункте прогноза необходимо выделить на комплексной карте МРЛ район, откуда будет осуществляться в ближайшие 12 ч адвекция воздуха (общий перенос характеристик и начальных параметров атмосферы). С этой целью на комплексную карту МРЛ нужно нанести траектории воздушных частиц на предстоящие 12 ч, построенные для уровней 850, 700 и 500 гПа. Начальные точки этих траекторий будут указывать на территорию и район, откуда следует ожидать поступление масс воздуха с установленными свойствами, характеристиками облачности и опасных явлений (черт. 5.11).

Если в пределах выделенного района (ограниченного кривой, соединяющей точки начала траекторий и линиями предполагаемых траекторий воздушных частиц) расположено облачное поле или система осадков, то с комплексной карты данных сети МРЛ нужно снять отсчет расстояния от пункта прогноза до передней кромки радиоэха R, тыловой границы $R_т$ и ширины РОЗО (ΔR). Используя рекомендации раздела 4 и учитывая данные о факти-



Черт. 5.11. Схематическое определение границ области предполагаемой адвекции облачных элементов и параметров РОЗО (заштрихованная полоса) в район прогноза ($R = 50$ км от МРЛ) по данным МРЛ при заблаговременности $T = 12$ ч.

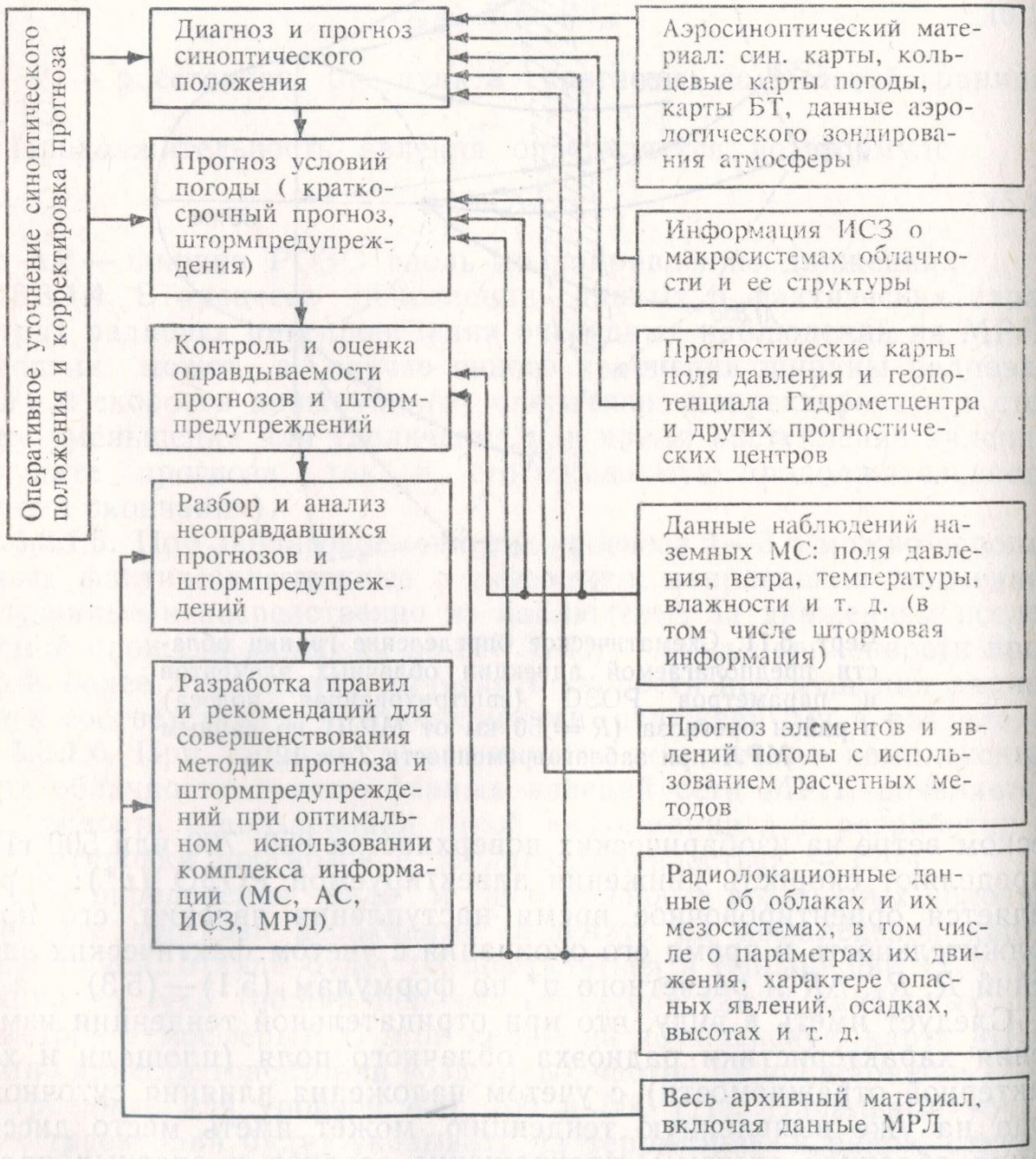
ческом ветре на изобарических поверхностях 850, 700 или 500 гПа определяют скорость движения адвектируемой РОЗО (v^*); определяется ориентировочное время наступления явления, его продолжительность и время его окончания с учетом фактических значений R, $R_т$, ΔR и расчетного v^* по формулам (5.1)—(5.3).

Следует иметь в виду, что при отрицательной тенденции изменения характеристики радиоэха облачного поля (площади и характерной отражаемости) с учетом наложения влияния суточного хода на уже выявленную тенденцию, может иметь место диссипация облачной системы, прекращение осадков и опасных явлений еще до того момента, когда передний фронт прогнозируемых явлений и осадков приблизится к пункту прогноза.

Иногда возможен и обратный процесс, когда при положительной тенденции изменения характеристик радиоэха облачного поля и усиливающем влиянии суточного хода конвективное облакообразование резко активизируется, возрастает степень опасности явлений и расширяется район их распространения, что приводит к быстрому перемещению переднего фронта явлений и более раннему их наступлению, чем это предполагалось по прогнозу.

5.3.2. Общие рекомендации по использованию данных МРЛ в синоптической практике

На черт. 5.12 приведена схема использования радиолокационной, наземной и спутниковой информации в синоптическом ана-



Черт. 5.12. Схема использования наземной, спутниковой и радиолокационной информации в синоптическом анализе при разработке и контроле оправдываемости прогнозов погоды.

лизе при разработке и контроле оправдываемости краткосрочного прогноза погоды.

Коротко прокомментируем применение радиолокационных данных в пределах этой схемы.

5.3.2.1. Наиболее эффективное использование радиолокационной информации для анализа и прогноза погодных условий может быть достигнуто при ее совместном применении с традиционной — аэросиноптической — и со спутниковой. Применение информации с ИСЗ позволяет в ряде случаев компенсировать недостаточную эффективность МРЛ по обнаружению и определению характеристик перистых и мелкокапельных облаков нижнего яруса.

5.3.2.2. Метеорологические радиолокаторы позволяют получать надежные диагностические данные о конвективной облачности, сопровождаемой опасными явлениями. Эти сведения полезны для прогноза погоды на срок до 1—3 ч и для определения штормовых и штормоопасных районов и траекторий перемещения ливневых, градовых и грозовых облаков и систем.

Такие сведения помогают проверять (не реже 1 раза в час) соответствие фактического развития таких важных характеристик атмосферных процессов, как облачность и осадки, в рамках краткосрочного прогноза погоды; при необходимости своевременно корректировать прогноз до получения штормовых оповещений с сети метеостанций.

Данные МРЛ могут быть использованы для проверки или уточнения некоторых параметров и характеристик конвекции, полученных расчетными способами и необходимых для применяемых схем прогноза гроз, ливней, града. О существовании развитой конвекции можно судить по первому появлению очагов РКО в радиусе обзора. Раннее появление РКО, превышение верхней границы РКО расчетного уровня конвекции указывает на возможность развития более интенсивных и опасных явлений, чем ожидалось по прогнозу.

5.3.2.3. Местоположение РКО и РСО с учетом общей синоптической обстановки в пределах эффективных радиусов обнаружения позволяет производить диагноз и оценку условий погоды. Если в пределах макромасштабной области однородного РСО, связанной с возмущением синоптического масштаба, находятся одна или несколько наземных МС, сведения о фактической погоде с которых поступают на АМСГ, то данные о характеристиках слоистообразной облачности можно распространить на всю область фиксируемого радиоэха. Такая рекомендация особенно успешно может применяться в осенние и зимние месяцы и будет обоснованной, если данные ИСЗ подтверждают наличие слоистообразной облачности на большой территории.

5.3.2.4. Зоны РКО позволяют классифицировать воздушную массу, в которой они выявлены, как неустойчивую. Образование и развитие очагов РКО в ночные часы указывает на значительную неустойчивость данной воздушной массы. Появление РСО, в особенности неприподнятого, в полуденные часы или отсутствие ра-

диоэха указывает на значительную устойчивость воздушной массы. При наличии данных с нескольких МРЛ, которые перекрывают большую территорию, это правило позволит разделить соседние воздушные массы по признаку их термодинамической устойчивости.

5.3.2.5. В условиях одной и той же воздушной массы изменение общей площади РКО в моменты ее максимального развития (от предыдущего дня к последнему) позволяет делать оценку трансформации характеристик неустойчивости этой воздушной массы. Уменьшение площади РКО в момент ее максимального развития по сравнению с предыдущим днем, указывает на уменьшение неустойчивости данной воздушной массы. Увеличение площади РКО в момент ее максимального развития, а также наступление этого момента в более ранние часы, например в 12—13 ч по сравнению с 15—18 ч в предыдущий день, указывает на трансформацию этой воздушной массы в более неустойчивую — с большим запасом потенциальной неустойчивости и водяного пара.

5.3.2.6. По величине площади радиоэха облачности и осадков можно оценивать временну́ю устойчивость характера погоды, существующего в области распространения этого радиоэха. Радиоэхо с площадью 3000 км^2 и менее редко существуют более 3 ч и, как правило, распадаются за этот период времени или вновь возникают в другом районе (наиболее характерно для внутримассовых явлений). Площади радиоэха, составляющие более 10 000 км^2, как правило, могут существовать значительно дольше (более 6 ч), так как они непосредственно обусловлены существованием больших облачных систем, появление которых связано с крупномасштабными восходящими движениями.

5.3.2.7. Положительная тенденция измерения площади ΔS и отражаемости ΔZ радиоэха облачности и осадков (в радиусе 150—180 км), наряду с увеличением числа ячеек, занятых опасными явлениями (переход $\dot{\nabla} \rightarrow \mathbb{R}$, : $\rightarrow \dot{\nabla}$, $\mathbb{R}$), может характеризовать изменение погодных условий в зоне аэропорта от простых к более сложным. Неизмененные погодные условия в зоне аэропорта будут связаны с относительно устойчивыми значениями площади радиоэха и отражаемости, на что укажет тенденция ΔS и ΔZ — «без изменения». Отрицательная тенденция изменения радиолокационных характеристик с учетом изменяющейся общей синоптической ситуации является достаточным условием, позволяющим предвидеть улучшение погодных условий с некоторой заблаговременностью по сравнению с отменой штормовых оповещений отдельными метеостанциями. Период такой заблаговременности выясняется после набора радиолокационных данных в каждой синоптической ситуации для каждого конкретного района. Однако часто только значительное уменьшение или полное исчезновение радиоэха является признаком прекращения грозовой деятельности.

5.3.2.8. Большие области конвективного (РКО), слоистообразного (РСО) и смешанного (РКСО) радиоэха, как правило, свя-

заны с крупномасштабным упорядоченным подъемом, а также «пятнами», областями или полосами неустойчивости в области фронтальных зон. Пятна и полосы неустойчивости своим происхождением обязаны различным мезомасштабным неоднородностям в термическом поле средней тропосферы и наличию на разных высотах неоднородностей адвекции, которые не всегда можно выявить при анализе синоптических карт. Заметное расхождение между положением радиоэха облачности (РОЗО) и самого фронта должно побудить синоптика к дополнительной проверке общего фронтального анализа (особенно при ожидаемом прохождении холодных фронтов и при наличии стационарного фронта с волнами).

5.3.2.9. Операторы МРЛ на основе фактических наблюдений консультируют синоптика о возможном перемещении зон РКО и опасных явлений, однако окончательный прогноз составляет синоптик. Учащенные наблюдения за РКО, предполагаемая траектория перемещения которых проходит через район аэропорта, позволяют построить прогностические траектории перемещения РКО с заблаговременностью до 1—3 ч.

Для прогноза погоды на срок до 6—12 ч данные нескольких МРЛ можно эффективно использовать для оценки направления и скорости перемещения границ зоны выпадающих осадков. Направление перемещения всей зоны выявленных осадков за предыдущие сроки, полученное по данным нескольких МРЛ на стыкованной карте целого региона, наиболее правильно отражает фактическое направление, которое следует рассматривать как возможный путь последующего распространения осадков.

5.3.2.10. Информация МРЛ входит в общую метеорологическую информацию, которую получает пилот при подготовке к полету и при выборе оптимального маршрута. При выборе маршрута должны приниматься во внимание рекомендации, позволяющие избежать встречи с грозой. Данные МРЛ при подготовке к полету указывают пилоту, на что ему следует обратить внимание во время полета.

5.3.2.11. Данные МРЛ могут находить применение в оценке оправдываемости прогнозов погоды.

Ежечасные или 3-часовые данные об изменении характеристик РОЗО при наличии Cb позволяют синоптику АМСГ и Бюро погоды устанавливать меру и степень соответствия фактического состояния облачного режима и опасных явлений на данный момент времени над территорией его прогностическим характеристикам (формы, высоты, времени начала явлений и т. д.). В разборе неоправдавшихся прогнозов погоды данные МРЛ могут быть дополнительными источниками информации для углубленного синоптического анализа. При разборе неоправдавшихся прогнозов нужно учитывать, в какой степени радиолокационные данные характеризовали непредусмотренные прогнозом изменения синоптического процесса и в какой мере это было учтено синоптиком для своевременного уточнения прогноза.

В оценке оправдываемости прогнозов погоды радиолокационные данные будут полезны: при установлении времени начала и окончания грозовой деятельности; для утверждения существования отдельных зон осадков, гроз и локальных Cb, не обнаруженных сетью метеостанций из-за дискретности визуальных данных. Информация МРЛ может быть более точным источником сведений об облаках Cb, развивающихся внутри слоистодождевых облаков (Ns) и над ними. Для наземного наблюдателя в этой ситуации облака Cb скрыты сплошной пеленой более низких слоистообразных облаков. Две визуально плохо отличимые друг от друга формы облачности Sc op. и Ns хорошо различаются на МРЛ (последние по наличию яркой полосы и большей вертикальной протяженности).

5.4. Радиолокационно-синоптический метод прогноза шквала

5.4.1. Описание метода

Метод предназначен для диагноза шквала со скоростью более 20 м/с по данным МРЛ (скорости переноса радиоэха $v_р$, отражаемости на третьем уровне $\lg Z_3$, высоте радиоэха H), по аэрологическим данным (высоте тропопаузы $H_т$, температуре на верхней границе облака $t_в$), по синоптическим данным (разности тенденций давления — ΔP и контраста температур — ΔT на фронте). Диагноз шквала с $v \geqslant 20$ м/с выполняется по радиолокационным данным.

Для диагноза шквала с $v \geqslant 25$ м/с используется черт. 5.13. С помощью черт. 5.13*а* по радиолокационным и аэрологическим данным отделяются ситуации «без сильного шквала» — «сильный шквал». С помощью черт. 5.13*б* по синоптическим данным уточняется диагноз «сильный шквал».

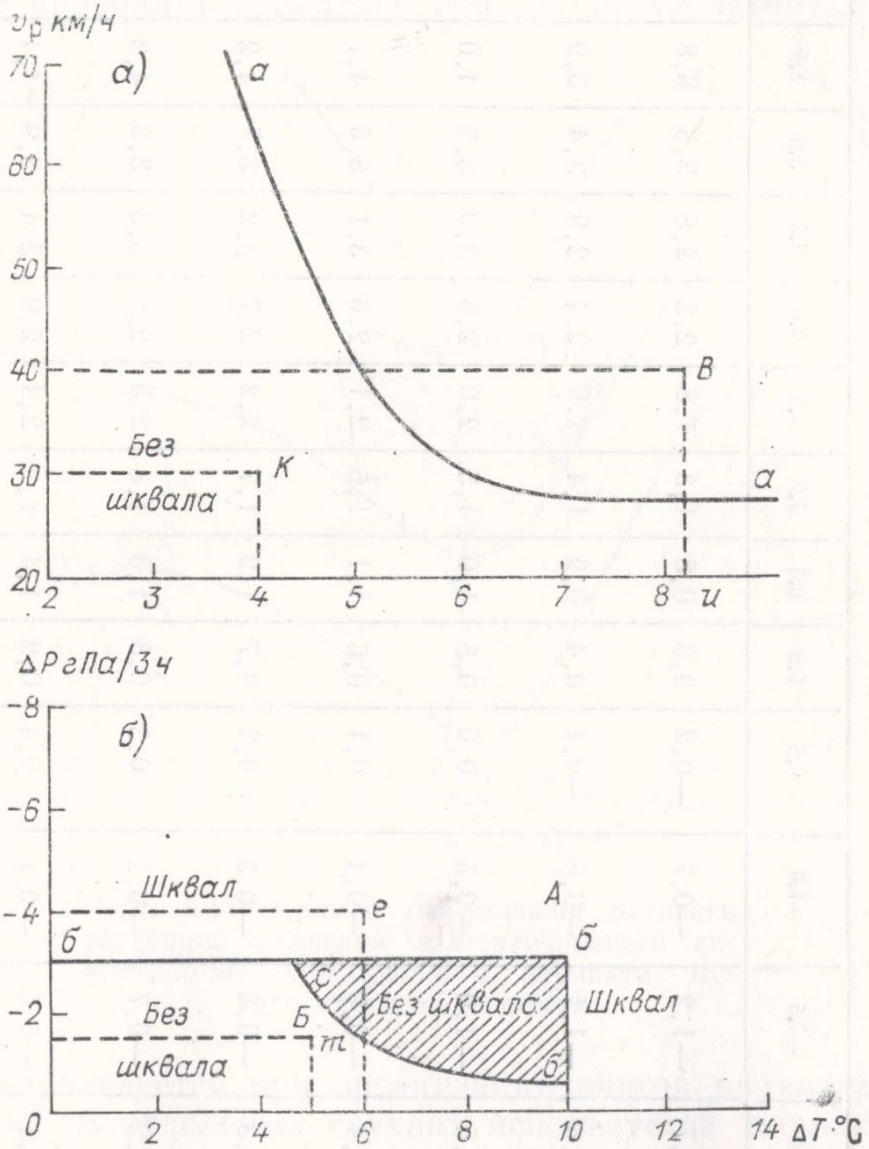
Для расчета дискриминантной функции u используется формула

$$u = 0{,}2 \lg Z_3 + (H - H_т) - 0{,}1 t_в. \qquad (5.4)$$

Для расчета u можно применять табл. 5.1.

Величина ΔP определяется как максимальная разность тенденций давления в пределах полосы длиной 500 км от пункта установки МРЛ в сторону притекающей воздушной массы и шириной 300 км. Из наибольшего падения давления вычитается наибольший рост давления (черт. 5.14). Величина ΔT определяется как максимальная разность температур в пределах той же полосы. Например, наибольшая $T = 26$ °С и наименьшая $T = 15$ °С; тогда $\Delta T = 11$ °С; при наибольшем падении давления 1,8 гПа/3 ч и наибольшем росте давления 1,3 гПа/3 ч $\Delta P = -1{,}8 - (+1{,}3) = -3{,}1$ гПа/3 ч. Обычно $\Delta T > 0$ и $\Delta P < 0$. Если получается

$\Delta T > 0$, а $\Delta P < 0$, то считается, что $\Delta T = 0$ и $\Delta P = 0$. Значения $H_т$, $t_в$, ΔP и ΔT рассчитываются синоптиком и передаются штату МРЛ. Значения $H_т$ и $t_в$ обновляются по мере поступления аэрологических данных через 6—12 ч, ΔP и ΔT снимаются с кольцевых карт погоды каждые 3 ч.



Черт. 5.13. Графики для диагноза шквала со скоростью более 25 м/с по уточненному синоптико-радиолокационному варианту метода прогноза шквалов.

5.4.2. Порядок применения

Первый шаг

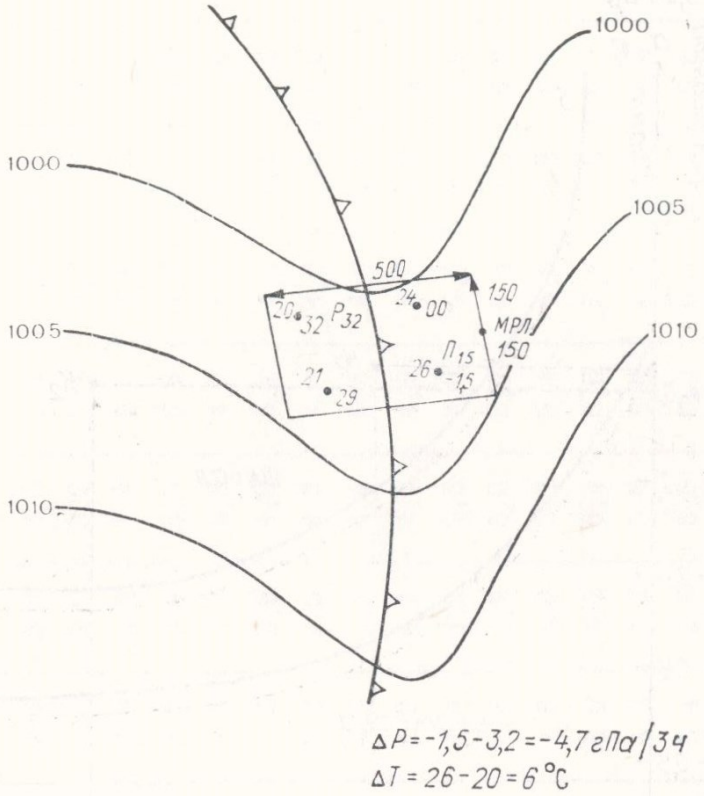
На этом шаге проводится выделение ситуаций «без шквала по району». При достижении максимальной высоты радиоэха Cb (в радиусе 180 км) $H \geqslant 10$ км оценивается возможность образования шквала по району при помощи черт. 5.15. Для оценки в радиусе 180 км от МРЛ выбирается радиоэхо с максимальной высотой, при равных H с максимальным значением $v_р$. Используя табл. 5.2, по $\lg Z_3$ и $v_р$ определяется значение $(\lg Z_3 + 0{,}04\, v_р)$.

Таблица 5.1

Значения $0{,}2 \lg Z_3 + (H - H_т)$

$\lg Z_3$	$H - H_т$ м																
	—3	—2,5	—2,0	—1,5	—1,0	—0,5	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
1,2—1,7	—2,7	—2,2	—1,7	—1,2	—0,7	—0,2	0,3	0,8	1,3	1,8	2,3	2,8	3,3	3,8	4,3	4,8	5,3
1,8—2,2	—2,6	—2,1	—1,6	—1,1	—0,6	—0,1	0,4	0,9	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4	4,9	5,4
2,3—2,7	—2,5	—2,0	—1,5	—1,0	—0,5	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
2,8—3,2	—2,4	—1,9	—1,4	—0,9	—0,4	0,1	0,6	1,1	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6
3,3—3,7	—2,3	—1,8	—1,3	—0,8	—0,3	0,2	0,7	1,2	1,7	2,2	2,7	3,2	3,7	4,2	4,7	5,2	5,7
3,8—4,2	—2,2	—1,7	—1,2	—0,7	—0,2	0,3	0,8	1,3	1,8	2,3	2,8	3,3	3,8	4,3	4,8	5,3	5,8
4,3—4,7	—2,1	—1,6	—1,1	—0,6	—0,1	0,4	0,9	1,4	1,9	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4	4,9	5,4	5,9
4,8	—2,0	—1,5	—1,0	—0,5	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0

По полученным значениям ($\lg Z_3 + 0{,}04\, v_р$) и H определяется диагноз «шквал — без шквала». При этом считаем, что шкала A соответствует наличию основного хорошо выраженного холодного фронта или фронта окклюзии в радиусе 300 км от МРЛ. При отсутствии синоптических данных оценку синоптического положения можно проводить в радиусе 300 км по характеру радиоэха.



Черт. 5.14. Пример определения разности тенденций давления для уточненного синоптико-радиолокационного варианта метода прогноза шквалов.

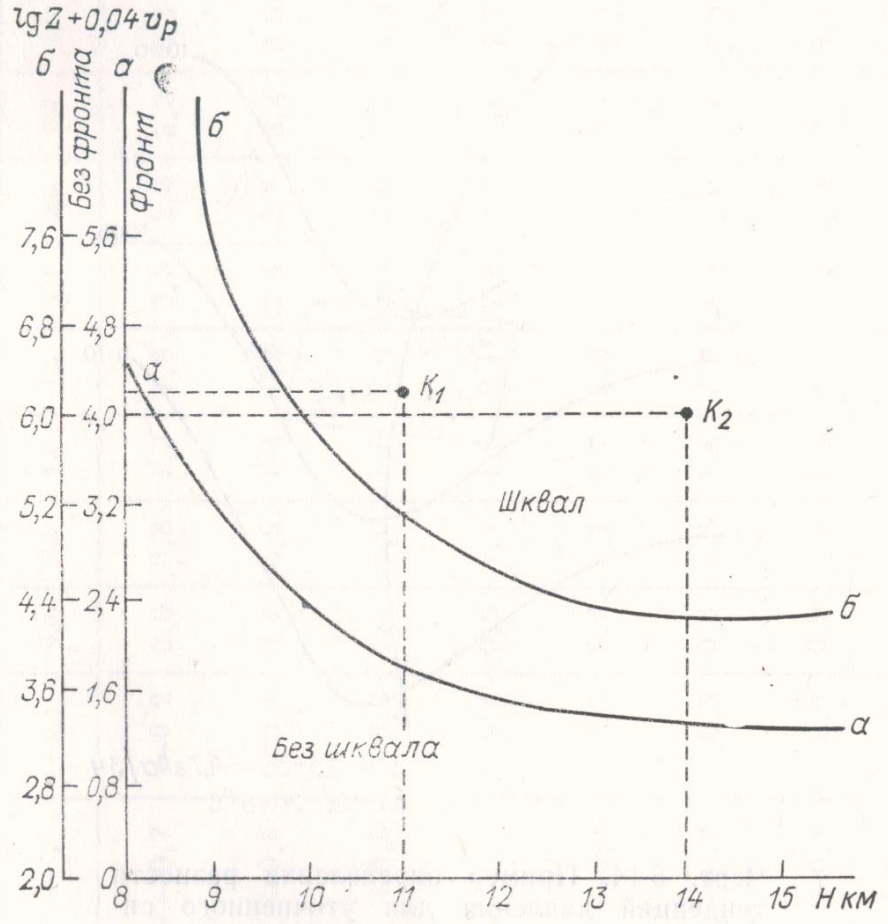
Шкала A используется при организации очагов радиоэха в виде полос и гряд. В отдельных случаях используется шкала $Б$. Если на черт. 5.15 попадаем ниже кривой «*аа*», то дается диагноз «без шквала» и расчеты прекращаются. Если попадаем выше кривой «*аа*» или на нее, то дается диагноз «шквал».

Второй шаг

При диагнозе на первом шаге «шквал» выполняется диагноз сильного шквала (со скоростью более 25 м/с). Для $H < 10$ км и $v_р \leqslant 25$ м/с диагностируется отсутствие сильного шквала. В остальных случаях проводятся расчеты по черт. 5.13. Поскольку обновление синоптических данных происходит через 3 ч, а аэрологических — через 6—12 ч, то расчеты проводятся один раз в 3 ч в первый срок наблюдений на МРЛ после поступления очередной кольцовки или аэрологических данных к дежурному синоптику. Результат диагноза сохраняется на следующие 3 ч до

поступления новых данных. В случаях быстрого изменения радиолокационных характеристик (как правило, в утренние и вечерние сроки) расчеты могут проводиться чаще. При этом сохраняются последние значения синоптических и аэрологических параметров.

Диагноз сильного шквала выполняется в следующей последовательности.



Черт. 5.15. График для определения ситуации без шквала.

Рассчитывается значение u по формуле (5.4). Здесь, чтобы вычислить u, к $0{,}2 \lg Z_3$ прибавляется $(H - H_т)$ с учетом знака. Для ускорения расчетов можно использовать табл. 5.1. Далее вычитается $0{,}1\, t_в$. Например, $\lg Z_3 = 3{,}0$, $(H - H_т) = -1{,}5$ и $t_в = -50$ °С. По табл. 5.1 находим $0{,}2 \lg Z_3 + (H - H_т) = -0{,}9$. Тогда $u = -0{,}9 - 0{,}1\ (-50) = -0{,}9 + 5{,}0 = 4{,}1$.

По рассчитанному значению u и скорости движения радиоэха $\upsilon_р$ входим в черт. 5.13 *а*. Если точка попадает ниже линии «*аа*», то ставим диагноз «без сильного шквала» и переходим к третьему шагу. Если же точка попадает на линию или оказывается выше нее, то диагноз шквала уточняется по черт. 5.13 *б*. Вместо графика на черт. 5.13 *а* можно использовать табл. 5.3, в которой для каждого значения $\upsilon_р$ приводятся критические значения $u_к$. Если рассчитанное значение u для данной $\upsilon_р$ меньше табличного, то ставится диагноз «без сильного шквала», если больше или равно ему,

Таблица 5.2

Расчет выражения ($\lg Z_3 + 0{,}04\, v_p$)

$\lg Z_3$	v_p км/ч																
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
1,2	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4
1,4	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6
1,6	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8
1,8	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
2,0	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2
2,2	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4
2,4	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6
2,6	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8
2,8	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0
3,0	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2
3,2	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4
3,4	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6
3,6	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8
3,8	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0
4,0	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2
4,2	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,4
4,4	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	4,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,4	7,6
4,6	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8
4,8	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	8,0

то переходим к черт. 5.13 *б*. Например, $u = 4{,}1$, $v_р = 50$ км/ч. Табличное значение $u_к = 4{,}5$ — диагноз «без шквала». $u = 6{,}2$, $v_р = 40$ км/ч. Табличное значение $u_к = 5{,}0$ — переходим к черт. 5.13 *б*.

По значениям ΔT и ΔP с помощью черт. 5.13 *б* уточняем диагноз сильного шквала. Если точка попадает выше линии «*бб*» или на нее, то диагностируется «сильный шквал». Ниже линии диагностируется отсутствие сильного шквала. В зоне «*ббб*» (заштрихованной) диагностируется шквал при наличии грядовой структуры радиоэха. В тех случаях, когда имеются аэрологические данные и отсутствуют данные синоптические, расчеты можно проводить только по черт. 5.13 *а*.

Таблица 5.3

Критические значения $u_к$

$v_р$ км/ч	30	35	40	45	50	55	60	65	70
$u_к$	6,0	5,5	5,0	4,8	4,5	4,4	4,2	4,0	3,8

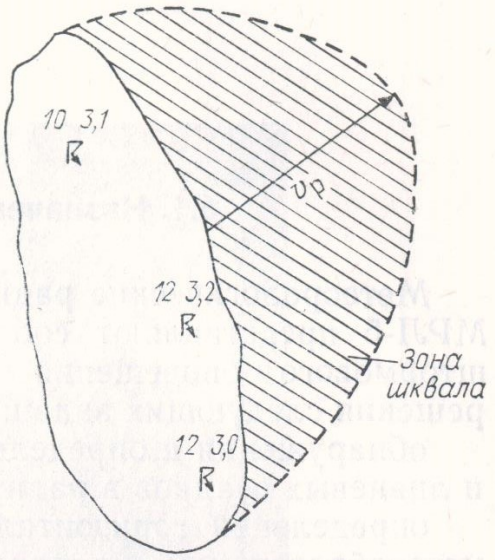
Третий шаг

На этом шаге выполняется оценка скорости шквала. Если на предыдущем шаге получен диагноз «сильный шквал», то оценка выполняется по табл. 2.6. Полученное значение v следует рассматривать как середину прогностического интервала $(v + \Delta v)$ с $\Delta v = \pm 2$ м/с. Проверка по исходной выборке, включающей 64 случая шквала со скоростью больше 25 м/с, показала, что в 72 % случаев ошибка диагноза не превышает 2 м/с, в 94 % — 5 м/с. Если на предыдущем шаге получен диагноз «без сильного шквала», то оценка скорости шквала проводится по табл. 2.7. Проверка по исходной выборке, включающей 374 случая шквала, показала, что в 48 % случаев ошибка диагноза не превышает 2 м/с, в 85 % случаев — не превышает 5 м/с. В тех случаях, когда при диагнозе «без сильного шквала» v по табл. 2.7 больше 22 м/с, используется градация «...порывы 20—24 м/с». Если $v < 18$ м/с, то считаем, что по району шквалов со скоростью больше 20 м/с нет.

Четвертый шаг

Если $v \geqslant 18$ м/с, то считаем, что по району возможно образование шквалов со скоростью больше 20 м/с. В этом случае оценка скорости порывов ветра выполняется штатом МРЛ для тех зон радиоэха Cb, которые интересуют потребителя. Оценка скорости порывов ветра для конкретных зон выполняется в соответствии с результатами диагноза сильного шквала по району. При диагнозе «сильный шквал по району» используется табл. 2.6, при диагнозе «шквал по району» определение скорости шквала проводится по табл. 2.7. Если для данной зоны радиоэха Cb $v \geqslant 18$ м/с, то результат диагноза (координаты зоны, направление и скорости ее перемещения, скорость шквала) передаются дежурному синоптику. Считается, что зона шквала располагается перед фронталь-

ной (по направлению переноса) частью облака на удалении до 15 км от передней границы зоны осадков в соответствии с черт. 5.16.



Черт. 5.16. Расположение зоны шквала относительно РКО.

5.4.3. Пример прогноза

Предположим, что максимальное радиоэхо в зоне холодного фронта на удалении 60 км имеет следующие характеристики: $H = 14$ км, $\lg Z_3 = 2{,}4$, $v_р = 40$ км/ч. По табл. 5.2 находим $\lg Z_3 + 0{,}04\, v_р = 4{,}0$. По черт. 5.15 (шкала A) находим точку K_2, которая лежит выше кривой «*аа*». Диагноз «шквал». Определяем значения $t_в$, $H_т$ по аэрологическим данным, ΔP и ΔT снимаем с последней кольцовки. Пусть $t_в = -57$ °С, $H_т = 12$ км, $\Delta P = -4{,}0$ гПа/3 ч, $\Delta T = 6$ °С. По табл. 5.1 находим $0{,}2 \lg Z_3 + (H - H_т) = 2{,}5$, тогда $u = 2{,}5 - 0{,}1(-57) = 2{,}5 + 5{,}7 = 8{,}2$. По черт. 5.13 *а* находим точку «*в*», которая лежит выше линии «*аа*». Уточняем диагноз шквала по черт. 5.13 *б*. Для данных значений ΔP и ΔT находим точку «*е*», которая лежит выше линии «*ббб*». По табл. 2.6 для данных значений $\lg Z_3$ и $v_р$ находим $v = 27$ м/с. Следовательно, по району в радиусе 180 км имеются условия для образования шквалов со скоростью 25—29 м/с.

Оценка скорости шквала для конкретных зон радиоэха выполняется штатом МРЛ на основании прогноза «сильный шквал по району».

Пусть зона радиоэха, выходящая в соответствии с направлением и скоростью ее перемещения в район аэродрома, имеет характеристики $H = 11$ км, $\lg Z_3 = 3{,}4$, $v_р = 40$ км/ч. По табл. 2.6 находим: $v = 26$ м/с. Дежурному синоптику передается сообщение: «зона 1, азимут 180—220°, удаление 70—90 км, направление 20°. С зоной связаны гроза, шквал, скорость порывов 24—28 м/с». На бланке формы № 2 рядом с соответствующим радиоэхом Cb делается пометка: шквал 26 м/с.

6. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ РАДИОЛОКАТОРАХ МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5

6.1. Назначение МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5

Метеорологические радиолокационные станции МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5 представляют собой специализированные радиолокаторы штормового оповещения и градозащиты, предназначенные для решения следующих задач:

обнаружения и определения местоположения очагов гроз, града и ливневых осадков в радиусе 300 км;

определения горизонтальной и вертикальной протяженности метеообразований, направления и скорости их смещения;

определения верхней и нижней границы облаков;

измерения мощности радиоэха метеорологических целей.

МРЛ-5 позволяет решать не только задачи штормового оповещения, но и служит для обеспечения градозащиты:

обнаруживает и локализует градовые очаги в облаках;

измеряет их координаты и определяет физические характеристики.

Особенности работы МРЛ-5 в режиме градозащиты изложены в «Руководстве по применению радиолокаторов МРЛ-4, МРЛ-5 и МРЛ-6 в системе градозащиты».*

6.2. Особенности построения радиолокатора

6.2.1. Метеорологический радиолокатор МРЛ-1

Метеорологический радиолокатор МРЛ-1 (черт. 6.1, табл. 6.1) представляет собой передвижную радиолокационную станцию. МРЛ-1 имеет ряд особенностей, обусловленных его метеорологическим назначением:

1) два раздельных канала — миллиметровый и сантиметровый, каждый из которых обладает высоким потенциалом; для получения информации об облаках, находящихся на малых расстояниях и не содержащих частиц осадков, предпочтительнее использовать I канал, для получения информации об облаках и осадках и о зонах выпадения осадков более эффективно применение II канала;

2) антенну с параболическим отражателем диаметром 3 м и двухдиапазонным облучателем, формирующую узкие и симмет-

* Л.: Гидрометеоиздат, 1980.

ричные в обеих плоскостях диаграммы направленности; применение такой антенны обеспечивает получение высокой разрешающей способности по угловым координатам и дает возможность получать необходимую точность измерения горизонтальных и вертикальных параметров радиоэха;

Черт. 6.1. Метеорологический радиолокатор МРЛ-1.

3) приемные устройства I и II каналов, каждое из которых обладает высокой чувствительностью и широким динамическим диапазоном входных сигналов; высокая чувствительность приемных устройств позволяет увеличить дальность обнаружения метеообъектов, а широкий динамический диапазон (в логарифмическом режиме) обеспечивает высокую точность количественных измерений;

4) специальные устройства: систему изоэха и измеритель мощности отраженных сигналов (ИМОС) для производства количественных измерений мощности радиоэха;

Таблица 6.1

Основные тактико-технические данные МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5

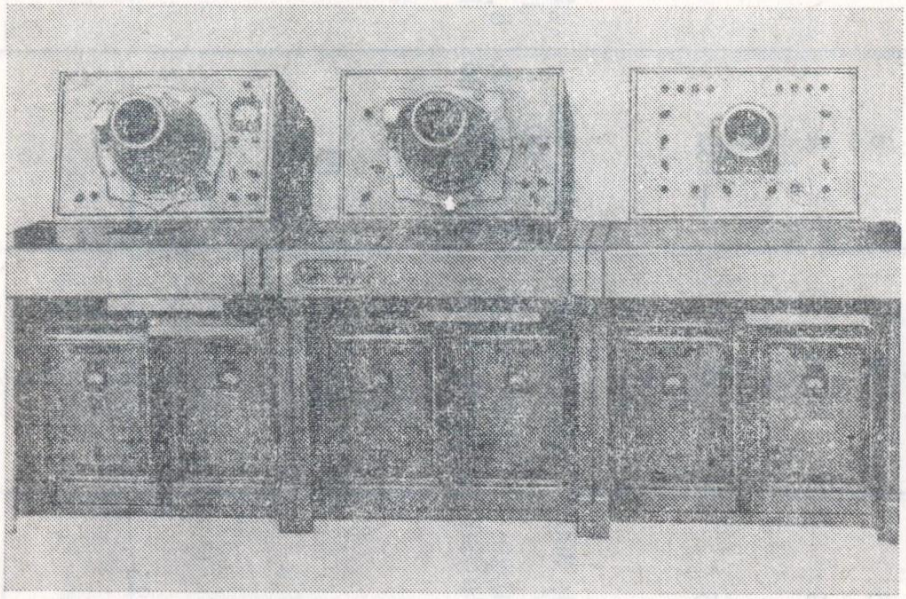
Параметр	Единица измерения	МРЛ-1		МРЛ-2	МРЛ-5	
		I канал	II канал		I канал	II канал
Несущая частота	МГц	37 500	9 595±15	9 595±15	9 595±15	2 950±15
Длина волны	см	0,8	3,14	3,14	3,14	10,15
Импульсная мощность на выходе магнетрона	кВт	65	210	210	250	800
Длительность импульса	мкс	0,45	1; 2	1; 2	1; 2	1; 2
Частота следования импульсов	Гц	600	600; 300	600; 300	500; 250	500; 250
Диаметр зеркала (параболоида вращения)						
в режиме градозащиты	м				1,4	4,5
в режиме штормооповещения	м	3	3	3	4,5	4,5
Ширина диаграммы направленности излучения						
в режиме градозащиты	град.				1,5	1,5
в режиме штормооповещения	град.	0,2	0,74	0,74	0,5	1,5
Коэффициент усиления антенны						
в режиме градозащиты	дБ				40	39
в режиме штормооповещения	дБ	58	46	46	49	40

Уровень боковых лепестков	дБ					
в режиме градозащиты	дБ				23	25
в режиме штормооповещения	дБ, %	12	10	10	23	25
Скорость вращения антенны						
по азимуту	число оборотов в мин.	6	6	6	0—6	0—6
по углу места	число сканирований в мин.	4	4	4	0—2	0—2
Чувствительность приемного устройства не менее	дБ/Вт	—115	—128	—132	—134	—136
Масштабы дальности						
индикатора кругового обзора (ИКО)	км	25; 100; 300	25; 100; 300	25; 100; 300	25; 50; 100; 300	25; 50; 100; 300
индикатора дальность—высота (ИДВ)	км	5/10; 10/20; 20/40; 40/80	5/10; 10/20; 20/40; 40/80	5/10; 10/20; 20/40; 40/80	6,25/12,5; 12,5/25; 25/50; 50/100	6,25/12,5; 12,5/25; 25/50; 50/100
Общая потребляемая мощность от сети $3 \times 220 \times 50$	кВт		25	19	14	14
В том числе для кондиционеров					8	8
Точность позиционного режима по углу места	град.	$\pm$0,25	$\pm$0,25	$\pm$0,25	$\pm$0,25	$\pm$0,25
Суммарное затухание, вносимое волноводно-фидерным трактом в режиме приема и передачи	дБ	10	8	8	6	5
Апертурная площадь	м^2	7	7	7	16	16

5) универсальную систему индикации (черт. 6.2), обеспечивающую возможность наблюдения и регистрации радиоэха метеорологических объектов:

индикатор кругового обзора (ИКО) для наблюдения измерения и фоторегистрации радиоэха в горизонтальной плоскости,

индикатор дальность—высота (ИДВ) для наблюдения измерения и фоторегистрации радиоэха в вертикальной плоскости,



Черт. 6.2. Выносные индикаторы МРЛ-1.

индикатор типа «А» для наблюдения и количественных измерений мощности радиоэха;

6) аппаратуру контроля параметров станции, позволяющую оперативно контролировать работоспособность МРЛ;

7) специальную фоторегистрирующую аппаратуру для документирования картин радиоэха;

8) систему дистанционного управления с выносными индикаторами, аппаратурой контроля станции и фотокамерами; применение дистанционного управления обеспечивает более рациональное размещение аппаратуры станции и удобство ее эксплуатации.

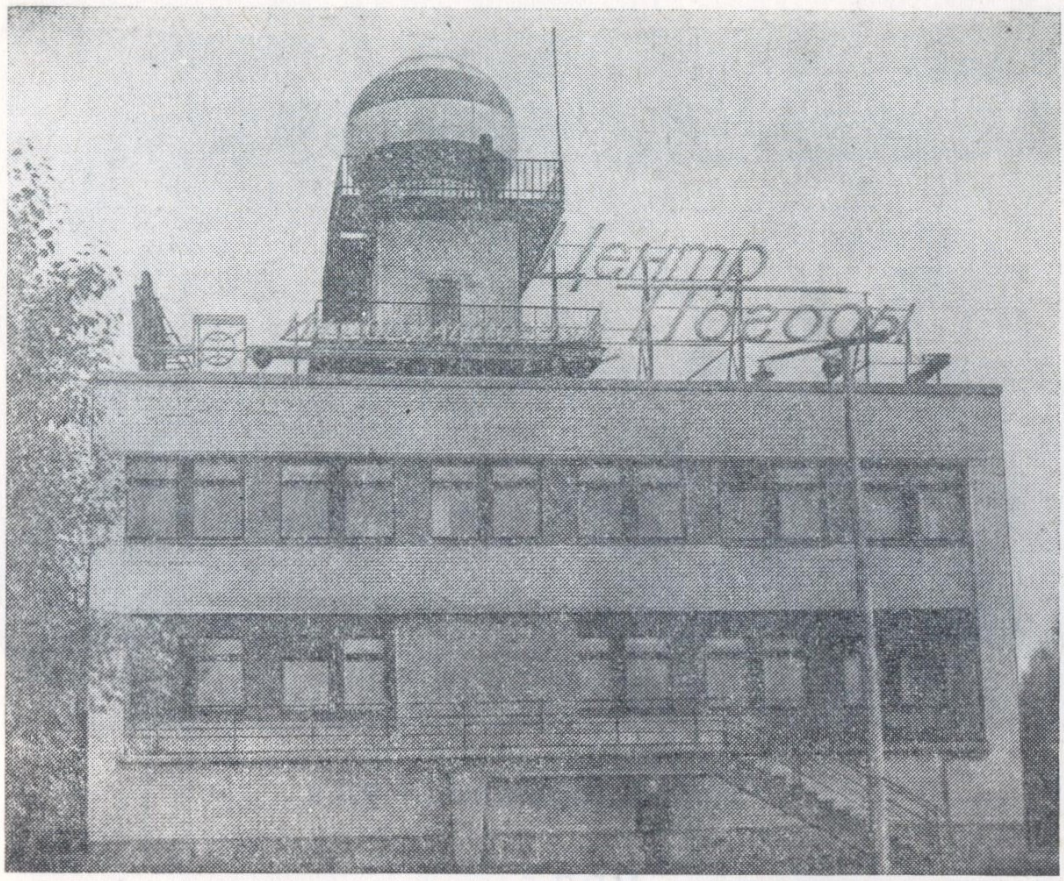
6.2.2. Метеорологический радиолокатор МРЛ-2

Метеорологический радиолокатор МРЛ-2 (черт. 6.3, табл. 6.1) выполнен в стационарном и передвижном варианте (МРЛ-2Б). Стационарный вариант МРЛ-2 размещается в специально построенном для него здании (эстакаде) или непосредственно в здании обсерватории; при этом на крыше здания предусмотрена специальная площадка для размещения на ней антенного устройства, а этажом ниже в двух смежных комнатах размещается аппаратура МРЛ-2. В одной из комнат непосредственно под антенной размещается приемопередатчик, а во второй — система индикации

(черт. 6.4). МРЛ-2 в передвижном варианте размещается в двух автоприцепах ПАУ-1. На одном из них установлено антенное устройство, а непосредственно внутри — приемопередающая аппаратура. В другом прицепе установлены устройства индикации.

МРЛ-2 отличается от МРЛ-1 следующим образом:

1) имеется только один диапазон (сантиметровый);



Черт. 6.3. Метеорологический радиолокатор МРЛ-2.

2) чувствительность приемного устройства выше чувствительности приемного устройства II канала МРЛ-1; применена коррекция сигнала на квадрат расстояния.

3) установлена система ступенчатого изоэхо с клавишным переключателем;

4) имеется программное устройство управления положением антенны, предназначенное для работы МРЛ-2 с аппаратурой ААОМ (автоматической обработки метеоинформации);

5) в целях устранения влияния ветровых нагрузок антенна МРЛ-2 заключена в радиопрозрачный колпак;

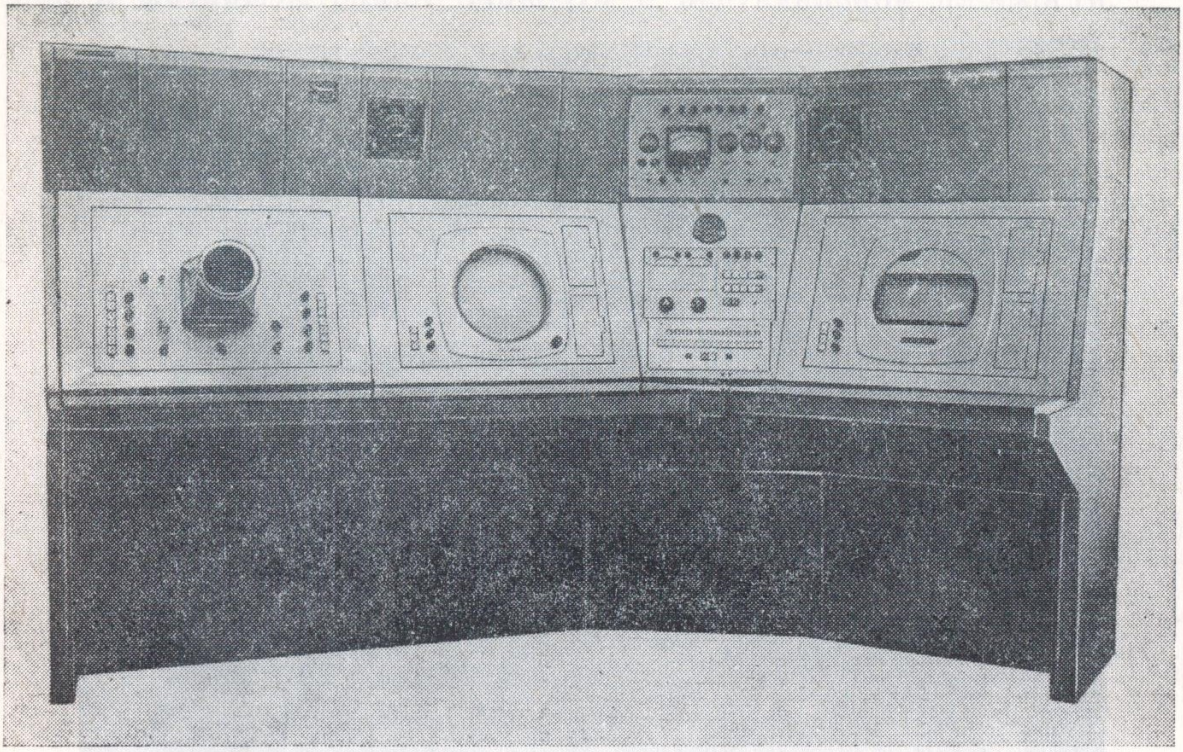
6) особенность конструкции индикаторов облегчает практическую работу операторов по съему метеорологических данных;

7) имеется ряд конструктивных изменений, улучшающих условия эксплуатации и создающих удобства для обслуживающего персонала.

Функциональная схема МРЛ-2 приведена на черт. 6.5.

6.2.3. Метеорологический радиолокатор МРЛ-5

Метеорологический радиолокатор МРЛ-5 (черт. 6.6, табл. 6.1) — двухволновый высокопотенциальный метеорологический радиолокатор. Выпускается в передвижном и стационарном вариантах.



Черт. 6.4. Индикаторы МРЛ-2.

В передвижном варианте МРЛ-5 размещается в унифицированном прицепе ПАУ-1, разделенном на два отсека: индикаторный и приемопередающий. На крыше прицепа под ветрозащитной оболочкой установлена антенная система.

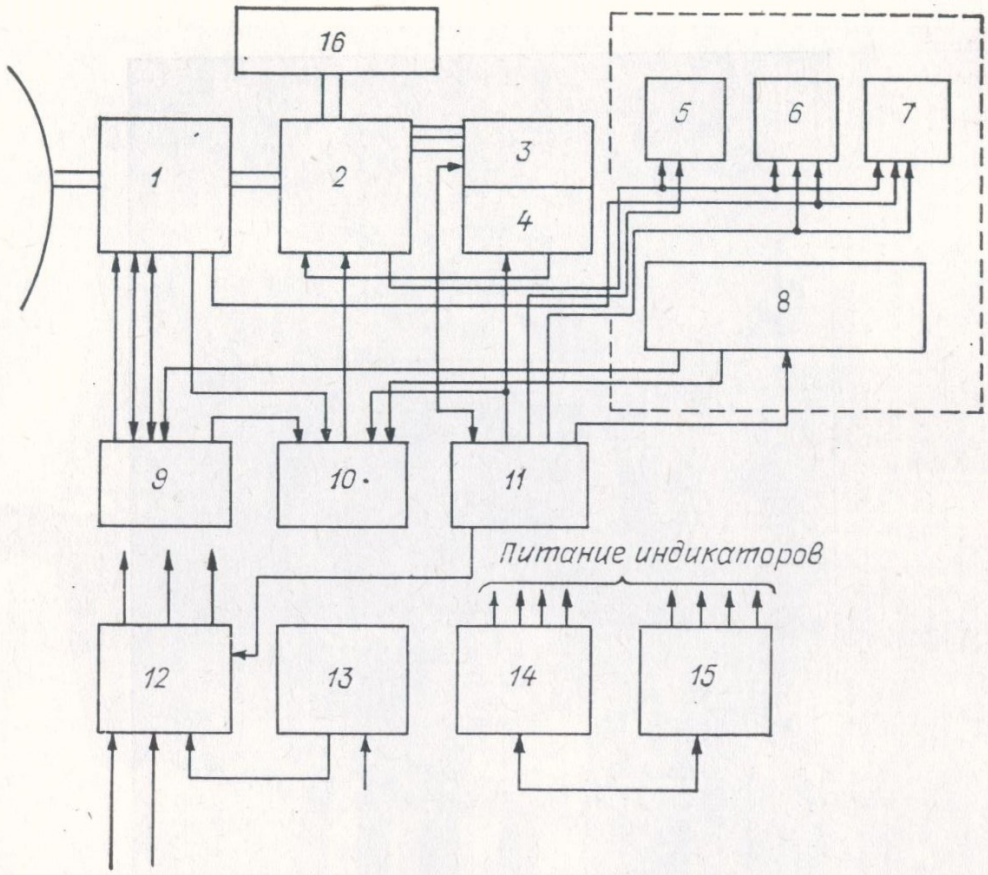
В стационарном варианте МРЛ-5 размещается на втором этаже типового здания для МРЛ-5 либо на верхнем этаже нетиповых зданий в двух изолированных комнатах.

МРЛ-5 имеет ряд особенностей, обусловленных его метеорологическим назначением:

1) два раздельных канала — 3 см (I канал) и 10 см (II канал), каждый из которых обладает высоким потенциалом (энергетическим); режим штормооповещения может осуществляться на каждом из каналов, а режим обслуживания градозащиты реализуется главным образом при совместной работе обоих каналов;

2) антенная система с параболическим отражателем и двухдиапазонным облучателем, формирующая узкие диаграммы направленности; применение такой антенны обеспечивает получение высокой разрешающей способности по угловым координатам и совмещение диаграмм направленности обоих диапазонов с высокой

точностью, что дает возможность получить необходимую точность измерения горизонтальных и вертикальных параметров радиоэха; система помещена под радиопрозрачный купол, обеспечивающий защиту приводов от ветровых нагрузок и от воздействия атмосферных явлений;



Черт. 6.5. Функциональная схема МРЛ-2.

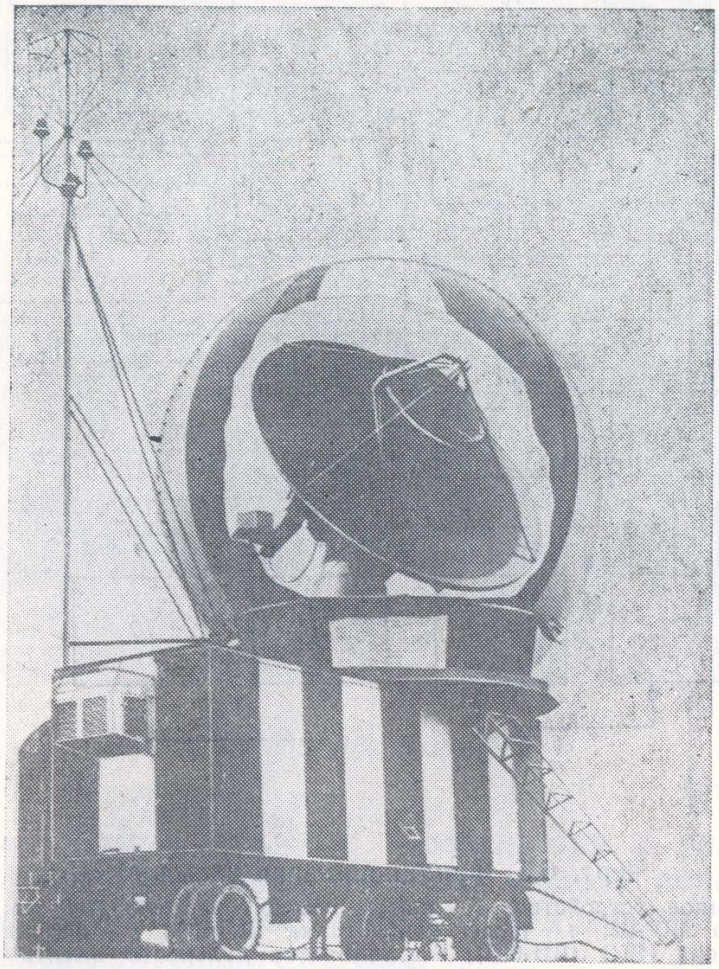
1 — антенное устройство; *2* — шкаф высокой частоты ЩД-014; *3* — шкаф приемика ШР-02; *4* — шкаф передатчика ШД-015; *5* — индикатор кругового обзора ИКО (БИ-003); *6* — индикатор дальность—высота ИДВ (БИ-004); *7* — индикатор типа А (БИ-005); *8* — система управления (панель управления изоэхо, панель управления приводом, панель управления и контроля МРЛ-2, фоторегистрирующая аппаратура); *9* — шкаф управления приводом (магнитные усилители БУ-04); *10* — блок логического устройства БЛ-003, блок программного устройства БО-015, блок ИКШ (БТ-011); *11* — шкаф запуска ШЗ-01 (блок питания БП-103, блок запуска Б3-003, блок изоэхо и датчиков Б4-006); *12* — щит распределительный ЩЛ-009; *13* — агрегат питания; *14* — шкаф питания индикаторов ШП-02; *15* — шкаф питания индикаторов ШП-03; *16* — блок наддува.

3) приемные устройства I и II каналов, каждое из которых обладает высокой чувствительностью и широким динамическим диапазоном входных сигналов; высокая чувствительность приемных устройств позволяет увеличить дальность обнаружения метеообъектов, а широкий динамический диапазон обеспечивает высокую точность количественных измерений.

4) универсальная система индикации (черт. 6.7), обеспечивающая возможность наблюдения и регистрации радиоэха от метеорологических объектов:

совмещенные индикаторы ИКО/ИДВ (основной и для фоторегистрации) с широким набором масштабов разверток, обеспечивающие измерения, наблюдения и фоторегистрацию радиоэха в горизонтальной и вертикальной плоскости;

двухлучевой индикатор типа А на базе осциллографа СІ-55 для наблюдения радиоэха метеообъектов в координатах амплитуда—дальность;



Черт. 6.6. Метеорологический радиолокатор МРЛ-5.

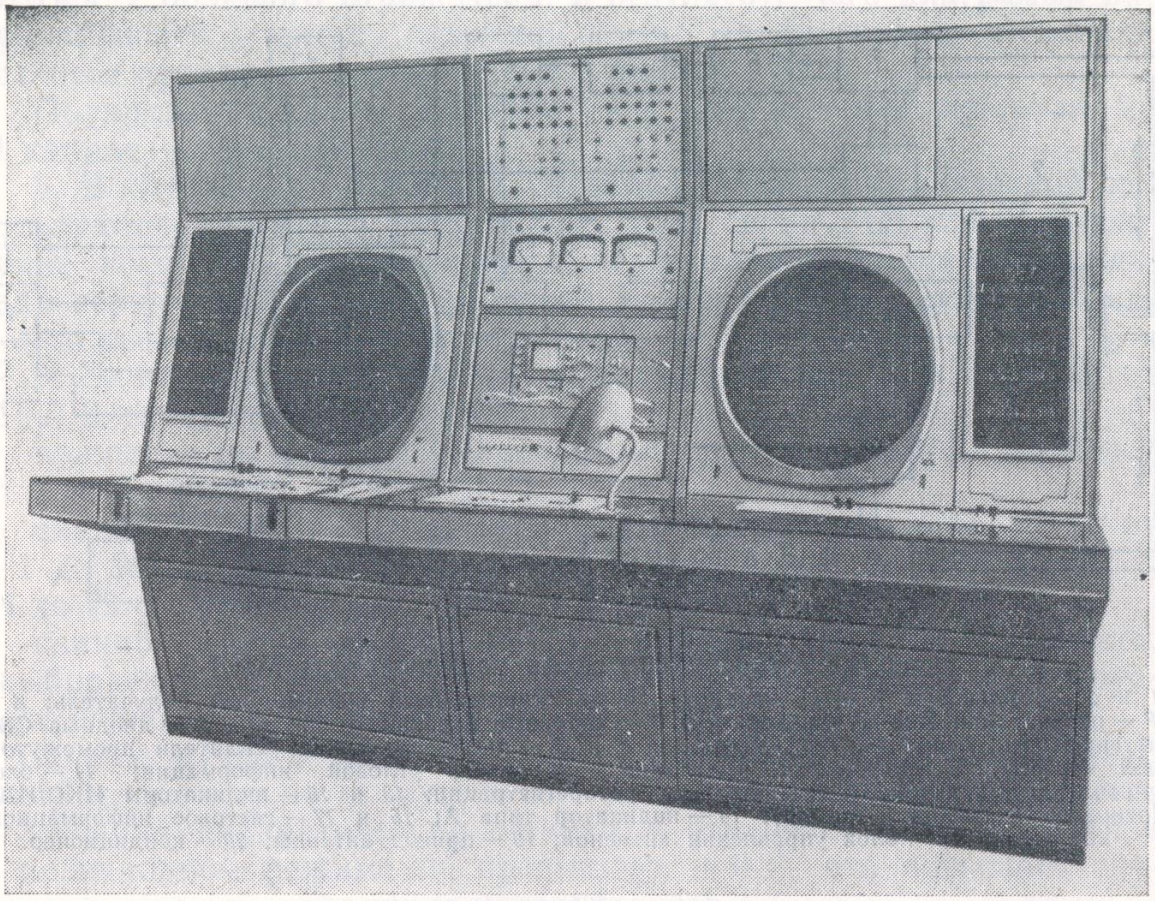
5) аппаратура преобразования угловой информации, обеспечивающая: выдачу азимута метеоцелей в географических и артиллерийских координатах с высокой точностью (0,1°), вычисление высоты и горизонтальной дальности, а также сопряжение с аппаратурой автоматической обработки метеоинформации;

6) устройство автоматического выделения градовых очагов;

7) световое табло, обеспечивающее оперативный съем и фоторегистрацию даты, времени, номера наблюдаемого канала, знак нормы энергетического потенциала РЛС, уровень изоэха через 6 дБ, масштаб, азимут (в географических и артиллерийских единицах), угол наклона антенны, горизонтальную и наклонную дальность, высоту выбранной на индикаторе цели;

8) устройство контроля чувствительности приемных устройств, мощности передающих устройств и энергетического потенциала станции в целом;

9) управляемые СВЧ-аттенюаторы на $p—i—n$-диодах, обеспечивающие измерение мощностей радиоэха и их коррекцию на квадрат расстояния;



Черт. 6.7. Индикаторы МРЛ-5.

10) специальная фоторегистрирующая аппаратура для документирования картин радиоэха;

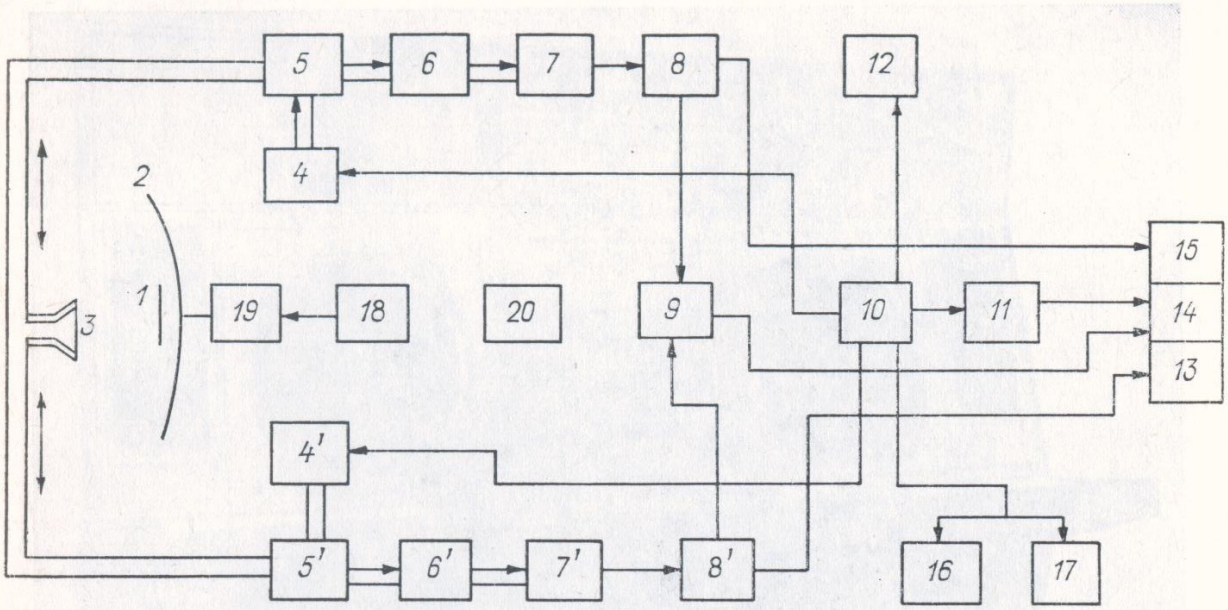
11) система электроснабжения, которая предусматривает питание аппаратуры либо от промышленной трехфазной сети 50 Гц 380 В, либо от автономной трехфазной сети 50 Гц 220 В, вырабатываемой дизельной электростанцией ЭСД-20. В первом случае напряжение сети понижается с помощью входящего в состав аппаратуры трансформатора ТЗ-16 380/220, а при использовании автономного источника питания трансформатор включается в обратном направлении только для питания кондиционера. На выходе трансформатора подключен стабилизатор напряжения СТС-16, обеспечивающий всю аппаратуру стабилизированным напряжением 220 В 50 Гц.

Структурная схема радиолокатора представлена на черт. 6.8.

Отличительные особенности МРЛ-5 по сравнению с МРЛ-2

1. Имеется два диапазона: I канал — $\lambda = 3{,}2$ см, II канал — $\lambda = 10$ см; это обеспечивает режим градозащиты.

2. Приемные устройства имеют чувствительность выше, чем приемные устройства МРЛ-2. В отличие от МРЛ-2 коррекция сигнала на квадрат расстояния производится по высокой частоте на *p—i—n*-диодах.



Черт. 6.8. Структурная схема радиолокатора МРЛ-5.

1 и *2* — рефлекторы I и II каналов; *3* — двухдиапазонный волноводный облучатель; *4* и *4'* — передатчики I и II каналов; *5* и *5'* — антенные переключатели; *6* и *6'* — диодные СВЧ аттенюаторы; *7* и *7'* — СВЧ усилители; *8* и *8'* — логарифмические усилители промежуточной частоты; *9* — устройство вычитания; *10* — шкаф угловой информации; *11* — блок управления маркером; *12* — аппаратура фоторегистрации; *13* и *15* — индикаторы ИКО/ИДВ (основной и фоторегистрации); *14* — индикатор типа А; *16* и *17* — световое информационное табло; *18* — блок управления антенной; *19* — привод антенны; *20* — кондиционер.

3. Для измерения мощности отраженного сигнала применяется система ступенчатого изоэха с клавишным переключателем, которая в отличие от МРЛ-2 построена на внесении затухания в волноводный тракт по высокой частоте на *p—i—n*-диодах, что повышает точность измерений.

4. Особенностью антенны МРЛ-5 является совмещение двух рабочих каналов в одном антенном блоке. Антенна состоит из большого и малого параболических отражателей и сдвоенного, двухдиапазонного облучателя. Большой параболический отражатель представляет собой параболоид вращения с круговым раскрывом. Диаметр раскрыва отражателя 4500 мм. Фокусное расстояние отражателя 1900 мм. Апертура отражателя выполнена из сплошного металлического листа.

Малый параболический отражатель представляет собой также параболоид вращения с круговым раскрывом. Диаметр раскрыва отражателя 1400 мм. Фокусное расстояние отражателя 590 мм. Рабочая поверхность малого отражателя выполнена из двух слоев поляризованной ткани, в которую вмонтирована сетка параллель-

ных проводников. Малый отражатель является прозрачным для волн II канала и эквивалентен металлической поверхности для волн I канала.

Описанная конструкция обеспечивает режим градозащиты с одинаковыми диаграммами направленности в обоих каналах, равными 1,5°. При переходе к режиму штормооповещения малый отражатель снимается; при этом оба рупора облучают всю поверхность большого отражателя, в результате чего диаграмма направленности I канала сужается до 0,5°, а диаграмма II канала остается практически неизменной и равной 1,5°.

Поляризация поля антенны в I канале — вертикальная, во II канале — горизонтальная.

5. В отличие от МРЛ-2 в системах управления антенной используются двигатели постоянного тока серии МИ-32ФТ, управление которыми осуществляется через электромашинные усилители серии ЭМУ-12А. Применение их существенно упростило силовую часть системы электропривода.

6. Электропривод МРЛ-5 позволяет решать в отличие от МРЛ-2, следующий круг задач:

вращение по азимуту (I программа) с регулируемой скоростью от 0 до 6 об/мин;

сканирование по углу места (II программа) в пределах от —1 до 95° и обратно с регулируемым периодом сканирования от 24 до 72 с;

сканирование в секторе как по азимуту, так и по углу места, (выбираемом) в любом углу с величиной сектора 45° и регулируемым периодом от 12 до 36 с;

режим ручного доворота с регулируемыми скоростями от 0 до 36° в секунду по азимуту и от 0 до 15° в секунду по углу места;

средняя квадратическая ошибка в отработке заданных углов в позиционном режиме не превышает $\pm 0{,}1°$, что повышает точность измерения координат метеообъектов.

7. В передающих устройствах осуществляется плавный подъем высокого напряжения, стабилизация режима работы при изменении напряжения сети, автоматическое снижение напряжения при пробоях и пропусках магнетрона, что повышает надежность аппаратуры.

8. Контрольно-измерительная аппаратура обеспечивает оперативный контроль энергетического потенциала радиолокатора.

9. МРЛ-5 от отличие от МРЛ-2 имеет два идентичных индикатора ИКО/ИДВ (метеоролога и фоторегистрации). Для увеличения разрешающей способности, улучшения визуального и количественного анализа метеообразований в индикаторе применена электронно-лучевая трубка типа 45 ЛМІВ с диаметром экрана 450 мм. Индикатор ИКО/ИДВ совмещает в себе функции индикатора кругового обзора в полярных координатах азимут—наклонная дальность (ИКО) и индикатора в прямоугольных координатах горизонтальная дальность—высота (ИДВ). Выбор режима работы индикатора осуществляется оператором с панели управле-

ния индикатором. Индикатор обеспечивает воспроизведение видеосигналов I и II каналов РЛС или их отношения. На экране индикатора на масштабах до 100 км отображается подвижная мерцающая метка маркера дальности для точного отсчета дальности до метеообразования (с точностью ± 100 м).

10. В качестве индикатора типа А используется двухлучевой осциллограф С1-55, на экране которого могут индицироваться любые радиоэхо.

11. При работе станции в режиме градозащиты с помощью устройства обработки видеосигналов производится выдача на индикаторы сигнала, пропорционального логарифму отношения отражаемостей метеоцелей на $\lambda = 3{,}2$ см и 10 см и полученное отношение видеосигналов, выраженное в децибелах, выводится на стрелочный прибор.

12. Датчиками угловой информации по азимуту и углу места являются фотоэлектрические преобразователи вал—код (линейные и функциональные), соединенные точной зубчатой безлюфтовой передачей с валами. Циклические коды с преобразователей поступают в шкаф угловой информации, где преобразуются в двоичные функциональные коды, используемые для выработки разверток на индикаторах для выяснения координат, а также для индикации на световом табло и для использования в аппаратуре ААОМ (аппаратуре автоматической обработки метеоинформации).

13. В МРЛ-5 имеется световое табло, отображающее:

календарь (число, месяц, год); время (часы, минуты);

характеристики каждого из двух работающих каналов (номер канала, ступень затуханий системы изоэха, допусковый контроль потенциала, факт включения коррекции на квадрат расстояния);

координаты и параметры цели (масштаб дальности развертки, азимут, угол места, высота цели, наклонная дальность, горизонтальная дальность).

14. В МРЛ-5 для фоторегистрации используется автоматический фотоаппарат ПАУ-376-1, управляемый дистанционно. Он не требует специального тубуса для затемнения и обеспечивает фоторегистрацию открытого экрана индикатора и светового табло при включенном освещении на рабочих местах оператора. Емкость кассеты — 900 кадров.

15. Аппаратура МРЛ-5 выполнена на полупроводниковых приборах с широким применением интегральных микросхем и элементов счетно-вычислительной техники на стандартных платах с печатным монтажом. Блоки, шкафы, узлы максимально унифицированы. Все это облегчает эксплуатацию аппаратуры и повышает надежность ее работы.

16. Вследствие применения питания от сети частотой 50 Гц не требуется механических преобразователей (в частоту 400 Гц — ВПЛ130 МД или ПС4-15, ПСЧ-30 в МРЛ-2), что существенно облегчает эксплуатацию изделия.

17. Диаметр ветрозащитной оболочки МРЛ-2 составляет 400 см, МРЛ-5 — 600 см.

7. ПОДГОТОВКА РАДИОЛОКАТОРОВ МРЛ-1, МРЛ-2 И МРЛ-5 К НАБЛЮДЕНИЯМ

7.1. Общие требования

Подготовка радиолокатора к наблюдениям включает в себя следующие операции:

выбор оптимальной позиции;

установку, горизонтирование и ориентирование МРЛ;

порядок включения и отключения радиолокаторов;

градуировку измерительных систем станции;

настройку и регулировку узлов и блоков;

расчет постоянной МРЛ и таблиц радиолокационной отражаемости.

7.2. Выбор позиции для МРЛС штормоповещения

Метеорологические радиолокационные станции размещаются в аэропортах или зональных обсерваториях. Выбор места для размещения МРЛ является наиболее ответственным этапом работы, предшествующим строительству объекта в данном пункте.

Позиция для установки радиолокатора должна удовлетворять следующим требованиям:

1) обеспечение максимального радиуса действия радиолокатора, для чего во всех направлениях кругового обзора углы закрытия должны быть по возможности минимальными;

2) наилучшие условия обзора в секторах, через которые проходят авиатрассы данного пункта;

3) отсутствие высоких местных предметов (зданий, линий электропередач, железнодорожных насыпей и пр.) в радиусе до 500 м; для устранения помех от местных предметов по боковым лепесткам наилучшей позицией была бы возвышенная местность (радиусом 100—500 м), края которой закрывают местные предметы при углах места ниже 0°;

4) место расположения должно исключать возможность возникновения взаимных помех радио- и локационных станций, рабочие частоты которых близки к диапазону МРЛ;

5) место размещения МРЛ должно соответствовать требованиям техники безопасности;

6) выбранная позиция должна быть согласована с местными заинтересованными службами;

7) при размещении МРЛ должны строго соблюдаться границы санитарно-защитной зоны.

В целях обеспечения санитарных норм и соблюдения правил защиты населения от электромагнитных полей, создаваемых МРЛ, выбор позиции для МРЛ следует производить в соответствии с действующими санитарными нормами и методическими указаниями по определению электромагнитной обстановки в местах размещения МРЛ: «Временные санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электромагнитных полей, создаваемых радиотехническими объектами» № 2963—84; Методические указания «Контроль и нормализация электромагнитной обстановки, создаваемой метеорологическими радиолокаторами» (Л.: Гидрометеоиздат, 1990).

Помимо перечисленных выше, при выборе позиции для МРЛ в каждом пункте решаются следующие вопросы:

удобство проведения силового питания $3 \times 220 \times 50$ мощностью 20—25 КВт, а также возможность подключения к внешней телефонной сети для обеспечения передачи оперативной информации;

обеспечение максимума технических и эксплуатационных удобств (подъездные пути, бытовые условия для обслуживающего персонала и т. д.).

В некоторых местах размещения радиолокатора в соответствии с изложенными требованиями встречаются следующие трудности

орографические особенности местности не позволяют установить станцию в непосредственной близости от потребителя;

большая насыщенность местности современными радиолокационными средствами вызывает взаимные помехи;

невозможно соблюсти требуемые нормы санитарно-защитной зоны.

Исходя из этого станция может устанавливаться на удалении от потребителя, если по местным условиям выбрать позицию ближе невозможно. Метеорологическая информация в этом случае передается с помощью линий связи.

Введение в действие МРЛ штормооповещения производится в соответствии со следующими документами:

«Методические указания по размещению, введению в действие и эксплуатации метеорологических радиолокаторов МРЛ-1 и МРЛ-2» (Ленинград, ГГО, 1971 г.);

«Методические указания по размещению, введению в действие и эксплуатации метеорологических радиолокаторов МРЛ-5» (Ленинград, ГГО, 1982 г.);

«Правила эксплуатации метеорологического оборудования аэродромов Гражданской авиации СССР» (ПЭМОА—86) (Л.: Гидрометеоиздат, 1987 г.).

7.3. Горизонтирование МРЛ

Горизонтирование сводится к установке антенны по отвесу, прикрепленному к верхней точке обреза параболоида антенны. Проверка горизонтирования по отвесу проводится ежемесячно.

При стационарном размещении МРЛ горизонтирование проводится путем изменения положения основания антенной колонны с помощью регулировочных винтов под рамой, на которой крепится антенная колонка.

При передвижном размещении МРЛ горизонтирование производится четырьмя основными домкратами, на которых установлен кузов станции. Проверка горизонтирования для этого варианта проводится ежедневно по контрольным уровням.

При горизонтировании МРЛ необходимо выполнить следующие операции:

датчиком угла места на панели управления приводом зеркало антенны установить по отвесу на 0° по углу места (при развороте антенны по азимуту через 90 (45°) установка зеркала по отвесу не должна изменяться; если установка зеркала по отвесу не соответствует нулевому положению зеркала антенны по углу места, то методом последовательного приближения антенна и кузов с помощью домкратов или регулировочных винтов устанавливаются горизонтально);

установить на панели управления приводом угла места 0°; в случае несоответствия показания 0° на панели управления положению антенны, соответствующему 0° угла места по отвесу, путем разворота предварительно отстопоренного статора сельсина датчика угла места добиться согласования показаний панели с положением антенны;

установить линию развертки на индикаторе дальность—высота по горизонту согласно п. 7.4.1—7.4.3;

установить на световом табло 0° путем согласования фотоэлектрических преобразователей с положением антенны согласно п. 3.3;

установить на шкальном устройстве (МРЛ-1, МРЛ-2) 0° путем согласования следящей системы индикации по углу места, согласно п. 7.4.5.

7.4. Установка линии развертки на индикаторе дальность — высота по горизонту

7.4.1. Согласование линии дискретной и аналоговой разверток на ИДВ с положением антенны в МРЛ-5

Производится путем ориентировки функционального преобразования угла места (УМФ) в МРЛ-5, выпущенном до 1985 г., и вращающегося трансформатора ТрВ2 в механизме качания антенны по углу места;

включить ШУИ и индикаторы (основной и ИФР) в режиме ИДВ;

тумблеры «Разв. напряж. откл.», расположенные на панелях управления индикаторами под крышкой, установить в положение «Откл.»;

с помощью потенциометров «Смещение центра ИДВ—Х, У», расположенных там же, установить светящуюся точку на экранах индикаторов в левую нижнюю вершину трафаретного прямоугольника шкалы;

тумблеры «Разв. напряж. откл.» установить на обоих индикаторах в положение «Разв. напряж.»;

тумблер «Разв. напряж.» — «аналог. дискретн.», расположенный на передней панели ШУИ, установить в положение «Аналог»;

доворотом антенны по углу места установить ее в положение 0° по световому табло;

снять крышку влагонепроницаемого кожуха, расположенного на верху колонны привода, для доступа к датчику угла места механизма качания антенны;

отстопорить три винта, фиксирующие положение статора ТрВ2 датчика угла места и довернуть статор до тех пор, пока линия развертки на экране основного индикатора и ИФР не установится вдоль основания трафаретного прямоугольника шкалы;

застопорить положение статора ТрВ2, убедившись в том, что положение линии развертки не изменилось; УМФ ориентируется аналогично УМЛ путем выставления кода «0» по лампочкам 1—13-го разрядов при угломестном положении антенны 0°; таблица кодов функциональных преобразователей приводится в инструкции по эксплуатации МРЛ-5.

Если согласование линии развертки на ИДВ с положением антенны не достигнуто после ориентировки УМФ, то необходимо:

1) установить антенну по углу места на 45°;

2) в платах ПКН-1 (4-й ряд ШУИ) выставить равенство амплитуд УМК и УМС;

3) установить антенну по углу места на 0°;

4) отьюстировать установку линии развертки по горизонту путем разворота отклоняющей катушки.

7.4.2. Настройка следящей системы привода отклоняющей катушки индикатора дальность—высота МРЛ-2

Настройка производится следующим образом:

1) установить антенну в режиме «Ручное» в положение, соответствующее 0° по углу места;

2) отключить тумблер В1 на линейке синхронизатора, расположенной в блоке БИ-004;

3) поворачивая вручную за механизм отклоняющую катушку, установить луч на экране ЭЛТ в нулевое положение;

4) отстопорить винты, крепящие статоры сельсинов-приемников ГО и ТО в приводе отклоняющей катушки;

5) подключить авометр к гнездам Г1, Г2 синхронизатора и, поворачивая статор сельсина ГО (М3), добиться минимально допустимого напряжения по авометру. После этого авометр включить на гнезда Г2, Г3 синхронизатора и, поворачивая статор сельсина ТО (М2), добиться минимально допустимого напряжения по аво-

метру. Закрепить винты, стопорящие сельсины ГО (М3) и ТО (М2). При всех операциях антенна должна находиться на нулевой отметке по шкале угла места, а луч на экране ЭЛТ — в нулевом положении по шкале индикатора.

6) включить тумблер В1, изменяя положение по углу места, при помощи потенциометров «Входной сигнал» (R3) и R4 «ОС» (21), расположенных на синхронизаторе, добиться равномерного (без рывков) движения отклоняющей катушки.

7.4.3. Установка линии развертки на ИДВ по горизонту в МРЛ-1

Производится аналогичным образом путем разворота статоров сельсинов-приемников механизма следящей системы угла места отклоняющей катушки.

7.4.4. Согласование фотоэлектрических преобразователей

Для согласования фотоэлектрических преобразователей с антенной по углу места необходимо:

включить шкаф угловой информации (ШУИ);

на колонке привода снять крышку блока, закрывающую преобразователи угла места;

ослабить винты, стопорящие линейный преобразователь угла места (УМЛ);

установить переключатель каналов на передней панели ШУИ в положение УМЛ;

повернуть отверткой шестерню редуктора поворота корпуса преобразователя до появления кода, соответствующего 0° на контрольных лампочках 1—13 разрядов ШУИ (или $0{,}0 \pm 0{,}1°$ на световом табло);

застопорить корпус преобразователя УМЛ.

7.4.5. Настройка системы индикации положения антенны по углу места (шкального устройства ИКО) МРЛ-1, МРЛ-2

Производится при установленных в нулевое положение антенне и исполнительном механизме следующим образом:

клеммы 10—11 штепсельного разъема Ш1 или разъема Ш5 «Входной сигнал» отключаются от линейки усилителя следящей системы и подключаются к вольтметру со шкалой $U = 30$ В;

настройка сводится к регулировке статора сельсина-приемника исполнительного механизма; регулировка производится при отвернутых стопорных винтах;

путем разворота статора сельсина-приемника добиваются минимального показания вольтметра, после чего зажимают статор стопорными винтами; после настройки проверяется статистическая точность системы путем установки антенны на произвольный угол от нулевого значения.

7.5. Ориентирование станций на местности

При ориентировании станции по странам света ее шкалы выставляются таким образом, чтобы отсчет по ним был равен нулю при антенне, направленной на север.

7.5.1. Ориентирование станции по азимуту

Производится (после горизонтирования и проверки работоспособности станции по точечной цели (мире), обеспечивающей надежное радиолокационное и визуальное обнаружение, либо по отмеченной на топографической карте.

Ориентировка станции включает следующие операции:

выбор точечной цели (миры);

определение азимута миры;

согласование азимутальной шкалы панели управления приводом с положением антенны;

согласование линии развертки ИКО с положением антенны;

согласование фотоэлектрического преобразователя (АЗЛ) азимута линейный с положением антенны;

согласование шкального устройства ИДВ (МРЛ-1, МРЛ-2) с положением антенны.

В качестве точечной цели могут быть выбраны заводские трубы, телебашня, геофизические вышки, мачты, вершины гор, уголковый отражатель и т. д.

Для определения азимута миры необходимо знать направление на север, которое может быть определено несколькими способами (предпочтителен астрономический метод ориентирования по Полярной звезде). Азимут цели отсчитывают по теодолиту, руководствуясь инструкцией к нему.

После включения станции необходимо обнаружить на экране ИКО цель и установить азимут цели, найденный по теодолиту на шкале азимута (на панели управления приводом) путем поворота предварительно отстопоренного статора вращающегося трансформатора. После этого статор надо застопорить.

Согласование линии развертки ИКО с положением антенны в МРЛ-5 производится путем согласования азимутального функционального фотоэлектрического преобразователя (АЗФ) с угловым положением антенны по азимуту.

Ориентирование преобразователя АЗФ в МРЛ-5, выпущенных до 1988 г., надо производить следующим образом:

после ориентирования шкалы азимута антенну навести на север;

открыть боковые люки антенной колонки;

отстопорить корпус АЗФ, отпустив четыре сухарика;

включить ШУИ и установить переключатель каналов на лицевой панели ШУИ в положение АЗФ;

повернуть корпус АЗФ до появления кода 0 на контрольных лампочках 1—13 разрядов ШУИ (см. таблицу кодов в инструкции

по эксплуатации МРЛ); развертка ИКО при этом должна находиться в положении 0°, т. е. указывать на север;

застопорить корпус преобразователя АЗФ и проверить, не сбился ли при этом код 0.

После ориентирования АЗФ необходимо проверить и отрегулировать амплитуду преобразователей кода синуса и косинуса в платах ПКН-1.

Аналоговая развертка на ИКО согласовывается с угловым положением антенны по азимуту так же, как и по углу места.

Согласование линии развертки ИКО с угловым положением антенны в МРЛ-1 и МРЛ-2 надо производить следующим образом:

открыть крышку опорного конуса на колонке привода антенны для доступа к датчику азимута механизма вращения, отстопорить статор сельсина-датчика развертывающих напряжений (сельсина-расщепителя) и повернуть его ручкой установки так, чтобы на экране ИКО линия развертки установилась на азимутальный отсчет, равный азимуту миры;

застопорить статор сельсина, предварительно убедившись, что положение антенны не изменилось.

Для согласования АЗЛ с угловым положением антенны по азимуту необходимо:

после ориентирования шкалы азимута антенну навести на север;

открыть боковые люки антенной колонки;

отстопорить корпус АЗЛ, отпустив 4 сухарика; включить ШУИ и установить переключатель каналов на лицевой панели ШУИ в положение АЗЛ;

повернуть корпус АЗЛ до появления кода 0 на контрольных лампочках 1—13-го зарядов ШУИ (см. таблицу кодов в инструкции по эксплуатации МРЛ); на световом табло при этом должен высветиться азимут $0{,}0° \pm 0{,}1°$;

застопорить корпус преобразователя АЗЛ и проверить, не сбился ли при этом код 0.

Настройка системы индикации положения антенны по азимуту (шкального устройства ИДВ МРЛ-1, МРЛ-2) производится методом, аналогичным настройке шкального устройства ИКО, т. е. путем разворота статора сельсина-приемника шкального устройства.

7.5.2. Ориентирование станций по Солнцу

Известно, что чувствительность по Солнцу многих современных РЛС, в том числе и МРЛ, достаточна для обнаружения Солнца. Поскольку координаты светила рассчитываются с астрономической точностью, принцип слежения за Солнцем может быть положен в основу метода. Соотношение между шириной диаграммы направленности антенны МРЛ и угловым размером Солнца позволяет считать последнее точечным источником и исключает какую-либо неоднозначность направления пеленга.

Для ориентирования станции по Солнцу необходимо выполнить следующие операции.

7.5.2.1. Определить координаты Солнца A (азимут) и h (угол места) расчетным или табличным способами.

Координаты Солнца расчетным способом определяются путем вычисления по формулам

$$A = \pi + \arcsin\left(\frac{\cos\beta\cos\alpha}{\cos h}\right),$$

$$h = \arcsin(\sin\varphi\sin\beta + \cos\varphi\cos\beta\cos\alpha),$$

где φ — ширина позиции МРЛ; α — часовой угол Солнца, отсчитываемый от истинного полдня: $\alpha = (t - 16)\cdot 0{,}261799 + \lambda + T$ — для летнего времени, $\alpha = (t - 15)\cdot 0{,}261799 + \lambda + T$ — для зимнего времени; λ — долгота позиции МРЛ; t — московское время (ч) момента наблюдения; $T = 0{,}0328\sin[2\pi(D - 0{,}01)] + 0{,}0698\sin\times$ $\times[4\pi(D - 0{,}474)]$, $D = N/365{,}2425$, N — порядковый номер дня наблюдения, отсчитанный от начала года; β — склонение Солнца на момент наблюдения:

$$\beta = 0{,}4092\sin[2\pi(D - 0{,}219)].$$

Для високосного года:

$$\beta = 0{,}4092\sin[2\pi(D - 0{,}216)].$$

Пример. Расчет координат Солнца в п. Воейково ($\varphi = 50°57' = 1{,}04$ рад, $\lambda = 30°42' = 0{,}53$ рад).

Дата: 1 июля 1987 г., $N = 182$, $D = 182/365 = 0{,}4983$; $t = 12$ ч;

$$T = 0{,}0328\sin[2\cdot 3{,}14(0{,}4983 - 0{,}01)] +$$

$$+ 0{,}0698\sin[4\cdot 3{,}14(0{,}4983 - 0{,}474)],$$

$$T = 0{,}02343 \text{ рад};$$

$$\alpha = (12 - 16)\cdot 0{,}261799 + 0{,}53 + 0{,}02343,$$

$$\alpha = -0{,}4938 \text{ рад};$$

$$\beta = 0{,}4092\sin[2\cdot 3{,}14(0{,}4983 - 0{,}219)],$$

$$\beta = 0{,}4 \text{ рад};$$

$$\sin\alpha = -0{,}4739,\quad \sin\beta = 0{,}39;$$

$$\cos\alpha = 0{,}8805,\quad \cos\beta = 0{,}92;$$

$$A = \pi + \arcsin\left(-\frac{0{,}92\cdot 0{,}4739}{0{,}67}\right) = \pi + \arcsin(-0{,}651) =$$

$$= 180° - 40{,}6° = 139{,}4°;$$

$$h = \arcsin(0{,}862\cdot 0{,}39 + 0{,}5065\cdot 0{,}92\cdot 0{,}8805) = \arcsin 0{,}7464 = 48°28'.$$

Определение координат Солнца табличным методом производится с помощью „Астрономического ежегодника".

Примечание. Если в пункте установки МРЛ проводятся актинометрические наблюдения, то значения координат Солнца в определенный день и час суток можно получить у специалистов по актинометрии.

7.5.2.2. Включить радиолокатор согласно инструкции по эксплуатации, установив режим усиления приемного устройства — РРУ.

7.5.2.3. Установить антенну под углом $h + 3°$ или $h - 3°$.

7.5.2.4. Производя азимутальные разрезы с шагом 0,5° по углу места и следя за уровнем шумов на осциллографе и на развертке ИКО, зафиксировать момент резкого возрастания уровня шумов и соответствующее значение (приборное) азимута.

7.5.2.5. Сканируя антенной по углу места, зафиксировать момент резкого возрастания шумов на осциллографе и на развертке ИКО и соответствующее приборное значение угла места.

Согласование азимутальной шкалы панели управления приводом, линии развертки ИКО, фотоэлектрических преобразователей, шкальных устройств с положением антенны производится согласно п. 7.4.1—7.4.5.

7.6. Подготовка МРЛ-1 к наблюдениям

МРЛ-1 работает в трех режимах: «Настройка», «Дистанционное», и «Местное».

Режим «Настройка» используется при поблочной настройке и регулировке аппаратуры. В этом режиме управление работой станции осуществляется с передних панелей соответствующих блоков.

Режим «Дистанционное» является основным режимом оперативной работы станции. В этом режиме управление работой производится с пульта метеоролога на КДП. В аппаратной кабинке обслуживающий персонал отсутствует.

Режим «Местное» используется в случае отказа дистанционного управления. Управление работой станции осуществляется с пульта управления в аппаратной кабине («Панель управления ПВ-01»).

Выбор режима производится с помощью переключателя «Род работы», находящегося на пульте управления в аппаратной кабине.

7.6.1. Подготовка МРЛ-1 к наблюдениям в режиме „Местное“

При подготовке МРЛ-1 к наблюдениям в режиме «Местное» необходимо выполнить следующие операции.

1. Проверить правильность исходной установки ручек и тумблеров управления и включения станции.
2. Установить переключатель «Род работы» в положение «Местное».
3. Включить преобразователь (дистанционный пульт включения преобразователя).
4. Установить рубильник «Общий 400 Гц» в положение «Вкл.» (щит распределительный ЩЛ-01).

5. Установить автомат «Общий 50 Гц» в положение «Вкл.» (щит распределительный ЩЛ-01).

6. Включить автомат «Привод антенны» (щит ЩЛ-01). О готовности аппаратуры к дальнейшему включению свидетельствует зажигание сигнальной лампы, находящейся на панели метеоролога (ПВ-01).

7. Включить один из каналов станции (или оба канала), для чего на пульте ПВ-01 нажать кнопку «Накал вкл.» РЛС-1 или РЛС-2; показателем включения накала служит загорание лампочки «Накал», расположенной над кнопкой.

8. Включить индикаторы и отрегулировать фокусировку и яркость свечения экранов.

9. После включения «анода» РЛС должна загореться лампочка «анод».

10. Поднять высокое напряжение I и II каналов, для чего нажатием кнопки «Выс. напр. больше» соответствующего канала (блок БК-02) довести показания прибора (ток, напряжение, мощность) до номинального значения. Напряжение повышать до тех пор, пока ток магнетрона II канала не достигнет значения 15—17 мА (мощность не менее 100 кВт), а ток I канала — 6—7 мА. Снять показания мощности на приборах. Мощность передатчика II и I каналов занести в журнал наблюдений.

11. Проверить правильность настройки приемных устройств. Для этой цели установить антенну по азимуту, в котором имеются местные удаленные предметы, установить угол места близким к 0° и поставить переключатель «АПЧ — РРЧ» в положение «РРЧ»; ручкой «Подстройка частоты» (ПВ-01) добиться максимальной амплитуды сигналов на индикаторе типа *А*, а затем установить переключатель «АПЧ — РРЧ» в положение «АПЧ», при этом не должно быть разницы в амплитудах сигналов и показаниях приборов «Контроль ПЧ». При правильной настройке на экранах индикаторов будет наблюдаться устойчивая картина отраженных сигналов. Переключатель «АПЧ — РРЧ» поставить в положение «РРЧ». Снять высокое напряжение нажатием кнопки «меньше», расположенной на лицевой панели БК-02, и проверить коэффициент усиления приемника II канала, для чего нажать кнопку «Усиление приемника II», находящуюся на блоке запуска БЗ-01. При этом стрелка измерительного прибора должна войти в красный сектор. В случае необходимости тумблером «Усиление приемника II» (на ПВ-01) изменить усиление таким образом, чтобы стрелка прибора вошла в пределы красного сектора.

Примечание. Если РЛС долго не включалась, перед проверкой усиления необходим прогрев станции в течение 15—20 мин.

12. Выключение станции в режиме «Местное» производить в следующем порядке:

снять высокое напряжение нажатием кнопки «меньше», расположенной на лицевой панели блока БК-02;

поставить режим антенны в «Доворот»;

отключить РЛС нажатием кнопок «РЛС откл.» на пульте ПВ-01;

отключить преобразователь нажатием кнопки «Преобраз. откл.» на пульте ПВ-01 после трехминутного обдува генератора.

7.6.2. Подготовка МРЛ-1 к наблюдениям в режиме „Дистанционное"

При подготовке станции к работе в режиме «Дистанционное» в аппаратной кабине предварительно надо выполнить следующие операции.

1. Переключатель «Род работы» (пульт управления ПВ-01) установить в положение «Дистанционное».

2. Автомат включения 27 В (блок В1-003) установить в положение «Вкл.».

3. Автомат «Привод антенны» (щит ЩЛ-01) установить в положение «Вкл.».

4. Рубильник «Общий 400 Гц» (ЩЛ-01) поставить в положение «Вкл.».

5. Тумблер включения линейки прогрева установить в положение «Вкл.» (только в зимнее время).

6. Пакетник «Прогрев» установить в положение «Прогрев».

7. Автоматы вентиляции приемопередатчика индикаторов и автоматы включения вытяжной вентиляции установить в положение «Вкл.».

8. В зимнее время года автомат «Камин токосъемника» установить в положение «Вкл.».

9. На передних панелях блоков наддува установить:

тумблер «Наддув» в положение «Вкл.»,

тумблер «Обогрев» в положение «Вкл.» (в зимнее время).

10. Переключатель «КДП-откл.» (в блоке БК-02) поставить в положение «Вкл.».

11. Тумблеры «Сеть» (блоки БВ-06 и БВ-08) поставить в положение «Вкл.».

В дальнейшем включение аппаратуры и подготовка ее к наблюдениям производятся с панели дистанционного управления в следующем порядке.

1. Включить стабилизатор СТВМ-10, предназначенный для питания выносной аппаратуры напряжением 3×220 В (50 Гц).

2. Установить автомат «Внешняя сеть» (распределительный щит ЩВ-02) в положение «Вкл.». При этом напряжение 220 В (50 Гц) на всех фазах контролируется прибором с помощью переключателя фаз.

3. Подать питание на выносной пульт метеоролога, для чего автомат «Пульт метеоролога выносной» (щит ЩВ-02) установить в положение «Вкл.».

4. Проверить напряжение +27 В по прибору на лицевой панели блока БП-115.

Примечание. О готовности аппаратуры к дальнейшему включению свидетельствует зажигание сигнальной лампочки „Дистанционное", расположенной на панели дистанционного управления пульта метеоролога.

5. Включить преобразователь, для чего на панели дистанционного управления нажать кнопку «Преобразователь включен». После набора номинальной скорости вращения ротора преобразователя на панели загорится сигнальная лампочка «Преобразователь включен».

Примечание. Дальнейшее включение аппаратуры возможно только после зажигания сигнальной лампочки „Готовность ТУ-ТС", расположенной на панели дистанционного управления.

6. Включить один из каналов станции, или оба одновременно, для чего на панели дистанционного управления нажать кнопки «Вкл. РЛС-II» и «Вкл. РЛС-I». При этом на панели загорятся сигнальные лампочки «Накал РЛС-II» и «Накал РЛС-I» соответственно. Через 3—4 мин загорятся сигнальные лампочки «Анод РЛС-II» и «Анод РЛС-I», извещая о готовности аппаратуры к поднятию высокого напряжения.

7. Поднять высокое напряжение соответствующего канала, для чего кнопкой «больше» установить по стрелочному прибору значение высокого напряжения, при котором устанавливается номинальный ток магнетрона обычно 15—17 мА для II канала. Контроль тока осуществляется по прибору «Ток генератора БК-04». Высокое напряжение устанавливается прерывистыми и короткими нажатиями на кнопку «Рег. ВВ выпр. больше».

8. Записать в журнал наблюдений показания импульсной мощности передатчика II канала (прибор контроля мощности установлен на передней панели блока БК-04).

9. Проверить настройку приемного устройства на промежуточную частоту. Включить тумблер «АПЧ — РРЧ» в положение «РРЧ» и ручкой «Подстройка частоты» добиться максимального отклонения стрелки прибора «Контроль ПЧ». Переключить тумблер «АПЧ — РРЧ» в режим «АПЧ», при этом не должно быть разницы в отклонениях стрелки прибора. При правильной настройке должна наблюдаться устойчивая картина отраженных сигналов на индикаторах. В случае невозможности проведения наблюдения в режиме «АПЧ» необходимо следить, чтобы стрелка прибора ПЧ в процессе измерений все время находилась в правом крайнем положении. Переключатель «АПЧ — РРЧ» поставить в положение «РРЧ». Снять высокое напряжение нажатием кнопки «меньше» на БК-04.

10. Проверить величину коэффициента усиления приемника II канала, для чего на блоке индикатора БИ-04 (ИКО) нажать кнопку «Контроль усиления приемника П». Стрелка прибора «Уровень изоэхо» (БИ-04) должна войти в красный сектор. В случае необходимости установить стрелку прибора в красный сектор тумблером «Усиление приемника П» (панель дистанционного управления).

Примечание. Если станция долго не включалась, перед проверкой усиления необходим прогрев станции в течение 15—20 мин.

11. Проверить готовность индикаторов к работе; для этого:

проверить совпадение начала развертки с центром,

проверить длительность развертки (крайняя метка масштаба должна идти по краю видимой части экрана индикатора),

проверить концентричность масштабных меток дальности (метки должны описывать правильные концентрические окружности).

12. Подготовить индикаторы к измерениям; перед началом наблюдений и при смене масштабов необходимо выставить правильную яркость развертки, для этого необходимо:

вывести влево до упора ручку «амплитуда видео»;

выставить ручкой «яркость» яркость луча развертки так, чтобы она была едва различима при логарифмическом режиме работы приемника;

установить ручку «амплитуда видео» в положение, при котором проводилась калибровка изоэха.

13. Подготовить к включению фоторегистрирующую аппаратуру согласно ее инструкции по эксплуатации.

Выключение станции в режиме «Дистанционное» производится в следующем порядке:

поставить тумблер «АПЧ — РРЧ» в положение «РРЧ»;

снять высокое напряжение нажатием кнопки «меньше», расположенной на лицевой панели блока БК-04;

включить фоторегистрирующую аппаратуру, согласно ее инструкции по эксплуатации;

поставить режим антенны «Доворот»;

отключить РЛС нажатием кнопки «РЛС откл.» на пульте управления метеоролога;

отключить преобразователь нажатием кнопки «Преобр. откл.» на пульте управления метеоролога после трехминутного обдува генератора;

отключить стабилизатор СТВМ-10.

7.6.3. Измерение чувствительности МРЛ-1

Для измерения чувствительности приемного устройства необходимо собрать схему черт. 7.1.

1. На Г5-15 установить запуск внешний, длительность импульсов 10 мкс (максимальную для Г6-15), амплитуду импульсов 60 В, полярность отрицательную, задержку импульса, удобную для наблюдения на экране осциллографа.

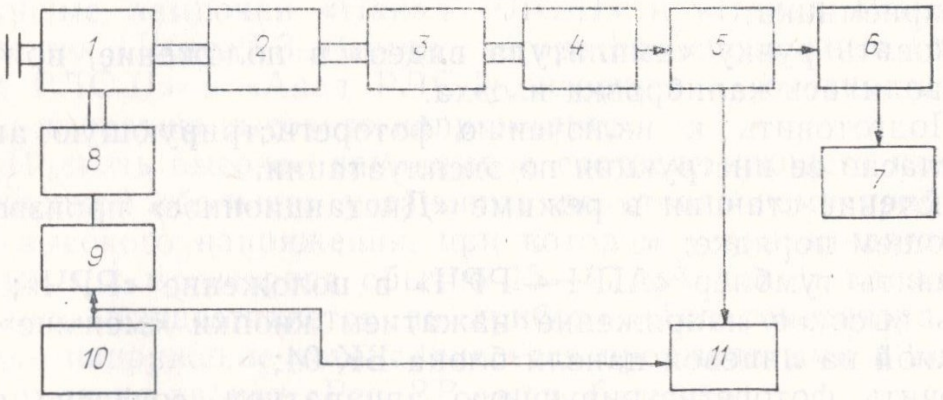
2. Генератор ГК4-19 настроить в режиме генератора сигналов на частоту магнетрона (159,5 делений на шкале волномера) для работы в режиме импульсной модуляции от внешнего запуска согласно инструкции по эксплуатации к прибору ГК4-19. Выход прибора должен быть подключен на вход направленного ответвителя, расположенного в шкафу ШД-01. Рекомендуется соеди-

нять выход прибора ГК4-19 с направленным ответвителем гибким волноводным переходом.

Примечание. Все приборы, применяемые для измерений, должны ежегодно проходить метрологический контроль.

3. Произвести поверку настройки приемного устройства согласно инструкции по эксплуатации в режиме «логарифмический».

Проверить усиление приемника II канала в режиме «РРЧ» при снятом высоком напряжении передатчика, для чего снять сигнал от ГК4-19 введением основного плавного аттенюатора (90 дБ по шкале основного аттенюатора). Нажать кнопку «Контроль усиления» приемника II канала на индикаторе ИКО и тумблером «Усиление», расположенном на панели метеоролога, установить стрелку прибора в красный сектор.



Черт. 7.1. Схема подключения приборов для измерения чувствительности и градуировки системы ступенчатого изоэха МРЛ-1.

1 — направленный ответвитель; *2* — установка ЛБВ; *3* — преселектор; *4* — БР-02; *5* — БУ-02; *6* — БК-02М; *7* — индикаторы ИКО, ИДВ, типа А; *8* — генератор ГК4-19; *9* — генератор Г5-15; *10* — БМ-04; *11* — осциллограф.

Примечание. В процессе измерения чувствительности, градуировки и измерений перестройка усиления не производится. Проверку усиления производить при настроенном приемном устройстве в режиме „РРЧ“ на частоту магнетрона, т. е. перед проверкой усиления приемного устройства необходимо поднять высокое напряжение, настроить приемник в режиме „РРЧ“ (по максимальному отклонению стрелки прибора „Контроль ПЧ“), затем снять высокое напряжение и, не изменяя настройки ПЧ, еще раз проверить усиление приемника.

4. Подключить осциллограф С1-34 или аналогичный в режиме внешнего запуска к выходу приемника II канала.

5. Подать сигнал от генератора ГК4-19 на вход приемного устройства, достаточный для его обнаружения на осциллографе путем уменьшения ослабления основного аттенюатора (30—40 дБ) по нижней шкале основного аттенюатора. Затухание согласующих (фиксированных) аттенюаторов $АТТ_1$ и $АТТ_2$ уменьшить до 0.

6. Ручкой «Установка частоты» на приборе ГК4-19 произвести подстройку сигнала по максимуму так, чтобы его вершина была плоской и форма сигнала на осциллографе была прямоугольной.

7. Плавно уменьшая сигнал, подаваемый от генератора, увеличением ослабления плавного аттенюатора добиться на экране осциллографа минимально различимого сигнала на уровне собственных шумов.

8. Снять отсчет на шкале основного аттенюатора прибора ГК4-19.

9. Подсчитать реальную чувствительность $P_{r\,мин}$ (дБ/Вт)

$$P_{r\,мин} = A + B + C + D,$$

где A — показание шкалы плавного (основного) аттенюатора ГК4-19, B — затухание направленного ответвителя станции (приведено в формуляре МРЛ, для каждой станции строго определенное значение); C — поправка, равная 30 дБ, учитывающая калибровку генератора относительно 1 мВт; D — затухание коаксиального соединительного кабеля (дБ) — берется по графику, прилагаемому к ГК4-19 (в случае использования гибкого волноводного перехода $D = 0$).

Пример. При измерении чувствительности станции МРЛ-1 были получены следующие значения составляющих:

$A = 65$ дБ, $B = 33$ дБ (по паспорту), $C = 30$ дБ, $D = 4$ дБ (по графику), $P_{r\,мин} = -(65 + 33 + 30 + 4) = -132$ дБ/Вт.

Для правильной оценки чувствительности приемника берется среднее значение по результатам трех измерений. При измерении тщательно проверяется правильность настройки от генератора ГК4-19.

Чувствительность должна быть не хуже —128 дБ/Вт.

Если чувствительность меньше минимально допустимой, а также после смены ЛБВ, клистрона или магнетрона, необходимо проделать следующие операции по настройке приемного устройства на максимальную чувствительность:

поднять высокое напряжение передатчика;

тумблер «АПЧ — РРЧ» поставить в положение «АПЧ»;

тумблер «Лин. — Лог» поставить в положение «Лог»;

произвести подстройку потенциометром, регулирующим «Напряжение спирали» на ЛБВ по максимуму отраженного сигнала;

произвести подстройку входа и выхода ЛБВ с помощью плунжеров по максимуму отраженного сигнала;

настроить преселектор по максимуму отраженного сигнала;

замерить чувствительность приемного устройства по методике, представленной выше.

7.6.4. Градуировка измерительных систем МРЛ-1

Для градуировки системы ступенчатого изоэха необходимо выполнить следующие операции.

1. Собрать схему, приведенную на черт. 7.1.

2. Вынуть блок БК-02 из шкафа и подключить его через переходные шланги.

3. Подготовить приемное устройство и прибор ГК4-19 к работе.

4. На Г5-15 установить задержку сигнала, равную 53 мкс (8 км).

5. Подготовить к градуировке индикаторы ИКО и ИДВ, для чего:

включить на ИКО и ИДВ масштабы соответственно 25 км и 10/20 км;

ручку «Амплитуда видео» поставить в левое крайнее положение;

ручкой «Яркость» установить яркость таким образом, чтобы развертка была едва различима на экране;

ручкой «фокус» произвести фокусировку линии развертки;

ручкой «амплитуда видео» установить едва различимую на фоне линии развертки шумовую дорожку.

Примечания: 1. При градуировке изоэха для исключения ошибки, вызываемой послесвечением, необходимо поставить антенну в режим „вращение“ для ИКО и в режим „сканирование“ для ИДВ. 2. Яркость разверток и амплитуда шумов на индикаторах при градуировке и работе должна быть одинаковой. Для этого положения ручек „Яркость“ и „Амплитуда видео“ должны быть строго определенными.

6. Произвести градуировку системы ступенчатого изоэха, для чего:

подсчитать величину сигнала ГК4-19, соответствующую первой ступени изоэха; независимо от чувствительности приемного устройства сигнал от ГК4-19 подается на уровне —124 дБ/ВТ; при этом величина сигнала, соответствующего ступени 6 дБ, будет составлять $124 - (B + C + D)$. В случае если значение затухания, вносимого направленным ответвителем, не указано в формуляре, необходимо измерить его с помощью ГК4-19, и измеренное значение затухания зафиксировать в формуляре станции; для вышеприведенного случая: $124 - (33 - 30 - 4) = 57$ дБ;

выставить сигнал ГК4-19, соответствующий 6 дБ изоэха, т. е. поставить на шкале основного аттенюатора значение 57 дБ.

проверить форму сигнала и, если необходимо, подстроить его ручкой «частота» на ГК4-19, чтобы вершина сигнала была плоской;

включить систему изоэха тумблером на передней панели ИКО (БИ-04);

поставить переключатель изоэхо в положение «6»;

потенциометром «6 дБ» на линейке изоэха установить сигнал на развертке индикатора ИКО таким, чтобы он был едва различим на фоне шумовой дорожки;

выставить сигнал от ГК4-19, соответствующей 12 дБ, т. е. на 6 дБ больше предыдущего (по шкале основного аттенюатора для нашего случая 51 дБ);

проверить форму сигнала;

поставить переключатель изоэха в положение «12»;

потенциометром «12 дБ» на линейке изоэха уменьшить сигнал до едва различимого на линии развертки индикатора;

проделать аналогичные операции со всеми ступенями изоэха.

Примечания.

1. Совпадение градуировки на обоих индикаторах (ИКО и ИДВ) достигается подбором положений ручек „Амплитуда видео".

2. Если градуировка проводится в аппаратной кабине, то после ее окончания необходимо проверить совпадение градуировки на ИКО и ИДВ КДП.

3. На тех ступенях, где невозможно уменьшить сигнал до установленного значения или сигнал не виден, необходимо на линейке изоэха заменить постоянный резистор (увеличить или уменьшить соответственно), относящийся к данной ступени изоэха.

4. Для исключения случайной ошибки операция по градуировке повторяется 2—3 раза.

5. Если направленный ответвитель на МРЛ-1 не заменен на ответвитель с меньшим затуханием, то свыше 54 (60) дБ градуировка выполняется путем подключения выхода генератора ГК4-19 непосредственно на вход приемного устройства. Порядок операций при этом следующий:

подключить генератор ГК4-19 в стык волноводов;

ввести согласующие аттенюаторы $АТТ_1$ и $АТТ_2$ на максимальное затухание;

установить основным (плавным) аттенюатором прибора ГК4-19 сигнал на экране ИКО, соответствующий градуировке системы изоэха при 54 дБ по уровню яркости, соответствующий сигналу при проведении градуировки с направленным ответвителем и зафиксировать показание шкалы основного аттенюатора;

установить сигнал от ГК4-19 на 6 дБ выше ранее установленного, а переключатель уровня изоэха установить в положение 60 дБ;

добиться потенциометром „60 дБ" на панели изоэха ослабления яркости видеосигнала ИКО настолько, чтобы он был едва различим на развертке ИКО;

далее аналогичным образом последовательно устанавливая уровень выходной мощности ГК4-19 на 6 дБ выше ранее установленной, произвести градуировку оставшихся ступеней системы изоэха.

Контроль градуировки системы изоэха производится два раза в месяц, а также каждый раз после перестройки приемника и смены магнетрона, о чем делается соответствующая запись в журнале.

Ошибки градуировки не должны превышать ±3 дБ.

7.7. Подготовка МРЛ-2 к наблюдениям в режиме „Работа", проверка параметров аппаратуры с помощью встроенных контрольно-измерительных приборов

«Работа» — это оперативный режим работы станции. В этом режиме управление работой станции осуществляется с панели управления и контроля, расположенной на пульте метеоролога ПИ-001:

1. Проверить правильность исходной установки органов управления, тумблеров включения и автоматов станции согласно «Инструкции по эксплуатации МРЛ-2».

2. Переключатель режима работы (передняя панель блока БВ-029) установить в положение «Работа». При этом загорается

сигнальная лампочка «Работа» на панели управления и контроля РЛС (ПИ-001).

3. Включить автомат «Общий 50 Гц (щит ЩЛ-009) и проверить наличие напряжения 380 В (50 Гц) во всех положениях переключателя фаз по вольтметру «Сеть 50 Гц 380 В».

4. Включить преобразователь нажатием кнопки «Пуск» (щит ЩЛ-009). После набора двигателем номинального числа оборотов над пусковой кнопкой загорится сигнальная лампочка.

Примечание. В агрегатном помещении автоматы „Общий — сеть питания“ и „Генератор“ на щите дистанционного запуска ПСЧ-15 (ЩЛ-001) должны быть в положении „Включено“. Тумблер „Местное — Дистанционное“ установить в положение „Дистанционное“.

5. Проверить наличие выходного напряжения преобразователя 220 В (400 Гц) по вольтметру «Напряжение генератора» (щит ЩЛ-009) во всех положениях переключателя фаз.

Примечания.

1. В случае необходимости корректировка выходного напряжения 220 В (400 Гц) преобразователя ПСЧ-15 производится реостатом „Установка напряжения“ на блоке дистанционного управления генератора ПСЧ-15 в зависимости от рода регулировки напряжения (автоматическая или ручная) по вольтметру „Напряжение генератора“ на щите ЩЛ-009.

2. В случае неисправности основного преобразователя типа ПСЧ-15 питание станции осуществляется от резервного преобразователя типа ВПЛ-30 МД. Запуск ВПЛ-30 МД осуществляется с пульта дистанционного управления (ПДУ), установленного в аппаратном помещении. Для перехода на резервное питание тумблер „Основной — резервный“ (щит ЩЛ-009) переводится в положении „Резервный“.

6. Включить автомат «Общий 400 Гц» (щит ЩЛ-009) и проверить наличие напряжения по вольтметру «Сеть 220 В 400 Гц» во всех положениях переключателя фаз. Проверить изоляцию сети 220 В (400 Гц) по равномерному горению лампы «Контроль изоляции».

7. Включить автомат «ШЗ-01» (щит ЩЛ-009). При подаче напряжения 220 В (400 Гц) на шкаф запуска на щите ЩЛ-009 должно появиться напряжение +27 В от блока питания БП-103 (расположен в шкафу ШЗ-01).

8. Включить автоматы «Воздухоохлаждение». При этом включается воздухоохлаждение станции. Иногда в процессе наблюдений операторы МРЛ отключают вентиляторы охлаждения станции. Это приводит к быстрому перегреву аппаратуры МРЛ и сильному искажению значений отражаемости и высот. Одновременно включается контактор, подающий напряжение +27 В в цепи управления аппаратурой. В результате появления напряжения +27 В загораются сигнальные лампочки отключенных автоматов.

9. Включить последовательно все автоматы шкафов (ЩЛ-009). Силовое питание подано на все блоки аппаратуры МРЛ-2.

10. Включить индикаторное устройство БИ-003, БИ-004, БИ-005, для чего переключатели «Сеть», расположенные на передних панелях блоков питания БП-111, БП-114, БП-110, устано-

вить в положение «Вкл.». Проверить напряжение по соответствующим контрольным приборам.

Примечание. В процессе эксплуатации МРЛ-2 эти переключатели можно все время оставлять в положении „Вкл.“.

11. Включить МРЛ-2 нажатием кнопки «Вкл.», расположенной на панели управления и контроля МРЛ (ПИ-001). При этом:

подается команда на блоки управления БВ-029 (ШД-014) и БВ-030 (ШД-015);

на панели управления и контроля МРЛ загорается лампочка «Накал», что свидетельствует о подаче накального напряжения на блоки станции;

на панели управления и контроля МРЛ через 3 мин загорается лампочка «Анод», что свидетельствует о включении первой ступени высокого напряжения передатчика;

загорается сигнальная лампочка на блоке БЗ-003, на индикаторах появляются линии развертки;

регулируются фокусировка и яркость на экранах индикаторов.

12. Поднять высокое напряжение передатчика с помощью кнопки «Высокое больше». Напряжение повышать до тех пор, пока ток магнетрона не достигнет номинального значения (15—17 мА). При этом мощность по прибору «Мощность» должна быть не менее 130 кВт в режиме 2 мкс и 140 кВт в режиме 1 мкс. Кнопки «Высокое напряжение» и приборы, контролирующие работу передатчика («Ток магнетрона», «Высокое напряжение» и «Мощность»), расположены на панели управления и контроля РЛС.

13. Проверить стабильность работы приемного устройства по показаниям встроенных приборов «Промежуточная частота (ПЧ)». «Усиление», «Чувствительность», расположенных на панели управления и контроля МРЛ-2. Для этого:

переключатель АПЧ — РРЧ на панели управления и контроля пульта ПИ-001 установить в положение «РРЧ» и ручкой потенциометра «Частота меньше — больше» добиться максимального показания прибора «Контроль ПЧ»;

переключатель «АПЧ — РРЧ» установить в положение «АПЧ», при этом показания прибора «Контроль ПЧ» не должны изменяться.

Примечания.

1. Измерение величины $P_{пр}/P_0$ производится в режиме АПЧ. Если измерение проводится в режиме РРЧ, то стрелка прибора ПЧ в процессе измерения может уйти влево. Измерения, проводимые в этот момент, приводят обычно к резкому занижению величины $\lg Z$. Если по какой-либо причине измерения проводятся в режиме РРЧ, необходимо следить, чтобы стрелка ПЧ все время в процессе измерений находилась в правом крайнем положении.

2. В случае неустойчивости работы системы АПЧ после ее настройки, согласно техническому описанию, рекомендуется заменить емкость С1 „Линейки поиска и слежения“ блока БВ-008 на номинал 1200—1500 пф.

3. Если показание прибора „Контроль ПЧ“ в режиме АПЧ меньше, чем в режиме РРЧ, то разницу устраняют потенциометром „0 дискриминатора“, расположенным на „Линейке АПЧ“ блока БР-008.

Испытания производятся в обоих режимах работы передатчика: «1 мкс» и «2 мкс»; дальнейшая работа ведется только при положении тумблера «2 мкс»:

переключатель «РРУ — АСУ» на панели управления и контроля пульта метеоролога ПИ-001 устанавливается в положение «РРУ» и ручкой потенциометра «Усиление больше — меньше» стрелка прибора «Усиление» устанавливается в середине красного сектора; стрелка прибора «Чувствительность» должна находиться также в середине красного сектора прибора «Чувствительность»;

переключатель «РРУ — АСУ» устанавливается в положение «АСУ», при этом стрелки приборов «Усиление» и «Чувствительность» должны находиться в середине красных секторов соответствующих приборов и разность показаний не должна превышать 1,5—2 дБ по РИПу;

при нажатии кнопки «Контроль калибровки изоэха» прибор «Чувствительность» контролирует напряжение +200 В, подаваемое на линейку изоэха и катодных повторителей.

14. *В связи с нестабильностью работы системы коррекции МРЛ-2 данная система не используется.*

15. Снять показание мощности передатчика и записать в журнал наблюдений.

16. Включить привод антенны. Включение осуществляется с панели управления приводом антенны при наличии на панели подсвета шкал. Выбор режима работы антенны (круговой обзор, вертикальное сканирование и др.) производится с помощью клавишного переключателя.

17. Проверить готовность индикаторов к работе. Для этого необходимо:

проверить совпадение начала развертки с центром экрана;

проверить соответствие длительностей разверток и положение меток дальности индикаторов ИКО и ИДВ значению переключателей масштабов и маштабам шаблонов, на которые ведется съем информации; при этом крайняя метка дальности должна идти по краю шаблона (видимой части экрана индикатора);

проверить линейность разверток ИКО и ИДВ. Расстояния между метками дальности должны быть одинаковыми; при переключении масштабов ИДВ положение меток не должно меняться. Во время работы операторы не должны выводить яркость опорных меток дальности; это является грубейшим нарушением при съемке данных;

проверить концентричность масштабных меток дальности (метки должны описывать правильные концентрические окружности); недопустима работа с индикатором, метки которого выписывают эллипсоиды, а длительность развертки меньше радиуса экрана.

18. Подготовить индикаторы к измерениям. Перед началом наблюдений и при смене масштабов необходимо выставить правильную яркость развертки. Для этого необходимо:

вывести влево до упора ручку «Амплитуда видео»;

выставить ручкой «Яркость» яркость луча развертки так, чтобы она была едва различимой; обратить внимание на то, чтобы яркость разверток на индикаторах при градуировке и работе была одинаковой; ручка «Яркость» должна быть выставленной в строго определенное положение по заранее нанесенным меткам;

ручкой «Фокус» произвести, ориентируясь по меткам дальности, фокусировку луча;

установить ручкой «Амплитуда видео» дорожку шумов, которая должна быть едва видна при круговом вращении антенны; далее положение ручки «Амплитуда видео» не меняется.

19. Выключение станции производится в следующем порядке:

тумблер «РРЧ — АПЧ» на панели управления и контроля поставить в положение «РРЧ»;

тумблер «АСУ — РРУ» на панели управления и контроля поставить в положение «РРУ»;

снизить высокое напряжение до минимального уровня нажатием кнопки «Высокое меньше» на панели управления и контроля станции;

выключить устройство изоэха, для чего нажать клавишу «Откл.» переключателя, расположенного на панели управления УИЭ пульта метеоролога ПИ-001;

выключить электропривод антенны, для чего нажать клавиши «Откл.» из группы «Режим» и «Откл.» из группы «Программа»;

далее при ежедневной эксплуатации выключение питания станции можно производить следующим образом:

отключить МРЛ-2 нажатием кнопки «Откл.», расположенной на панели управления и контроля МРЛ (ПИ-001); при этом на панели управления и контроля гаснут лампочки «Анод» и «Накал»,

отключить автомат «Общий 400 Гц» и ЩЛ-009,

отключить (остановить) кнопкой «Откл.» на ЩЛ-009 преобразователь ПСЧ-15,

отключить сеть 50 Гц на ЩЛ-009 автоматом «Общий 50 Гц».

Все остальные выключатели и автоматы оставлять включенными.

7.8. Включение МРЛ-2 в режиме „Настройка“

Режим «Настройка» используется при настройке аппаратуры и после длительного перерыва в работе, а также при необходимости проверки отдельных блоков.

В режиме «Настройка» управление работой аппаратуры осуществляется с передних панелей соответствующих блоков.

Примечание. Включение резервного запуска производится тумблером „Резервный запуск“, расположенным на панели управления и контроля РЛС (ПИ-001).

1. Переключатель режима работы на передней панели блока БВ-029 (шкаф ШД-014) установить в положение «Настройка». При этом загорается сигнальная лампочка «Настройка» на панели управления и контроля РЛС. Проделать операции, указанные выше в п. 3—9.

2. Включить блоки БЗ-003 и БЧ-006 нажатием кнопки «Вкл.», расположенной на передней панели блока БЗ-003 (шкаф ШЗ-01);

3. Включить блок, подлежащий проверке.

Приемное устройство включается нажатием кнопки «Вкл.», расположенной на передней панели блока БВ-029.

Передающее устройство включается последовательным нажатием кнопок «Накал вкл.» и «Анод вкл.», расположенных на передней панели блока БВ-030. Подъем высокого напряжения передатчика до номинального уровня производится путем нажатия кнопки «Высокое больше», расположенной на передней панели блока БВ-030. Контроль излучаемой мощности в режиме «Настройка» осуществляется по прибору, расположенному на передней панели блока БК-015 при положении тумблера на этом блоке в положении «Местное».

Индикаторы БИ-003, БИ-004 и БИ-005 включаются установкой переключателей «Сеть» в положение «Вкл.» соответственно на передних панелях блоков БП-112, БП-114 и БП-110.

Отключение станции производится в обратном порядке.

7.9. Измерение чувствительности МРЛ-2 и снятие амплитудной характеристики УПЧ

Собрать схему (черт. 7.2).

1. На Г5-15 установить запуск внешний, длительность импульсов 10 мкс (максимальную для Г5-15) амплитуду импульсов 60 В, полярность отрицательную, задержку импульса, удобную для наблюдения на экране осциллографа.

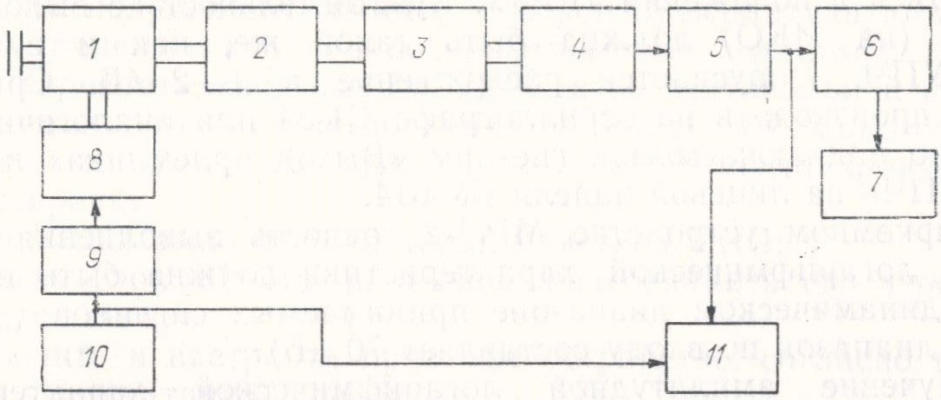
2. Генератор ГК4-19 настроить в режиме генератора сигналов на частоту магнетрона МРЛ-2 (159,5 делений по шкале волномера) для работы в режиме импульсной модуляции от внешнего запуска (Г5-15), согласно инструкции по эксплуатации к прибору ГК4-19. Выход прибора должен быть подключен на вход направленного ответвителя, расположенного в шкафу ШД-014 (ЕУА.060.969 СП). При этом рекомендуется соединять выход прибора ГК4-19 с направленным ответвителем гибким волноводным переходом.

Примечание. Все приборы, используемые при измерениях, должны ежегодно проходить метрологическую поверку.

3. Произвести проверку настройки приемного устройства, согласно инструкции по эксплуатации, с обязательным снятием амплитудной характеристики приемника и регистрации этой характеристики в журнале технической эксплуатации.

Стрелки приборов «Контроль чувствительности» и «Контроль усиления» во время измерений и калибровки должны находиться в красном секторе.

Ручка «РРЧ» должна находиться в таком положении, чтобы при поднятом высоком напряжении стрелка прибора «Контроль ПЧ» отклонялась на максимальную величину. В дальнейшем ручка «Частота» должна находиться обязательно в этом положении.



Черт. 7.2. Схема подключения приборов для измерения чувствительности и градуировки системы ступенчатого изоэха МРЛ-2.

1 — направленный ответвитель; *2* — установка ЛБВ (БУ-013); *3* — преселектор; *4* — БР-008; *5* — БУ-014; *6* — БЧ-006; *7* — индикаторы ИКО, ИДВ, типа А; *8* — генератор ГК4-19; *9* — генератор Г5-15; *10* — БМ-011; *11* — осциллограф.

4. Подключить осциллограф С1-34 в режиме внешнего запуска к выходу приемника (гнездо «Сигнал ЛОГ УПЧ» на блоке БУ-014).

5. Подать сигнал от генератора ГК4-19 на вход приемного устройства, достаточный для его обнаружения на осциллографе путем уменьшения ослабления основного аттенюатора (30—40 дБ) по нижней шкале основного аттенюатора. Затухание согласующих (фиксированных) аттенюаторов $АТТ_1$ и $АТТ_2$ вывести до 0.

6. Ручкой «Установка частоты» на приборе ГК4-19 произвести подстройку сигнала по максимуму так, чтобы вершина импульса от генератора ГК4-19 была плоской, а форма сигнала на осциллографе — прямоугольной.

7. Плавно уменьшая сигнал, подаваемый от генератора, увеличением ослабления плавного аттенюатора добиться на экране осциллографа минимально различимого сигнала на уровне собственных шумов приемника.

8. Снять отсчет на шкале прибора ГК4-19 по основному аттенюатору.

9. Подсчитать реальную чувствительность $P_{r\,мин}$ (дБ/Вт) приемного устройства:

$$P_{r\,мин} = A + B + C + D.$$

Пример. $A = 68$ дБ, $B = 34$ дБ, $C = 30$ дБ, $D = 2{,}5$ дБ:

$$P_{r\ мин} = -(68 + 34 + 30 + 2{,}5) = -134{,}5 \text{ дБ/Вт}.$$

Чувствительность должна быть не хуже 132 дБ/Вт. В значительной степени она зависит от параметров ЛБВ, поэтому возможна подстройка ЛБВ с помощью потенциометра «Напряжение спирали», для чего, изменяя в небольших пределах величину напряжения спирали, добиться максимальной амплитуды сигнала на экране осциллографа, причем тумблер «АСУ — РРУ» должен находиться в положении «РРУ». Чувствительность с выхода приемника (на ИКО) должна быть такой же, как и с выхода ЛОГ УПЧ. Допускается расхождение в 1—2 дБ. Сравнение можно производить на осциллографе С1-34 или аналогичном, поочередно подключаемом к гнездам «Выход приемника» и «Сигн. ЛОГ УПЧ» на лицевой панели БУ-014.

В приемном устройстве МРЛ-2 точность выполнения амплитудной логарифмической характеристики должна быть не хуже 3 % в динамическом диапазоне принимаемых сигналов (динамический диапазон по входу составляет 70 дБ).

Получение амплитудной логарифмической характеристики с точностью 3 % необходимо для проведения количественных измерений отраженных сигналов с помощью системы ступенчатого изоэха через 6 дБ.

Максимальная амплитуда выходного сигнала не выше 7—8 дБ.

Для снятия и коррекции амплитудной логарифмической характеристики необходимо собрать схему, представленную на черт. 7.2.

Последовательность операций при снятии и коррекции амплитудной характеристики УПЧ:

1) включить приемное устройство и блок БЗ-003 в режиме «Настройка»;

2) включить приборы ГК4-19, Г5-15;

3) настроить прибор ГК4-19 в режиме генератора сигналов на частоту магнетрона (159,5 делений по шкале волномера) для работы в режиме импульсной модуляции от Г5-15;

4) на Г5-15 установить: запуск внешний, длительность импульса 10 мкс, амплитуда импульса — 60 В, полярность — отрицательная, задержка импульса — удобная для наблюдений на экране осциллографа (100 мкс);

5) подключить осциллограф (С1-34) в режиме внешнего запуска к гнезду «Сигнал ЛОГ УПЧ» (лицевая панель блока БУ-014);

6) подать сигнал от генератора ГК4-19 на вход приемного устройства, достаточный для его обнаружения на осциллографе (20—30 дБ);

7) ручкой «Установка частоты» на приборе ГК4-19 произвести подстройку сигнала по максимуму так, чтобы вершина импульса от ГК4-19 была плоской;

8) откалибровать шкалу индикатора осциллографа, согласно инструкции по эксплуатации на осциллограф;

9) выставить сигнал от ГК4-19 на экране осциллографа, равный амплитуде собственных шумов приемника (порог чувствительности);

10) замерить по осциллографу амплитуду собственных шумов приемника и записать;

11) подать сигнал от ГК4-19, на 5 дБ превышающий шумы приемника, и замерить его амплитуду;

12) каждый раз, увеличивая сигнал от ГК4-19 на 5 дБ, замерять его амплитуду и результаты записывать в таблицу;

13) по полученным данным построить амплитудную характеристику приемника в полулогарифмическом масштабе, откладывая по горизонтальной оси $P_{вх}$ (дБ), а по вертикальной $U_{вых}$ (В);

14) если точность выполнения амплитудной характеристики в диапазоне 0—70 дБ хуже 3 %, то необходимо произвести ее корректировку.

Коррекция амплитудной характеристики УПЧ:

вынуть блок БУ-014 из шкафа, подсоединить его через переходные шланги;

включить и настроить приемное устройство, согласно инструкции по эксплуатации;

подать от генератора ГК4-19 сигнал максимальной амплитуды;

вынуть лампы Л13-Л20 из линейки УПЧ;

по осциллографу, подключенному к гнезду «ЛОГ УПЧ» на лицевой панели блока БУ-014, выставить сигнал от ГК4-19, равный 1,0 В (с помощью потенциометра R 58, установленного на линейке УПЧ);

вынуть лампу Л21 и поставить лампу Л20;

по осциллографу с помощью потенциометра R 56 выставить амплитуду сигнала от ГК4-19, равную 1,0 В;

поочередно меняя лампы в линейке УПЧ (оставляя каждый раз последовательно только одну лампу Л19, Л18... Л13), выставлять амплитуду сигналов равной 1,0 В;

вставить все лампы Л13—Л21 в линейке УПЧ;

снять амплитудную характеристику приемника согласно вышеизложенной методике, построить ее; если есть отклонение, произвести повторную коррекцию с учетом выпавших точек.

Примечание. После коррекции характеристики допускается более точная установка обратной связи потенциометрами R 58, 56... R 42, если имеются отклонения характеристики от номинальной.

7.10. Градуировка измерительных систем МРЛ-2

Для градуировки системы ступенчатого изоэха необходимо выполнить следующие операции.

1. Собрать схему в соответствии с черт. 7.2.

2. Вынуть блок БЧ-006 из шкафа и подключить его через переходные шланги.

3. Подготовить приемное устройство и прибор ГК4-19, как указывалось ранее.

4. На Г5-15 установить задержку сигнала, равную 53 мкс (8 км).

5. Подготовить индикаторы ИКО и ИДВ, для чего:

включить на ИКО и ИДВ масштабы соответственно 25 км и 10/20 км;

ручку «Амплитуда видео» поставить в левое крайнее положение;

ручкой «Яркость» установить яркость развертки так, чтобы развертка была едва различимой;

ручкой «Фокус» произвести фокусировку линии развертки;

ручкой «Амплитуда видео» установить едва различимую на фоне линии развертки шумовую дорожку.

Примечания.

1. При градуировке изоэха для исключения ошибки, вызываемой послесвечением, необходимо поставить антенну в режим „вращение“ (I программа) для ИКО и в режим „Сканирование“ (II программа) для ИДВ.

2. Яркость разверток и амплитуд шумов на индикаторах при градуировке и работе должна быть одинаковой. Для этого положения ручек „Яркость“ и „Амплитуда видео“ должны быть строго определенными.

6. Проверить источник стабилизированного напряжения +200 В делителя напряжений линейки «изоэхо» по стрелочному прибору «Контроль чувствительности», для чего нажать кнопку «Контроль калибровки изоэха» на панели управления и контроля (стрелка прибора должна находиться в пределах синего сектора шкалы). Для установки в сектор стрелки прибора пользоваться потенциометром «Калибровка», установленным на линейке «изоэхо».

7. Выставить оптимальную амплитуду максимального сигнала от ГК4-19, для этого:

установить на приборе ГК4-19 сигнал, равный 72 дБ относительно $P_0 = -130$ дБ/Вт;

включить «изоэхо» на панели УИЭ нажатием клавиши «72 дБ»;

поставить потенциометр «72 дБ», установленный на линейке «изоэхо», в среднее положение;

потенциометром «Ампл. изоэхо», установленным на линейке «изоэхо» и катодных повторителей, добиться едва различного сигнала на индикаторах ИКО и ИДВ.

8. При включении системы «изоэхо» вместо потенциометра «Видео», расположенного на лицевых панелях ИКО и ИДВ, подключается потенциометр «Ампл. фикс. видео», расположенный под крышкой на лицевой панели индикаторов. Для его установки необходимо:

включить клавишу 6 дБ на панели УИЭ;

потенциометр «6 дБ» на линейке «изоэхо» и катодных повторителей поставить в крайнее положение, обеспечивающее прохождение сигнала без затухания;

потенциометром «Ампл. фикс. видео» установить амплитуду шумовой дорожки на индикаторах по величине, аналогичной при выключенной системе «изоэхо», т. е. едва различимую на фоне линии развертки; далее положение этого потенциометра фиксируется, обеспечивая постоянство амплитуды видеосигнала, подаваемого на индикаторы.

9. Произвести градуировку системы ступенчатого изоэха, для чего:

подсчитать величину сигнала ГК4-19, соответствующего первой ступени системы «изоэхо»; независимо от чувствительности приемного устройства сигнал от ГК4-19 подается на уровне —124 дБ/Вт; при этом величина сигнала, соответствующего ступени 6 дБ, будет составлять:

$$124 - (B + C + D);$$

для вышеприведенного *примера*

$$124 - 34 - 30 - 2{,}5 = 57{,}5 \approx 57 \text{ дБ};$$

выставить сигнал ГК4-19, соответствующий 6 дБ «изоэха», т. е. поставить на нижней шкале основного плавного аттенюатора 57 дБ;

проверить форму сигнала; если необходимо, то подстроить его ручкой «Частота» на ГК4-19, чтобы вершина сигнала была плоской;

включить клавишу «6 дБ» на панели УИЭ;

потенциометром «6 дБ» на линейке «изоэха» и катодных повторителей установить еле различимую величину сигнала на развертке индикатора ИКО;

выставить сигнал от ГК4-19, соответствующий 12 дБ, т. е. на 6 дБ больше предыдущего (по шкале основного аттенюатора для нашего случая 51 дБ);

проверить форму сигнала;

включить клавишу 12 дБ на панели УИЭ;

потенциометром «12 дБ» на линейке «изоэхо» и катодных повторителей уменьшить сигнал до едва различимого на линии развертки индикатора;

проделать то же самое со всеми ступенями изоэха.

Примечания.

1. Одинаковое свечение сигнала на ИКО и ИДВ во время калибровки достигается установкой потенциометра „Амплитуда фикс. видео“ на индикаторе ИДВ.

2. При каждом изменении ступени градуировочного сигнала перед регулировкой уровня „изоэхо“ необходимо проверять его форму. Вершина импульса должна быть плоской, а сам импульс должен иметь прямоугольную форму. Если необходимо — подстроить ручкой „Частота“, установленной на лицевой панели ГК4-19.

3. Для исключения случайной ошибки вторично проверяется градуировка всей системы „изоэхо“. Контроль градуировки системы „изоэхо“ производится два раза в месяц, а также каждый раз после перестройки приемника и замены магнетрона, о чем делается соответствующая запись в журнале. Ошибки градуировки не должны превышать $\pm(2{,}0 \ldots 3{,}0)$ дБ, так как неправильная градуировка изоэха ведет к неверной интерпретации явлений.

Если при работе МРЛ-2 при потенциале $П_м = 54$ дБ на расстояниях свыше 250 км обнаруживаются зоны радиоэха с отражаемостью $\lg Z < -0{,}5$, а на расстояниях свыше 135 км $\lg Z < -1{,}1$, то приемный тракт и система ступенчатого изоэха считаются настроенными неправильно. В этом случае необходимо провести их настройку заново.

Для градуировки двух последних ступеней изоэха необходимо подключить генератор ГК4-19 непосредственно на вход блока БУ-013 и проделать следующие операции:

ввести согласующие аттенюаторы $АТТ_1$ и $АТТ_2$ ГК4-19 на максимальное затухание;

подать сигнал от генератора ГК4-19;

поставить переключатель изоэха на последнюю откалиброванную ступень (60 дБ);

плавно уменьшая или увеличивая сигнал на ГК4-19, добиться едва различимого его появления на развертке ИКО (необходимо в этот момент снять отсчет по основному (плавному) аттенюатору ГК4-19);

переключить изоэхо на следующую ступень 66 дБ, а на ГК4-19 установить затухание по основному аттенюатору на 6 дБ меньше по сравнению с зафиксированным отсчетом и провести градуировку по вышеизложенной методике;

далее так же произвести градуировку следующей ступени.

При использовании аттенюатора +40 дБ с системой изоэха для количественных измерений отраженных сигналов необходимо помнить следующее. Аттенюатор «40 дБ» предназначен для расширения пределов измерения отраженных сигналов. При использовании для измерений аттенюатора «40 дБ» градуировка системы «изоэхо» производится по вышеизложенной методике с выключенным аттенюатором.

Необходимо точно знать истинное значение затухания, вносимое аттенюатором, и проверить его значение, для чего:

установить сигнал от генератора ГК4-19 равным 1 В (при шумовой дорожке 0,3—0,5 В) на экране осциллографа, подключенного к гнезду «ЛОГ УПЧ» на лицевой панели блока БУ-014;

сделать отсчет по основному аттенюатору генератора ГК4-19 (например, 50 дБ);

включить аттенюатор «+40 дБ» нажатием клавиши «+40 дБ» на панели управления «изоэхо»;

увеличивая сигнал от генератора, добиться амплитуды сигнала на осциллографе, равной 1 В;

сделать отсчет по основному аттенюатору генератора (например, 14 дБ);

вычислить истинное значение затухания аттенюатора:
(50 дБ — 14 дБ) = 36 дБ.

Примечание. Здесь затухания аттенюатора установить кратным 6 дБ, т. е. кратным ступеням „изоэха“ (30, 36 дБ, но не более 42 дБ). Установка производится потенциометром „Установка +40 дБ“, расположенным в шкафу ЩД-014.

Включение аттенюатора производить, если величина отраженного сигнала по изоэху «48 дБ» и выше.

При расчете отражаемости истинное затухание аттенюатора «40 дБ» суммируется с затуханием изоэха.

7.11. Подготовка станции МРЛ-5 к наблюдениям

Радиолокатор МРЛ-5 работает в режимах «Настройка» и «Работа».

Режим «Настройка» служит для поблочной регулировки приемопередающих устройств. Включение блоков и управление их работой осуществляется с передних панелей. Режим «Работа» является основным режимом работы радиолокаторов. Включение и выключение, управление работой аппаратуры в этом режиме осуществляется с пульта метеоролога.

Следующие операции по подготовке станции к включению необходимо проделать независимо от режима, в котором ее необходимо включить:

провести внешний осмотр и убедиться в исправности механизмов и узлов электропривода антенны;

убедиться в наличии масла в редукторах и трущихся частях в соответствии со схемой смазки, после чего закрыть все люки и отверстия, обеспечив герметичность;

проверить нулевое положение стрелок всех индикаторных приборов, установленных на передних панелях щитов и шкафов;

рукоятки переключателей рода работы на механизмах вращения и качания установить в положение «Электр.»;

проверить все кабельные и волноводные соединения;

на распределительных щитах ЩЛ-038, ЩЛ-039 установить все выключатели в положение «Откл.»;

проверить сопротивление изоляции между фазами по измерительному прибору, расположенному на щитах питания индикаторного и приемопередающего отсеков, исправность внутреннего и наружного контуров заземления;

для включения электроснабжения от внешней трехфазной сети 50 Гц 220 В или 50 Гц 380 В нажать кнопку КН2 «Сеть» на распределительном щите индикаторного отсека ЩЛ-039. Для отключения сети 50 Гц и включения дизельной электростанции нажать кнопку КН1 «Дизель»;

для включения системы вторичного питания включить на панелях шкафов питания автоматы ШП-314 и БП-305;

после подачи напряжений на колодки централизованных источников питания ШП-314 и БП-305 проверить наличие и номинал выходных напряжений по встроенным измерительным приборам, а также на контрольных гнездах с помощью переносного прибора;

в случае короткого замыкания на выходе шкафа ШП-314 или БП-305 ручка автомата защиты соответствующего выхода ставится в положение «Откл.».

7.11.1. Включение системы кондиционирования, вентиляции и обогрева

Включая систему кондиционирования и обогрева, надо помнить следующее:

при работе камин-вентиляторов либо кондиционеров, крышки вентиляторов и фильтров должны быть закрыты с целью более быстрой установки необходимого температурного режима;

вытяжные вентиляторы должны быть выключены (автоматы «Вентиляция» на ЩЛ-038 и ЩЛ-039 должны быть установлены в положение «Откл.»);

при работе вытяжных вентиляторов обогрев и кондиционеры должны быть выключены, а крышки вентиляторов и фильтров открыты;

для включения кондиционеров автоматы «Кондиционер» на щитах питания ЩЛ-038 и ЩЛ-039 установить в положение «Вкл.»;

для включения системы обогрева каждого отсека на распределительных щитах ЩЛ-038 и ЩЛ-039 установить автоматы «Обогрев» в положение «Вкл.»; при температуре ниже 5 °С должен включаться камин-вентилятор, а при достижении температуры воздуха в отсеках выше 10 °С камин-вентиляторы выключаются датчиками ДКТБ;

для включения системы вентиляции кондиционирования на щитах питания ЩЛ-038 и ЩЛ-039 автоматы «Кондиционер» установить в положение «Вкл.», при температуре воздуха в кузове свыше $25 \pm 2{,}5$ °С кондиционеры включаются, при температуре воздуха в кузове ниже $25 \pm 2{,}5$ °С кондиционеры отключаются.

Во время работы необходимо следить, чтобы:

камин-вентиляторы работали без перегрева спирали;

вытяжные вентиляторы вытягивали воздух из кузова;

фильтры были закрытыми и чистыми;

кондиционер работал без стука и охлаждал воздух.

7.11.2. Включение и отключение приемопередающих устройств МРЛ-5 в режиме „Настройка“

Режим «Настройка» используется при настройке, градуировке и ремонте приемопередающих устройств РЛС. Для этого необходимо выполнить следующие операции.

1. На распределительном щите ЩЛ-039 переключатель «Род работы» установить в положение «Настройка». При этом на лицевой панели управления станцией загорается сигнальная лампочка «Настройка».

2. На щите ЩЛ-040 установить в верхнее положение все автоматы «Аппарат I канала» и «Аппарат II канала».

На лицевых панелях контрольно-распределительного устройства I и II каналов должны гореть сигнальные лампы «Настройка», сеть 27 В и 1 или 2 мкс (в зависимости от положения переключателей М 300 I и II каналов, расположенных на панели ИКО и тумблера В1 — длительность, расположенного на панели управления МРЛ).

3. Нажать кнопку «Накал вкл.» на лицевой панели передающего устройства одного из каналов. Должны загореться сигнальные лампы «Накал», «Вентил.», «Блокировка». С выдержкой времени 6 ± 1 мин должна загореться лампа «Готовность».

4. Нажать кнопку «Анод вкл.», после чего должна загореться лампа «Анод». Если загорается лампа «Авария», необходимо устранить неисправность и вновь нажать кнопку «Накал вкл.» (лампа «Авария» должна погаснуть).

5. Контроль работы передающих устройств производится по встроенным приборам:

«Контроль напряжения», согласно гравировке на переключателе;

«Напряжение преобразователя» ($U_1 = 140$ В; $U_2 = 200$ В);

«Ток магнетрона» ($I_1 = 10...15$ мкА; $I_2 = 30...40$ мкА);

«Мощность» ($P_1 = 220...250$ кВт, $P_2 = 700...800$ кВт).

Для отключения «передающего устройства» необходимо:

нажать кнопку «Анод откл.», после чего должна погаснуть лампа «Анод»;

нажать кнопку «Накал откл.», после чего должна погаснуть лампа «Накал», а через три минуты погаснет лампа «Вентил.».

Включение приемных устройств I и II каналов в режиме «Настройка» осуществляется непосредственно с лицевых панелей шкафа приемных устройств.

Перед включением приемных устройств тумблеры «АПЧ — РРЧ» необходимо поставить в положение «РРЧ», а АСУ — РРУ — в положение «РРУ».

Включить приемное устройство нажатием кнопки «Вкл.». После этого должна загореться лампа «Накал», отклонится стрелка прибора «Ток накала», а на блоках БУ-016 и БУ-017 появятся все питающие напряжения, которые проверяются по прибору с помощью переключателя «Контроль напряжения и тока».

Через 3 мин после включения лампы «Накал» должна загореться лампочка «Анод». Одновременно должны отклониться стрелки приборов «Ток коллектора», «Контроль усиления» и «Коэффициент шума».

При загорании лампы «Авария» следует устранить аварию и вновь нажать кнопку «Вкл.». Должна погаснуть лампа «Авария» и загореться лампа «Накал», а через 3 мин — лампа «Анод».

Для отключения приемного устройства необходимо нажать кнопку «Откл.», после чего должны погаснуть лампы «Накал» и «Анод».

7.11.3. Включение и отключение приемопередающих устройств в режиме „Работа“

1. Переключатель «Род работы» (ЩЛ-039) установить в положение «Работа». При этом на панели управления загорается транспарант «Работа».

2. Включить автомат 3×50 Гц 220 В или 3×50 Гц 380 В.

3. Нажать кнопку КН2 «Сеть» или КН1 «Дизель» на распределительном щите ЩЛ-022 индикаторного отсека.

4. Включить последовательно все автоматы на распределительных щитах ЩЛ-038 и ЩЛ-039.

При достижении заданного температурного режима $10 \pm 2{,}5\,^{\circ}C$ производится автоматическое включение цепей вторичного питания.

5. Включить все тумблеры вторичного питания на лицевой панели ШП-314 и БП-305, после чего по контрольным приборам проверить наличие на выходе вторичных питаний и управляющего напряжения +27 В (на пульте метеоролога загорается транспарант +27 В).

6. Включить приемопередающую аппаратуру с панели управления или на пульте метеоролога. При нажатии кнопок «Вкл.» должны загореться лампы «Накал»; через 5 мин после этого загораются лампочки «Анод». Стрелки приборов «Контроль усиления» должны отклониться в сектор шкалы.

7. Тумблеры «АСУ — РРУ» установить в положение «АСУ», «АПЧ — РРЧ» — в положение «АПЧ».

Контроль работы приемопередатчиками осуществляется по показаниям приборов «Мощность», «Коэффициент шума», «АПЧ — РРЧ», «РРУ — АСУ», «Потенциал». При нормальной работе приемопередающих устройств показания приборов находятся в красном секторе. Указатель коэффициента шума I канала МРЛ-5 показывает 4—5, II канала МРЛ-5 показывает 3—4, а номинальная мощность передатчиков — 210 и 800 кВт соответственно. При нормальных значениях мощности передатчиков и чувствительности приемных устройств на световом табло должна загореться буква П, а прибор «Потенциал» показывает не менее 50 мкА.

8. Включить индикаторные устройства, нажав клавишу «Индикатор — Вкл.» основного индикатора и ИФР.

В случае загорания транспаранта «Авария» аварию необходимо устранить и включить индикатор снова.

9. Проверить наличие питающих напряжений по сигнальным лампочкам и на гнездах, встроенных на панелях основного индикатора и ИФР.

10. После включения развертки необходимо:

ручкой «Фокус» добиться наилучшего качества изображения;

проверить совпадение начала развертки ИКО с центром экрана, а начала развертки ИДВ с вершиной угла прямоугольного трафарета;

проверить концентричность меток дальности;

вывести потенциометр «Видео» до упора против часовой стрелки;

установить ручкой «Яркость» едва различимую на экране линию развертки;

ручкой «Видео» выставить едва заметную на линии развертки шумовую дорожку.

11. Установить ПАУ-376 в рабочее положение, отрегулировать фокус, диафрагму, включить питание на панели управления фоторегистратором и проверить функционирование системы фоторегистрации.

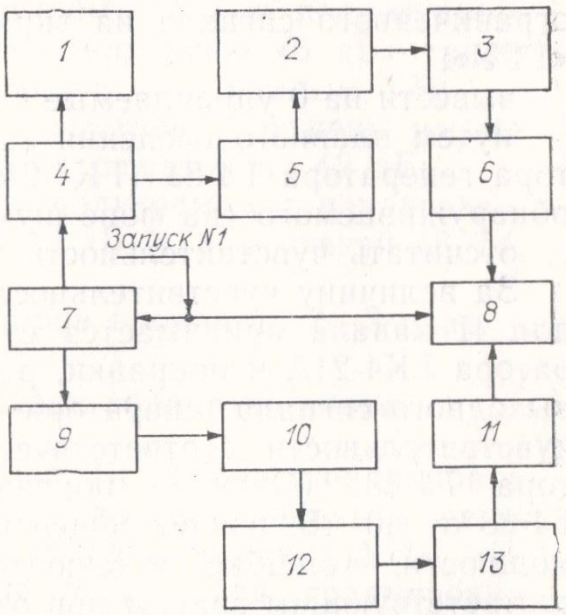
12. Включить питание электропривода кнопкой «Вкл.» на панели управления приводом и проверить работоспособность привода в режимах «Доворот», «Программа I и II», «Секторного и программного сканирования» по азимуту и углу места.

Выключение станции производится в обратном порядке.

7.11.4. Измерение чувствительности приемных устройств МРЛ-5

Для измерения чувствительности приемных устройств МРЛ-5 необходимо:

включить приемопередающее устройство МРЛ в режиме «Настройка» и проверить настройку приемных устройств на частоту



Черт. 7.3. Структурная схема подключения аппаратуры для измерения чувствительности приемных устройств, градуировки СВЧ-аттенюаторов, блока обработки видео и системы коррекции на квадрат расстояния.

1 — волномер Ч2-37А; *2* — *p* — *i* — *n*-диодные секции аттенюаторов и системы коррекции; *3* — устройство приемное I канала; *4*— генератор Г4-83; *5* — волновод ЕУ2.060.331; *6* — делитель сигнала ЕУ2.208.067; *7* — генератор Г5-26; *8* — осциллограф С1-55; *9* — генератор ГК4-21А *10* — переход ЕУ2.236.260; *11* — делитель сигнала ЕУ2.208.067; *2* — *p*—*i*—*n*-диодные секции аттенюаторов и системы коррекции; *13* — устройство приемное II канала.

передающих устройств в режиме АПЧ и РРЧ (при необходимости отрегулировать);

выключить передающие устройства и собрать схему (черт. 7.3);

кнопками «РРУ больше — меньше» установить по осциллографу уровень собственных шумов приемных устройств 0,2—0,3 В;

тумблер «Коррекция — Откл.», расположенный под крышкой на передней панели шкафа, поставить в положение «Откл.»;

установить на генераторе Г5-26 в режиме внешнего запуска длительность импульса 10 мкс, амплитуду импульса 10 В положительной полярности;

подключить вход делителя сигнала к контрольному гнезду «Выход ЛОГ УПЧ» под крышкой на передней панели шкафа приемного устройства;

подключить осциллограф С1-55, работающий в режиме ждущей развертки с внешней синхронизацией, к гнезду ГН1 делителя сигналов;

генератор Г4-83 (ГК4-21А) настроить согласно инструкции по эксплуатации прибора в качестве генератора стандартных сигналов в режиме внешней импульсной модуляции от генератора Г5-26 (установку частоты генератора Г4-83 производить с помощью волномера Ч2-37А);

изменяя частоту гетеродина кнопками «РРЧ больше — меньше» под крышкой на передней панели шкафа, получить на экране осциллографа один максимум сигнала, что соответствует настройке гетеродина на основную частоту;

не изменяя частоты генератора Г4-83 (ГК4-21А), установить на его выходе импульсный сигнал мощностью 100 мкВт (на ГК4-21А 10 мкВт) длительностью 10 мкс с частотой повторения 250 Гц (режим 2 мкс на панели управления МРЛ);

проверить точность настройки преселектора и оптимального напряжения спирали ЛБВ по максимальному уровню шумов и неограниченного сигнала на экране осциллографа С1-55 в режиме «РРУ»;

вывести на 0 управляемые СВЧ-аттенюаторы МРЛ;

путем плавного введения затухания с помощью СВЧ-аттенюатора генератора Г4-83 (ГК4-21А) довести сигнал до минимально обнаруживаемого (на фоне шумовой дорожки) уровня;

отсчитать чувствительность приемного устройства P_0 в дБ/Вт.

За величину чувствительности приемного устройства (в дБ/Вт) для II канала принимается сумма затуханий аттенюатора генератора ГК4-21А и поправки, равной 50 дБ, учитывающей уровень выходного сигнала генератора — 10 мкВт. Для I канала величина чувствительности соответствует показанию аттенюатора генератора Г4-83. (Отличие показаний шкалы децибел генератора Г4-83 от 40 дБ, возникающее при калибровке опорного значения мощности, — ошибка аттенюатора, и она должна учитываться соответствующим знаком при отсчете чувствительности.) Для правильной оценки значения P_0 берется среднее из нескольких измерений. При каждом измерении проверяется точность подстройки генератора.

7.11.5. Градуировка измерительных систем станции МРЛ-5

Аттенюаторы служат для измерения мощности радиоэха метеоцелей. Для повышения точности этих измерений необходима тщательная градуировка аттенюаторов. Градуировка аттенюато-

ров проводится после измерения чувствительности приемных устройств с помощью той же измерительной схемы. Для градуировки необходимо:

включить приемное устройство в режиме «Настройка»;

на передней панели шкафа приемного устройства тумблер «АСУ — РРУ» поставить в положение «АСУ», тумблер «АПЧ — РРЧ» в положение «РРЧ», тумблер «Коррекция — Откл.» в положение «Откл.»;

отключить на ПУ-1 фиксированный аттенюатор 42 дБ и ступенчатый аттенюатор 0—36 дБ нажатием кнопки 0 дБ;

установить режим работы 2 мкс на панели управления МРЛ;

собрать схему, представленную на черт. 7.3;

установить переменным аттенюатором генератора Г4-83 (ГК4-21А) уровень мощности входного сигнала P_1, которому соответствует амплитуда выходного сигнала на экране осциллографа 1 В;

включить на ПУ-1 клавишу ступенчатого аттенюатора 6 дБ и увеличить переменным аттенюатором генератора Г4-83 (ГК4-21А) уровень входного сигнала до тех пор, пока уровень выходного сигнала снова не станет равным 1 В;

отсчитать значение мощности входного сигнала P_2; разность должна быть равна $6 \pm 0{,}5$ дБ; в случае расхождения с помощью аттенюатора генератора установить такое значение P_2, чтобы разница $P_2 - P_1$ составляла 6 дБ; отпустить невыпадающие болты, выдвинуть блок управления аттенюатором ПУ-1 и подрегулировать уровень изоэха потенциометром с надписью «6 дБ» таким образом, чтобы уровень выходного сигнала стал равным 1 В;

аналогичным образом проверить и выставить ступени изоэха 12, 18, 24, 30, 36 дБ и фиксированный аттенюатор на 42 дБ;

провести контроль ступеней изоэха, получаемых с использованием фиксированного аттенюатора на 42 дБ, т. е. ступеней 48, 54, 60, 66, 72, 78 дБ;

операции по градуировке аттенюаторов проводить 2—3 раза.

7.11.6. Порядок градуировки блока обработки видео

Градуировка блока обработки видео (и вообще градуировка и калибровка всех узлов) производится после проверки и регулировки амплитудных характеристик логарифмических УПЧ, согласно инструкции по эксплуатации МРЛ. Для градуировки блока обработки видео необходимо:

собрать схему, представленную на черт. 7.3, и включить приемные устройства МРЛ в режиме «Настройка»;

включить блок обработки видео кнопкой «Вкл.» на его передней панели;

включить тумблер I/II и установить потенциометром «Уст. 0» стрелки приборов на 0;

нажать кнопку «Измерение»; если стрелки приборов при этом отойдут от нулевого значения, потенциометрами R25, расположен-

ными на платах разделителей видео I и II каналов, установить стрелки приборов на 0;

включить приемные устройства в режиме «АСУ» и отключить коррекцию на квадрат расстояния;

на панелях ПУ-1 установить ослабление СВЧ-аттенюаторов, равное 0;

подать на приемные устройства от генераторов Г4-83 и ГК4-21А сигналы, совмещенные по дальности и различающиеся по амплитуде один от другого не более чем на 20 дБ;

включить маркер;

клавишным переключателем «Дальность маркера» совместить маркер с сигналом (совмещение контролируется по индикатору типа А);

нажать кнопку «Измерение» и тумблер I/II; показания приборов I и II каналов должны соответствовать уровню сигналов P, подаваемых на входы приемников; прибор I/II и П-3 должен фиксировать разность этих сигналов с погрешностью не более ± 3 дБ;

изменяя уровень входных сигналов с помощью СВЧ-аттенюаторов генераторов Г4-83 и ГК4-21А через 5 дБ, проверить соответствие показаний приборов указателей мощности радиоэха I и II каналов и разности мощностей радиоэха I/II и II/I; в случае несоответствия провести регулировку уровней на платах разделителей I и II каналов;

установить оптимальный уровень и амплитуду видеосигналов переменными резисторами на платах разделителей видео I и II каналов; для индикаторов ИКО/ИДВ R_3, R_5; для индикаторов типа AR_8, R_{10}; для аппаратуры цифровой обработки R_{13}, R_{15}; для разностного сигнала на индикаторы ИКО/ИДВ, типа AR_{18}, R_{20}.

7.12. Согласование и проверка чувствительности следящей системы привода МРЛ-2 по углу места

При измерении поля высот радиоэха и снятии отражаемостей в определенных слоях отсчеты углов возвышения ε производятся по шкале, расположенной на панели управления приводом (эти значения принимаются за истинное положение антенны по углу места).

Рассогласование следящей системы привода по углу места ведет к резкому завышению или занижению высот радиоэха облаков по всему полю.

Еженедельно необходимо проверять согласование следящих систем привода антенны по углу места. Систематическая ошибка рассогласования между значениями углов, задаваемых с панели управления приводом, и фактическим положением антенны по углу места, которое определяется по шкале на антенной колонке,

не должна превышать 0,1—0,2° (0,15°), а максимальная случайная ошибка рассогласования не должна превышать ±0,25°. Степень рассогласования привода антенны по углу места определяется в ручном режиме и режиме «I программа».

Проверка в режиме «Ручное». Дискретно изменяя угол возвышения антенны ε снизу вверх от 0 до 3° через 0,5° и от 3 до 10° через 1°, снять отсчеты по нониусу шкалы на антенной колонке. Проделать то же, изменяя угол возвышения антенны сверху вниз. По результатам отсчетов определить величину и знак ошибки.

Проверка в режиме «I программа». Вынуть предохранители в цепи двигателя вращения АОЛ-32-12 (пр. 7, пр. 8, пр. 9) в блоке БВ-04. Включить «I программу» (вращение антенны по азимуту). Повторить проверку согласования приводов, изложенную выше.

Согласование следящей системы привода по углу места можно производить либо с помощью принимающего вращающегося трансформатора ВТ (ВТ ошибки), расположенного в блоке датчиков угла места на механизме качения, либо с помощью задающего ВТ, расположенного в панели управления приводом. Для согласования необходимо ослабить винты крепления статора, регулируемого ВТ. Установить фиксированное значение угла места ε на панели управления приводом (0—4°).

Слегка поворачивая статор регулируемого ВТ и непрерывно следя по шкале угла места на антенной колонке за фактическим положением антенны по углу места добиться согласования. Закрепив статор ВТ, провести контрольную проверку согласования. В процессе регулирования удобнее поворачивать статор ВТ в панели управления приводом (для режима «ручное») и ВТ М 2 в блоке БО-015 в режиме «I программа».

В отдельных случаях операторы устанавливают нулевое положение антенны по индикаторной шкале ИКО. Так как точность следящей системы индикаторной шкалы составляет ±1°, это может приводить к значительным ошибкам в определении высоты радиоэха. Поэтому необходимо проконтролировать, как операторы снимают отсчеты углов возвышения антенны.

При недостаточном усилении сигнала ошибки рассогласования в тракте управления приводом увеличиваются ошибки обработки системой малых углов (уменьшается чувствительность системы), задаваемых с панели управления приводом (ПУП). Проверка чувствительности производится следующим образом. Изменяется положение датчика угла места ПУП на 0,2° по углу места, при положении антенны вблизи 0°. По нониусу шкалы угла места на антенной колонке проверяется, отрабатывает ли привод это согласование. Малая чувствительность системы управления приводом ведет к завышению высот облачности в зависимости от направления, по которому оператор перемещает антенну по углу места при съеме поля высот.

Регулирование усиления тракта управления приводом, подбор процесса согласования и требуемой ошибки осуществляются на

лицевой панели блока БВ-04. Равенство токов плеч усилителя, контролируемое по приборам ИПЗ и ИПЧ, устанавливается потенциометрами R_{21} и R_{22}, расположенными с левой стороны БВ-04. Предварительно необходимо замкнуть перемычкой гнезда «Ошибка угла места» на лицевой панели БВ-04. Показания каждого прибора должны быть в пределах 280—310 мА.

Аналогичным образом производится согласование и проверка чувствительности следящей системы привода МРЛ-1.

8. ДОКУМЕНТАЦИЯ И ОТЧЕТНОСТЬ

8.1. Документация МРЛ

Для записи технического состояния и результатов наблюдений необходимо вести следующую документацию:

1) «Журнал наблюдений»;
2) «Журнал технического состояния аппаратуры»;
3) «Журнал регламентных работ»
4) «Технический формуляр»;
5) «Журнал телеграмм»;
6) «Журнал сопоставления радиолокационной и наземной метеорологической информации об опасных явлениях погоды в радиусе 180 км от МРЛ»;
7) «Журнал телеграмм для перфорации данных МРЛ»;
8) «Журнал учета запросов на коррекцию ошибочных телеграмм»;
9) «Таблица учета пропущенных сроков при получении режимных данных МРЛ»;
10) «Журнал регистрации ошибок обработки данных МРЛ для режимных обобщений и принятия мер по их устранению»;
11) «Журнал замечаний и оценки работы дежурной смены МРЛ»;
12) «Журнал устных сообщений»;
13) «Журнал технической учебы»;
14) «Журнал охраны труда и техники безопасности»;
15) «Журнал приема и сдачи дежурств».

«Журнал наблюдений» ведет техник-оператор, проводящий наблюдения на МРЛ. В этом журнале отмечаются:

начало и конец серии наблюдений (время московское),
данные о постоянных МРЛ,
формы представления информации, выданные потребителю

Форма и образец записи приведены в табл. 8.1.

«Журнал технического состояния аппаратуры» ведется дежурным радиотехником или старшим инженером по радиолокации МРЛ. В этом журнале отмечаются:

дата и время возникновения отказа;
внешнее проявление отказа и его причины;
комплектующие изделия, использованные при ремонте;
время и дата устранения неисправности.

Форма и образец записи в журнале приведены в табл. 8.2.

Таблица 8.1

Форма „Журнала наблюдений“ и пример записи

Дата	Время измерений (московское)	Потенциал МРЛ		Проведение серии наблюдений			Форма представления информации и способ передачи				Подпись оператора
		I канал	II канал	начало	конец	причина прерывания наблюдений	Бланк ф. № 2	Телеграмма	Факсимиле	Устное сообщение	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10.10.87	10^{05}	60	50	10^{10}	10^{40}	—	+	+	+	+	Иванов

Таблица 8.2

Форма „Журнала технического состояния аппаратуры“ и пример записи

Обнаружение неисправности		Внешнее проявление отказа, место возникновения	Причина отказа	Устранение неисправности		Использованные комплектующие изделия	Подпись лица, руководившего ремонтом
дата	время			дата	время		
1	2	3	4	5	6	7	8
25.12.85	14^{00}	Отсутствие развертки на экране индикатора кругового обзора ИКО	Вышел из строя блок питания ИКО. Сгорел предохранитель в цепи 6 кВ на 0,5 А	25.12.85	14^{00}	Предохранитель 0,5 А	Петров

«*Журнал регламентных работ*» ведется дежурным радиотехником или старшим инженером по радиолокации МРЛ. В этом журнале отмечаются:

дата,

вид регламентных работ (сезонные, ежемесячные, ежедневные);

содержание работы;

состояние аппаратуры после профилактики;

использованные комплектующие изделия;

основные параметры МРЛ.

Таблица 8.3

Форма „Журнала регламентных работ"

Дата	Содержание работы	Состояние аппаратуры после профилактики	Чувствительность по РИПу	Мощность передатчика	Потенциал МРЛ	Использованные комплектующие изделия	Подпись лиц, проводивших профилактику
1	2	3	4	5	6	7	8

Форма и образец записи в журнале приведены в табл. 8.3.

«*Технический формуляр*» входит в комплект эксплуатационной документации МРЛ в виде отдельной книги. Ведется старшим инженером по радиолокации. Формуляр является основным техническим документом, отражающим сведения по его эксплуатации. Все записи в формуляре должны производиться отчетливо и аккуратно, подчистки, помарки и не заверенные исправления не допускаются.

«*Журнал телеграмм*» служит для записи отправленных с МРЛ телеграмм, составляемых в синоптические и ежечасные сроки.

В «*Журнал сопоставления радиолокационной и наземной метеорологической информации об опасных явлениях погоды в радиусе 180 км от МРЛ*» заносятся данные, полученные и проинтерпретированные на МРЛ после проведения критического контроля инженером-метеорологом, и метеорологические наземные. Наземные данные выбираются из:

книжек КМ-01,

таблиц ТМ-1,

карт-кольцовок.

Форма журнала приведена в табл. 8.4.

«*Журнал телеграмм для перфорации данных МРЛ*». Форма записи в журнале приведена в табл. 8.5.

«*Журнал учета запросов на коррекцию ошибочных телеграмм*». По результатам контроля может быть составлен запрос на коррекцию данных, полученных с сети МРЛ. Запрос на коррекцию должен содержать дату, срок и время, за которые дана ошибочная телеграмма, и выявленные в телеграмме ошибки.

Таблица 8.4

Форма „Журнала сопоставления радиолокационной и наземной метеорологической информации об опасных явлениях погоды в радиусе 180 км от МРЛ“

Дата	Время (московское) начала и конца срока наблюдений	Расстояние от МРЛ, км	$H_{макс}$, км	$\lg Z_3$	$\lg Z_2$	$\lg Z_1$	Критерии распознавания		Явления по радиолокационным данным (шквал, (по коду КН-01), ▲, (⊼, ⊼), (⊼), ▽, :, $\overset{\dot{*}}{\nabla}$, $\dot{*}$, $\overset{*}{\nabla}$, $*$)	$H_{-22\,°C}$, $H_{0\,°C}$
							Y	Y^*		

Краткое описание синоптической обстановки	Параметры перемещения по МРЛ		Явление, начало и конец его по данным ГМС (шквал (по коду КН-01), ▲, ⊼, ▽, :, $\overset{\dot{*}}{\nabla}$, $\dot{*}$, $\overset{*}{\nabla}$, $*$) или формы облачности	Тип облачной системы по радиолокационным данным	Наличие ослабления в ближней зоне в направлении на ячейку	Потенциал МРЛ	Примечания
	направление d	скорость f					

Таблица 8.5

Форма записи в „Журнале телеграмм для перфорации данных МРЛ“

МРЛ _____ УГМ _____

Индексный номер МРЛ _____

Месяц _____ Год _____

Опознавательный блок основного массива
до 600 строк по 10 пятизначных групп в строке

Метка конца массива

Опознавательный блок 1-го массива-продолжения
до 600 строк по 10 групп в строке

Метка конца массива

Опознавательный блок исправительного массива
Произвольное число строк по 10 групп в строке.

В журнале должны заноситься:
сведения о поступлении запроса;
дата, срок и время ошибочной телеграммы;
меры, принятые по удовлетворению запроса.
Форма журнала приведена в табл. 8.6.

Таблица 8.6

Форма „Журнала учета запросов на коррекцию ошибочных телеграмм“

Поступление запроса (дата, месяц)	Месяц, дата, срок ошибочных телеграмм	Дата отправки исправительного массива (№ исх. документа)	Примечание

В *«Таблице учета пропущенных сроков при получении режимных данных МРЛ»* фиксируются все случаи пропусков наблюдений на МРЛ, указываются причины пропусков наблюдений в цифрах кода RADOB. Форма таблицы приведена в табл. 8.7.

Таблица 8.7

Форма „Таблицы учета пропущенных сроков при получении режимных данных МРЛ“

Число месяца	1	2	3	4	. . . . .	30	31
Количество пропущенных синоптических сроков							
Причина пропуска (цифры кода)							

В «*Журнале регистрации ошибок обработки данных МРЛ для режимных обобщений и принятия мер по их устранению*» фиксируются ошибки, выявленные в центре обработки при контроле данных МРЛ, причины возникновения ошибок и меры, принятые для устранения ошибок. Форма журнала приведена в табл. 8.8.

В «*Журнал замечаний и оценки работы дежурной смены МРЛ*» вносятся все замечания по работе дежурной смены и выводится оценка работы. Форма журнала приведена в табл. 8.9.

В «*Журнал устных сообщений*» заносятся:

дата и срок наблюдения опасного явления погоды (ОЯ);

радиолокационные характеристики (H, $\lg Z_3$, $\lg Z_2$, $\lg Z_1$);

текст устного сообщения (характер ОЯ, азимут, расстояние, характеристика перемещения);

потребители информации МРЛ.

Форма журнала и образец записи приведены в табл. 8.10.

В «*Журнале технической учебы*» отмечаются:

дата проведения занятия,

тема занятия,

Ф. И. О. проводившего занятие,

отметка о принятии зачета по теме.

Форма журнала приведена в табл. 8.11.

«*Журнал охраны труда и техники безопасности*» ведется в соответствии с трехступенчатой системой контроля состояния техники безопасности руководителем соответствующего подразделения. Форма журнала — общепринятая.

«*Журнал приема и сдачи дежурств*» ведется дежурными сменами. В журнале отмечается прием и сдача дежурства и замечания в процессе работы смен. Форма журнала — общепринятая.

8.2. Годовая отчетность МРЛ

В целях систематизации материалов по эксплуатации МРЛ, определения надежности аппаратуры, начальник МРЛ в соответствии с ПЭМОА-86 составляет годовой отчет о работе аппаратуры согласно прилагаемым формам (табл. 8.12). Годовые сведения об эксплуатации МРЛ рассматриваются и обсуждаются руководством АМЦ (АМСГ) и УГМ и представляются в ГГО к 31 декабря текущего года.

Инженер-радиометеоролог составляет годовой отчет о работе МРЛ (текстовая часть отчета составляется в произвольной форме) и высылает его в методическую группу по радиометеорологии после окончания грозового сезона, но не позднее 5 декабря текущего года. В отчете необходимо отразить все вопросы, связанные с эффективностью радиолокационной информации и критериев, результаты сопоставления радиолокационной и визуальной информации, трудности, которые пришлось преодолеть штату МРЛ, предложения по усовершенствованию методики, не-

Таблица 8.8

Форма „Журнала регистрации ошибок обработки данных МРЛ для режимных обобщений и принятия мер по их устранению“

Краткое описание ошибок по результатам контроля данных для режимных обобщений	Дата и срок получения забракованных данных	Причина возникновения ошибочных данных	Меры, принятые по устранению ошибок	Подпись лица, ответственного за качество режимных данных

Таблица 8.9

Форма „Журнала замечаний и оценка работы дежурной смены МРЛ“

Дата	Срок	Ф И О дежурных смены	Замечания	Коэффициенты снижения качества труда за смену	Оценка за смену	Подпись	
						Дежурная смена	Проверявший

Таблица 8.10

Форма „Журнала устных сообщений“ и образец записи

Дата	Срок — время московское (местное)	Характеристики ОЯ				Текст устного сообщения					Потребители							Подпись передавшего сообщение	Фамилия принявшего сообщение
		H (км)	$\lg Z_3$	$\lg Z_2$	$\lg Z_1$	Характер ОЯ	Азимут, град.	Расстояние до ОЯ, км	Направление перемещения, град.	Скорость перемещения, км/ч	Служба движения	АМСГ	ГМЦ	Энергетики	Ж. Д.	В/части	Сельское хозяйство		
05.08.87	13 (15)	10	3,4	—	—	Грозовой очаг	120	60	40	25	+	+	+	—	—	+	+	Иванова	Краснов

Таблица 8.11

Форма „Журнала технической учебы“ и образец записи

Дата проведения занятия	Тема занятия	Должность, Ф. И. О. проводившего занятия	Отметка о принятии зачета по теме
15.03.87	Особенности радиолакационных характеристик радиоэха в теплый период года	инж.-радиометеоролог Иванова В. Ф.	1. Иванова Л. Г.— зачет 2. Петрова А. Н.— — 3. Фролова Г. А.— зачет . . . . .

ясные вопросы к методической группе по радиометеорологии при УГМ и ГГО.

Отчет должен быть предварительно обсужден руководством АМСГ, ЗГМО и УГМ. Приложением к текстовой части отчета служат табл. 8.13—8.15:

Таблица 8.12

Формы годовых сведений по эксплуатации метеорологических радиолокаторов

Ф-1

Общее время наработки (кол-во часов) РЛС на 31 декабря отчетного года с момента выпуска ее заводом (по общему счетчику)	Время наработки (кол-во часов) РЛС за отчетный год (по общему счетчику)

Ф-2

Отказавший блок и его шифр	Внешнее проявление отказа	Причина отказа	Принятые меры по устранению отказа	Время, затраченное на устранение отказа

сводная таблица сопоставления наземной и радиолокационной информации с ОЯ в радиусе 180 км от МРЛ (табл. 8.13);

таблица статистического анализа данных о грозах в радусе 180 км от МРЛ (табл. 8.14);

характеристики радиоэха облаков и явлений (шквал (по коду КН-01), ▲, ⍂, ▽ Q) по данным МРЛ в ближней зоне (табл. 8.15).

В случаях когда в радиусе наблюдений МРЛ за летний сезон грозы не наблюдались, сопоставление радиолокационной и наземной информации проводится по жидким осадкам с интенсивностью $I > 1$ мм/ч. Таблицы отчетности — те же, что и для гроз. Данные в табл. 8.15 заносятся с бланка формы № 2 по каждому из четырех азимутов за каждый срок наблюдений.

Таблица 8.15 составляется за каждый месяц (в течение года) и высылается в методическую группу по радиометеорологии, наряду с табл. 8.13 и 8.14, которые в установленный срок после проверки в методической группе отсылаются вместе с годовым отчетом в ГГО.

Таблица 8.15 составляется до особого указания методической группы ГГО.

Таблица 8.13

Сводная таблица сопоставления наземной и радиолокационной информации о ОЯ в радиусе 180 км от МРЛ

МРЛ _____ УГМ _____ Год _____ Месяц _____

Дата, время наблюдений по МРЛ (мск)	Явление, начало и конец явления по данным ГМС	Условия наблюдения в ближней зоне в азимуте ГМС (по табл. 7 кода RADOB	Информация МРЛ						Классификация явления по МРЛ	Аэрологические данные		Краткое описание синоптической обстановки	Предполагаемая причина необнаружения или неправильной интерпретации грозы	Примечания
			азимут и расстояние от МРЛ	$H_{макс}$ км	$\lg Z_3$	$\lg Z_2$	$\lg Z_1$	критерий грозоопасности		H_0 °C км	H_{-22} °C км			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Таблица статистического анализа данных о грозах в радиусе 180 км от МРЛ

МРЛ _____ УГМ _____ Год _____ Месяц _____

Строка	Данные статистического анализа	Всего гроз ▲+⟍+ +⟍)+ +(⟍)	Из них по данным МРЛ							Радиоэхо не наблюдалось	Примечание
			радиоэхо обнаружено и правильно интерпретировано				радиоэхо обнаружено н неправильно интерпретировано				
			▲	⟍	⟍)	(⟍)	▼	:	Q		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	По данным НМС										
2	По данным МРЛ (в ячейках, где расположены НМС)										
3	В % по отношению к числу гроз по данным МС										
4	Максимум $H_{макс}$, км										
5	Минимум $H_{макс}$, км										
6	Среднее $H_{макс}$, км										
7	$\sigma_{H_{макс}}$										
8	$K_{vH_{макс}} = \sigma_{H_{макс}/H_{макс}}$										
9	Максимум $\lg Z_3$										
10	Минимум $\lg Z_3$										
11	Среднее $\lg Z_3$										
12	$\sigma_{\lg Z_3}$										
13	$K_{v \lg Z_3}$										

Таблица 8.15

Год _____ Месяц _____ МРЛ _____ Тип МРЛ _____

Характеристики радиоэха облаков и явлений (Шквал (по коду КН-01), ▲, ⧅, ▽, :, Q) по данным МРЛ в ближней зоне

Дата	Время московское (местное)	Азимут разреза на ИДВ, град.	Тип облаков и явлений по МРЛ	Информация МРЛ					Аэрологические данные			Фронтальный раздел: х. ф, т. ф., фр. оккл., без фронта	Тип радиоэха
				$H_{ВГ}$ км	$H_{НГ}$ км	lg Z_3	lg Z_2	lg Z_1	$H_{0\,°C}$ км	$H_{-22\,°C}$ км	$H_{тр}$ км		
5.01	14^{45} (16^{45})	184	$Q\triangledown_4$, $A-N$	3,0	—	—	—	0,5	—	—	—	Х. ф. с волнами	РКО на фоне РСО
		350	$A-N$, $\ast_4$	4,0	—	—	—	—0,6	—	—	—	То же	РКО на фоне РСО
	15^{45} (17^{45})	057	S $\ast_2$	2,0				—0,6	—	—	—	—"—	РСО
		147	$A-N$ $\ast_4$	3,0	—	—	—	0,2	—	—	—	—"—	РСО
		237	$A-N$ $\ast_4$	3,0	—	—	—	0,2	—	—	—	—"—	РСО
		327	$A-N$ $\ast_2$	3,0	—	—	—	—0,7	—	—	—	—"—	РСО
13.02	16^{45} (18^{45})	057	S $\ast_2$	1,0	—	—	—	—1,3	—	—	—	Фр. оккл.	РСО
		100	S $\ast_2$	1,0	—	—	—	—1,3	—	—	—	Фр. оккл.	РСО
		267	S $\ast_2$	1,0	—	—	—	—1,3	—	—	—	Фр. оккл.	РСО
		267	Q $\overset{\ast}{\triangledown_4}$	1,0	—	—	—	0,2	—	—	—	Фр. оккл.	РКО на фоне РСО
		350	S $\ast_2$	1,0	—	—	—	—1,3	—	—	—	Фр. оккл.	РСО

Дата	Время московское (местное)	Азимут разреза на ИДВ, град.	Тип облаков и явлений по МРЛ	Информация МРЛ					Аэрологические данные			Фронтальный раздел: х. ф., т. ф., фр. оккл., без фронта	Тип радиоэха
				$H_{ВГ}$ км	$H_{НГ}$ км	lg Z_3	lg Z_2	lg Z_1	$H_{0\,°C}$ км	$H_{-22\,°C}$ км	$H_{тр}$ км		
3.06	14^{45} (16^{45})	321	Q ⧅$)^4$	10,0	—	2,3	2,3	2,9	3,4	6,4	11,2	Т. ф.	РКО
		057	Q (⧅$)^4$	9,0	—	1,5	1,5	1,5	3,4	6,4	11,2	Т. ф.	РКО
	15^{45} (17^{45})	325	∂ ⧅$)^6$	8,0	—	2,8	3,4	3,4	3,4	6,4	11,2	Т. ф.	РКО
	17^{45} (19^{45})	057	Q $\triangledown_2$	6,0	—	0,1	0,5	0,5	3,4	6,7	11,4	Т. ф.	РКО
		130	Q $\triangledown_2$	6,0	—	0,3	0,9	0,9	3,4	6,7	11,4	Т. ф.	РКО
		230	Q ⧅$)^4$	8,0	—	2,3	2,3	2,3	3,4	6,7	11,4	Т. ф.	РКО
		320	Q $\triangledown_2$	6,0	—	—	0,5	0,5	3,4	6,7	11,4	Т. ф.	РКО
22.07	18^{45} (20^{45})	064	Q ⧅▽	10	—	2,7	2,7	2,1	3,0	6,5	11,9	Х. ф.	РКО
		146	Q ⧅▽	10	—	2,7	2,7	2,7	3,0	6,5	11,9	Х. ф.	РКО
		198	Q ⧅▽	10	—	3,1	2,5	1,9	3,0	6,5	11,9	Х. ф.	РКО
		286	Q ⧅▽	8	—	2,7	2,7	1,5	3,0	6,5	11,9	Х. ф.	РКО
2.08	13^{45} (15^{45})	081	Q ▽	4	—	0,5	1,2	—	2,5	6,2	10,0	Вт. Х. ф.	РКО
		149	Q ▽	4	—	1,5	0,9	—	2,5	6,2	10,0	Вт. Х. ф.	РКО
		181	Q ▽	5	—	2,6	2,6	—	2,5	6,2	10,0	Вт. Х. ф.	РКО
		350	Q	4	1	—	1,3	—	2,5	6,2	10,0	Вт. Х. ф.	РКО
12.09	18^{45} (20^{45})	025	Q ▽	6	—	2,3	2,1	—	3,1	6,8	10,6	Ложб.	РКСО
		151	$A-N$:	3	—	0,3	—	—	3,1	6,8	10,6	Ложб.	РКСО
		253	$A-N$:	4	—	0,1	—0,5	—	3,1	6,8	10,6	Ложб.	РКСО
		310	$A-N$:	4	—	0,3	0,3	—	3,1	6,8	10,6	Ложб.	РКСО

8.3. Перечень сведений для годового отчета о работе сети МРЛ методической группы по радиометеорологии при УГМ

В годовом отчете, направляемом методической группой по радиометеорологии при УГМ в ГГО, необходимо привести сведения по следующим вопросам:

1) состав методической группы; методическое руководство сетью; в соответствии с какими документами производится оперативная работа на сети МРЛ;

2) состав сети МРЛ УГМ; регулярность работы и техническое состояние сети МРЛ; привести табл. 8.16 и 8.17;

3) укомплектованность штата и состояние технической учебы; составить табл. 8.18;

4) анализ достоверности информации МРЛ; привести результирующие таблицы вероятности определения гроз, распределения статистических характеристик радиолокационных параметров гроз, данные о шквалах, характеристики радиоэха кучево-дождевых облаков и явлений по данным МРЛ сети УГМ в ближней зоне (табл. 8.19—8.22);

5) проведение методических и технических инспекций, организация обмена опытом между специалистами МРЛ внутри УГМ и между другими УГМ;

6) состояние работы по стыковке данных МРЛ и передаче кодированной информации;

7) подготовка материалов к микрофильмированию;

8) оценка работы штата МРЛ;

9) научно-исследовательская работа в группах МРЛ;

10) предложения и претензии по методическим и организационным вопросам работы сети МРЛ;

11) сроки поступления закодированных данных на перфорацию;

12) результаты сравнения числа особо опасных явлений в зонах перекрытия МРЛ (если зоны перекрытия имеются);

13) решение методической группы о возможности проведения режимных обобщений за каждый месяц по каждому МРЛ; оценка качества месячных массивов информации; число месячных массивов данных, пригодных для режимных обобщений и архивации (за календарный год);

14) число возвращенных из Центра обработки (ГГО) массивов перфолент на исправление за каждый месяц по каждому МРЛ;

15) число исправленных массивов, направленных методической группой в Центр обработки;

16) краткий анализ обнаруженных автоматизированных контролем систематических ошибок и их источников по каждому МРЛ за каждый месяц; меры, принятые методической группой по устранению ошибок.

Таблица 8.16

СВЕДЕНИЯ

о регулярности работы МРЛ в _____ УГМ

(согласно приказу начальника УГМ № _____ от «_____» _____ 199__ г.)

Наименование МРЛ	Регламент работы станции	Проведено наблюдений				Причина пропусков наблюдений в основные синоптические сроки	Регулярность работы МРЛ
		в основные синоптические	ежечасные	в режиме „Шторм"	число пропущ. син. сроков		
I	Круглосуточно. В синоптические и штормовые сроки	2787	1314	514	133	Регламентные работы —78 Тех. причина —55	98,1
II	Круглосуточно. В синоптические и штормовые сроки	2869	1734	215	54	Регламентные работы —44 Тех. причина —10	99,7
III	Круглосуточно. В синоптические и штормовые сроки	2616	5101	160	304	Регламентные работы —162 Тех. причина —142	95,1
IV	Круглосуточно. В синоптические и штормовые сроки	2613	1167	320	307	Регламентные работы —153 Неукомплектованность ЗИПа —100 Отсутствие эл/эн. —54	94,7
V	Круглосуточно. В синоптические и штормовые сроки	2729	873	250	191	Регламентные работы —88 Тех. причина —64 Метеоусловия —3 Отсутствие эл/эн. —2 Неукомплектов. ЗИПом —34 Другие причины —	96,5
УГМ		13 614	10 189	1459	989		96,8

Таблица 8.17

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МРЛ на сети УГМ (на 111.85 г.)

Наименование МРЛ	Общая наработка станции с момента включения, ч	Общая наработка станции за год, ч	Число случаев отказа по техническим причинам	Общее время простоя по техническим причинам, ч	Наработка на отказ, ч/отказ	Общее число пропущенных синоптических сроков	Регулярность работы станции, %
I	24 302	2515	14	105	180	133	98,1
II	2385	1104	7	80	158	54	99,7
III	21 096	1345	6	54	224	304	95,1
IV	44 471	4401	12	15	367	307	94,7
V	30 297	3581	10	25	358	191	96,5

Таблица 8.18

СВЕДЕНИЯ

о штатах МРЛ на сети _____ УГМ

(укомплектованность штата и его квалификация) на 1.01.85

№ п/п	Сведения	Наименование МРЛ				
		I	II	III	IV	V
1	Штат МРЛ (количество)	10	10	9	8	10
2	Вакансии:					
	ст. инженер по р/локации			1		
	инженер-радиометеоролог					
	ст. техники, техники, р/техники				2	
3	Образование:					
	ст. инженер по р/локации:					
	высшее	1	1		1	1
	ср. специальное					
	инженер-радиометеоролог:					
	высшее	1	1	1	1	1
	ср. специальное					
	ст. техники, техники:					
	высшее					
	ср. специальное	2	4	5		1
	среднее	6	4	3	6	7
4	Повышение квалификации на курсах ГГО:					
	ст. инженер по р/локации					
	инженер-радиометеоролог	1			1	1
5	Стаж работы (лет)					
	ст. инженер по радиолокации	5	10	4	10	9
	инженер-радиометеоролог	8	10	—	10	4
	техники, ст. техники, до трех лет (кол-во)	4	2	5	3	1
	техники, ст. техники, 6 лет (кол-во)	4	6	3	3	7

Таблица 8.19

Результирующая таблица сопоставления наземных и радиолокационных данных о грозах в радиусе 0—180 км за летний период 1985 г по УГМ

Наименование МРЛ	Число случаев гроз и града по данным метеостанций	Число явлений по данным МРЛ								
		▲	⩕	⩕)	(⩕)	$\sum$▲+⩕+⩕)+(⩕)	▽	Q	:	Радиоэхо не обнаружено
I	1188	45	931	68	6	1050	63	58	—	17
	%	3,8	78,5	5,7	0,5	88,5	5,3	4,3		1,4
II	1062	18	734	190	10	952	18	28	—	64
	%	1,7	89,1	17,9	0,9	89,6	1,7	2,7		6,0
III	1251	8	932	2	—	942	88	161	—	60
	%	0,6	74,5	0,2		75,3	7,0	12,9		4,8
IV	534	11	219	167	86	483	28	16	—	7
	%	2,0	41,0	31,3	16,1	90,4	5,2	3,0		1,3
V	494	3	292	144	—	439	26	10	—	19
	%	0,6	59,2	29,1		88,9	5,3	2,0		3,8
	4529	85	3108	571	102	3866	223	273	—	167
		1,9	68,6	12,6	2,3	85,4	4,9	6,0		3,7

Таблица 8.20

Статистические характеристики максимальных высот радиоэха гроз в радиусе 180 км и их распределение (%) для всех МРЛ ——— УГМ за 1985 г.

Наименование МРЛ	Максимальная высота радиоэха H (км) в ячейке 30×30 км													Итого	$\overline{H}$ км	σ_H км	K_{vH}	Число гроз N
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16					
I		7 0,7	76 7,3	142 13,5	354 33,8	189 18,0	168 16,0	67 6,4	37 3,5	8 0,8				100	8,6	1,52	0,18	1048
II			17 1,8	98 10,3	300 31,5	236 24,8	157 16,5	93 9,8	47 4,9	4 0,4				100	9,0	1,40	0,16	952
III		36 3,1	114 10,3	138 12,5	332 30,2	128 11,7	214 19,5	92 8,5	22 2,0	20 1,8	3 0,3	1 0,1		100	8,5	1,77	0,21	1100
IV		7 1,4	34 6,7	57 11,3	135 26,7	28 5,5	113 22,3	67 13,3	33 6,5	24 4,7	8 1,6			100	9,2	2,0	0,22	506
V		4 0,9	38 8,3	63 13,7	173 37,6	105 22,8	47 10,2	22 4,8	6 1,3	2 0,4				100	8,3	1,35	0,16	460

Таблица 8.21

Статистические характеристики радиолокационной отражаемости ($\lg Z_3$) гроз и их распределение (в %) для всех МРЛ ——— УГМ за 1985 г.

Наименование МРЛ	Р/л отражаемость $\lg Z_3$ на уровне $H_3=H_0\,^\circ\mathrm{C}+2$ км											Итого	$\overline{\lg Z_3}$	$\sigma_{\lg Z_3}$	$K_{v\lg Z_3}$	Число гроз N
	<−0,4	−0,4—0,5	0,6—1,1	1,2—1,5	1,6—1,9	2,0—2,3	2,4—2,7	2,8—3,1	3,2—3,5	3,6—3,9	⩾4,0					
	Середина интервала															
	−0,55	0,05	0,85	1,35	1,75	2,15	2,55	2,95	3,35	3,75	4,15					
I			5 0,5	70 6,7	344 32,8	199 19,0	142 13,6	191 18,2	52 5,0	24 2,3	20 1,9	100	2,3	0,65	0,29	1047
II			38 4,0	144 15,1	395 41,5	143 15,1	83 8,7	101 10,6	22 2,3	21 2,2	5 0,5	100	2,0	0,63	0,32	952
III		4 0,4	111 10,4	253 23,8	580 54,4	80 7,5	9 0,8	17 1,6	2 0,2	5 0,5	4 0,4	100	1,6	0,45	0,28	1065
IV		12 2,3	34 6,6	48 9,3	195 37,9	90 17,5	54 10,5	61 11,8	11 2,1	4 0,8	6 1,2	100	2,0	0,71	0,36	515
V		2 0,6	7 1,9	40 10,9	131 35,8	72 19,7	59 16,1	32 8,7	4 1,1	15 4,1	4 1,1	100	2,1	0,65	0,31	366

Таблица 8.22

Сопоставление наземной и радиолокационной информации о шквалах в радиусе 180 км от МРЛ

МРЛ _____ год _____

Дата	НМС			МРЛ						
	Название станции	Скорость шквала, м/с	Время (летнее, мск)	Время (летнее, мск)	Условия наблюдения в азимуте НМС	Азимут и расстояние	H км	$\lg Z_з$	$v_р$ км/ч	Форма очага
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Аэрология		Синоптика			Расчет			Оправдываемость		Примечание
$t_в$ °С	$H_т$ км	ΔP гПа/3ч	ΔT °С	Синоптическая ситуация	u	Явление	Скорость, м/с	Явление	Скорость, м/с	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

8.4. Пример годового отчета методической группы по радиометеорологии УГМ

1. Методическая группа по радиометеорологии организована в 1978 г. В настоящее время методическим руководством сетью занимаются два сотрудника:

ст. инженер-радиометеоролог — Иванова А. В. (работает на МРЛ с января 1976 года),

техник-радиометеоролог (работает с августа 1978 г.).

Работа методической группы проводилась согласно годовому и месячному планам.

В методической группе за отчетный период проведены следующие работы:

ежемесячная проверка радиолокационных карт ф. № 1 и № 2, сборных карт МРЛ (составлены «заключения по проверке» в количестве 58);

ежемесячная проверка кодирования радиолокационной информации (составлены письма с разбором ошибок, всего 37 писем);

составлены сводные таблицы сопоставления наземной и радиолокационной информации о грозах за летний период 1985 г., а также таблицы статистических характеристик радиолокационных параметров гроз;

проведен семинар-совещание инженеров-радиометеорологов УГМ;

проведено занятие с руководящим и инженерно-техническим составом УГМ по теме «Применение информации МРЛ в синоптической практике»;

проводилась работа по уточнению критерия грозоопасности «*У*» для обслуживаемого района;

проведено обобщение результатов проверки первой редакции РД «Индивидуальные нормы расхода материалов на МРЛ» (по заданию ГГО);

выполнена исследовательская работа «Анализ радиолокационных характеристик кучево-дождевых облаков при шквалистых усилениях ветра у Земли по данным МРЛ УГМ».

Радиометеорологические наблюдения, анализ данных МРЛ и распространение радиолокационной информации осуществляются в соответствии с «Руководством...», кодом RADOB и другими «Методическими рекомендациями...» ГГО.

2. В настоящее время на территории УГМ функционируют пять МРЛ-2, установленных в аэропортах. На всех МРЛ проводились круглосуточные наблюдения в синоптические, ежечасные сроки и в штормовом режиме. В синоптические сроки произведено 13 614 наблюдений, в том числе на МРЛ-2 (I) — 2787; на МРЛ-2 (II) — 2869; на МРЛ-2 (III) — 2616, МРЛ-2 (IV) — 2613; на МРЛ-2 (V) — 2729. На сети МРЛ не произведены наблюдения в 989 синоптических срока. Пропуски наблюдений были обусловлены следующими причинами:

регламентные работы — 525,

неисправность аппаратуры — 271,
неукомплектованность ЗИПа — 134,
отсутствие эл/энергии — 56,
по метеоусловиям — 3.

3. Текучесть кадров составляет на всех МРЛ 50—60 %. На текущий момент не укомплектованы штаты на МРЛ-2 (III) и МРЛ-2 (IV). В течение года отсутствовал ст. инженер по радиолокации на МРЛ (III). Техническая учеба проводилась регулярно на всех МРЛ 2 раза в месяц. По всем основным темам технической учебы проводились собеседования и принимались зачеты.

4. Анализ результатов сравнения показал, что вероятность обнаружения гроз за сезон составила:

I — 88,5 %;
II — 89,6 %;
III — 75,3 %;
IV — 90,4 %;
V — 88,9 %.

Низкий процент распознавания гроз на МРЛ (III) можно объяснить плохим техническим состоянием МРЛ-2 (в течение года отсутствовал инженер по радиолокации, а также большими углами закрытия горизонта — до 2,5°). На всех МРЛ фиксировались случаи аномального радиоэха. В зимний период 1984/85 г. на всех МРЛ определялась видимость в снегопадах по методике, изложенной в «Руководстве...». В течение года на всех МРЛ велись наблюдения за шквалами.

5. На каждой МРЛ были проведены совместная методическая и техническая инспекции. Инспекции проводились перед началом грозового сезона (март — апрель). В методической группе прошли стажировку молодые специалисты МРЛ-1 и МРЛ-2. По обмену опытом был выезд ст. инженера методической группы по радиометеорологии в (...) УГМ. В отчетном году был организован обмен опытом между инженерами-радиометеорологами МРЛ УГМ.

6) В авиаметцентре по данным всех МРЛ круглосуточно составляются стыкованные карты, которые передаются всем оперативным подразделениям УГМ. Карты ф. № 2 передаются со всех МРЛ по факсимильной связи. Методической группой осуществляется контроль за поступлением информации МРЛ на сборную карту. Целый ряд трудностей при передаче информативных телеграмм обусловлен плохим качеством линии связи. Ежемесячно по результатам проверки телеграмм в методической группе составляются карточки учета недостатков в радиолокационной информации, которые передаются по инстанции руководству УГМ.

7. Все станции МРЛ сети УГМ ежемесячно высылают материал, подготовленный к микрофильмированию, в методическую группу, где он регулярно проверяется.

8. Качество выдаваемой информации на всех МРЛ хорошее. Достоверность радиометеорологической информации на МРЛ (I,

II, IV) в пределах нормы, на МРЛ (III) — ниже нормы. Общие среднегодовые оценки работы МРЛ следующие:

I — хорошо,
II — хорошо,
III — удовлетворительно,
IV — отлично,
V — хорошо.

9. На всех МРЛ проводились сопоставления радиолокационной и наземной информации по грозам, рассчитывались все статистические характеристики за грозовой сезон и ежемесячно.

Таблицы высылаются в ГГО с годовым отчетом. На МРЛ (I) и МРЛ (II) продолжались работы по составлению радиолокационно-климатического описания гроз в районе аэродрома.

10. Основные трудности в работе:

— МРЛ(III) и МРЛ(IV) выработали ресурс и требуют замены;
— недостаточная обеспеченность всех МРЛ ЗИПом;
— текучесть и почти постоянная неукомплектованность штата МРЛ;
— трудности со связью на МРЛ.

Предложение: организовать семинар-совещание инженеров-радиометеорологов по обмену опытом и методическим вопросам в УГМ с участием представителя ГГО.

Годовой отчет методической группы по радиометеорологии при УГМ высылается в ГГО к 15 января следующего года.

9. ОЦЕНКА РАБОТЫ ШТАТА МРЛ

9.1. Общие положения

Оценка наблюдений и информационной работы на сети МРЛ штормооповещения и метеообеспечения авиации складывается из ежедневных и ежемесячных оценок: за выполнение объема и своевременность основных (план и качество) и дополнительных наблюдений и работ (количество); заполнение информационной работы (план, качество); выполнение кодирования и перфорации результатов наблюдений (качество); за эксплуатацию аппаратуры МРЛ и вспомогательной аппаратуры (качество); за проведение профилактических и ремонтных работ на МРЛ (план, качество); за ведение текущей и отчетной документации (план, качество); за выполнение вспомогательных работ, способствующих повышению качества, оперативности получения и передачи информации, повышению безопасности условий труда; за содержание аппаратуры, служебных помещений объекта МРЛ и его территории (план, качество).

Оценка наблюдений сети МРЛ производится непосредственно инженером-радиометеорологом МРЛ (ежедневно), начальником АМСГ или ЗГМО с учетом претензий синоптиков и других потребителей информации (ежемесячно); в группе по радиометеорологии и ССИ УГМ (за грозовой сезон, ежеквартально, ежегодно), а также при проведении инспекций; в научно-методическом центре ГГО (ежегодно) и при проведении инспекций МРЛ специалистами ГГО (по плану). Отклонения в оценке допускаются для сети МРЛ из-за специфики ее работы, связанной с особенностями региональной, сезонной и суточной повторяемости облаков и осадков.

9.2. Критерии оценки оперативной работы штата

1. В качестве основного критерия оценки качества информации МРЛ за год принимается процент совпадения информации о грозах по МРЛ и метеостанциям в радиусе 180 км от МРЛ за грозовой сезон. За критерии совпадения радиолокационной и наземной информации предлагается принять следующие:

в зоне до 30 км от МРЛ грозы считаются одновременными (совпадающими), если в течение 30 мин до и после середины срока наблюдений в ближней зоне МРЛ они подтверждены наземными наблюдениями;

в зоне от 30 до 180 км от МРЛ грозы считаются одновременными (совпадающими), если в течение 40 мин до и после середины срока наблюдений в дальней зоне МРЛ они подтверждены наземными данными; пространственный радиус совпадения на границах зоны (180 км) может достигать 30 км при среднем значении 10—15 км.

Грозы, отмеченные метеостанциями в азимутах с большими углами закрытия МРЛ (если максимально обнаружимые высоты радиоэха гроз превышают 9 км), не принимаются в расчет совпадения. При отсутствии гроз (в грозовой сезон) в качестве критерия принимается процент совпадения информации МРЛ и наземных метеостанций о жидких, смешанных и твердых осадках с интенсивностью $I \geqslant 1$ мм/ч в радиусе 90—100 км в зависимости от времени года.

Оценка оправдываемости диагноза шквалов выполняется аналогично оценке точности распознавания гроз. Сопоставление радиолокационных данных с данными метеостанций проводится следующим образом:

для каждой МС, отметившей шквал со скоростью более 15 м/с, и для каждого случая ущерба по данным Госстраха за период ±30 мин от времени шквала выбирается радиоэхо, выходящее к станции (на удалении до 15 км) или прошедшее над ней;

для всех случаев диагноза шквалов в оперативной работе (отмеченных на бланке ф. № 2) выбираются данные о максимальных скоростях порывов ветра тех МС, которые в период ±30 мин от срока наблюдений на МРЛ находились на удалении до 15 км от границ радиоэха; если таких станций несколько, то выбирается максимальная скорость порывов; если таких станций нет, то случай отбрасывается.

В конце сезона все случаи заносятся в таблицу сопоставления наземной и радиолокационной информации о шквалах (см. табл. 8.22). Для каждого случая в табл. 8.22 заносятся дата (п. 2), данные метеостанции (п. 3—5), данные МРЛ (п. 6—12), аэрологические данные (п. 13, 14), синоптические данные (п. 15—17), результаты расчетов (п. 18—20), оценка оправдываемости (п. 21, 22) и возможные дополнения и уточнения информации (п. 23).

При использовании данных Госстраха в п. 4 указывается возможная максимальная скорость порывов (по характеру повреждений), а в п. 23 делается запись «Ущерб». Форма очага записывается одной из цифр согласно нумерации качественных признаков радиоэха (см. рис. 2.5). Если форма очага не соответствует ни одной из приведенных на рисунке, то ставится н/о. Синоптические (п. 15, 16) и аэрологические (п. 13, 14) характеристики выбираются в соответствии с описанием радиолокационно-синоптического метода прогноза шквалов (см. п. 5.4). Графы 18, 19, 21 заполняются в том случае, если в оперативной работе используется радиолокационно-синоптический метод прогноза шквалов. Оценка оправдываемости скорости шквалов выполняется

в соответствии с действующим НМО ГА. Остальные графы заполняются аналогично соответствующим графам табл. 8.22.

2. В качестве критерия своевременности подачи информации потребителям принимается:

отсутствие претензий по своевременности поступления информации МРЛ местным прогностическим органам (АМСГ, ГМЦ, ГМБ);

количество телеграмм, не попавших на стыкованную карту МРЛ.

3. Пригодность информации сети МРЛ для режимных обобщений оценивается по МУ (по перфорации), вып. 2, ч. 5, раздел 1, изд. 1984 г.

4. Для оценки технического состояния МРЛ необходимо использовать пять критериев:

среднюю наработку (часы за год),

процент отказов МРЛ, возникающих вследствие нарушений обслуживающим персоналом требований по эксплуатации аппаратуры,

среднюю наработку МРЛ в час на отказ за год,

своевременность проведения профилактических работ согласно годовому плану,

наличие претензий со стороны инженера-радиометеоролога.

9.3. Оценка качества труда операторов МРЛ

9.3.1. Коэффициент снижения качества труда операторов за смену

Перечень недостатков	Снижение оценки в баллах
Нарушение методики съема, неверные съем, анализ, интерпретация радиолокационных данных; пропуск при съеме данных, что привело к	За каждый срок
искажению или пропуску информации об опасных явлениях в 1—2 ячейках дальней зоны	0,1
пропуску более двух опасных явлений в дальней зоне или искажению информации об ОЯ в ближней зоне	0,25
пропуску информации об ОЯ в ближней зоне	0,4
пропуску передачи или неполной передачи ОЯ, обнаруженных в радиусе 100 км, синоптику для включения в сведения о погоде, вещаемой по УКВ-радиоканалу	0,5
Ошибки в радиолокационной телеграмме	За каждый срок
исказившие информацию, но не повлиявшие на правильное ее использование	0,1
исказившие информацию, но позволившие использовать телеграмму частично	0,2
не позволившие использовать телеграмму в оперативной работе, которые привели к непопаданию информации на стыкованную карту МРЛ	0,3

Перечень недостатков	Снижение оценки в баллах
Смещение срока наблюдений, окончания наблюдений на 10—15 мин от установленного срока	0,1
Пропуск наблюдений по вине оператора	0,5
Опоздание в подаче карты бланка ф. № 2 синоптику, на узел связи	
на 1—5 мин,	0,05
на 6—10 мин,	0,1
на 11 мин и более	0,2
Опоздание в подаче радиолокационных телеграмм, штормовых очагов	
на 1—5 мин	0,15
на более чем 5 мин	0,3
Небрежное, неполное оформление радиолокационных карт, телеграмм, журналов	За смену 0,15
Ошибки при съеме, анализе, кодировании радиолокационных данных, которые привели к уменьшению или искажению информации	За каждый срок
неправильное определение типа облаков	0,03
неправильное определение тенденции радиоэха	0,03
неправильное определение смещения радиоэха	0,1
неточный объем отражаемости или высоты	0,05
нарушен порядок кодирования, повторение групп при кодировании	0,03
Невыполнение распоряжений, указаний руководителей вышестоящих органов, старшего смены МРЛ, ст. инженера МРЛ, инженера-радиометеоролога	За смену 0,2
Неудовлетворительное содержание рабочего места, небрежное отношение к аппаратуре	За смену 0,1

Примечание. ОЯ — шквал, град, гроза, штормовые осадки.

9.3.2. Коэффициенты повышения качества труда операторов за месяц

Перечень показателей	Повышение оценки в баллах
Своевременная и качественная проверка работы предыдущих смен	За месяц 0,1
Освоение и качественное выполнение всех видов работ по сопоставлению радиолокационных данных, режимным обобщениям, перфорации	За месяц 0,1
Качественное выполнение заданий, не связанное с основными должностными обязанностями	0,1
Разработка новых или внедрение разработанных другими подразделениями рацпредложений по улучшению технологии работы	За каждый случай 0,2
Работа в сложных метеоусловиях (количество сроков > 8, коффициент заполнения экрана $K_з \geqslant 0{,}5$ в половине и более сроков при $K_{снс} \leqslant \leqslant 0{,}2$)	0,1

9.3.3. Коэффициенты снижения качества труда операторов за месяц

Перечень недостатков	Снижение оценки в баллах
Нерегулярная, некачественная проверка предыдущих смен в течение месяца (радиометеоролог обнаружил после проверки не замеченные оператором ошибки)	За каждый месяц 0,1
Неудовлетворительная оценка, полученная в дежурство ($K_{кс} \leqslant 0{,}54$)	За каждый случай 0,15
Невыполнение какого-либо вида работ (сопоставление, режимные обобщения, перфорация) из-за недостаточного освоения того или иного раздела работ	За каждый вид работы 0,1
Ошибки, допущенные при проведении сопоставления радиолокационной и визуальной информации	За месяц 0,05
Невыполнение, несвоевременное или некачественное выполнение заданий вышестоящих органов, начальника АМЦ, АМСГ, ЗГМО, ст. инженера-радиометеоролога	За каждый случай 0,01
Несоблюдение порядка и чистоты на рабочем месте, небрежное отношение к аппаратуре и имуществу станции	За месяц 0,1

Качество труда каждого оператора за смену оценивается по формуле

$$K_{кс} = 1 - \sum K_{снс},$$

где $K_{кс}$ — коэффициент качества труда за смену, $\sum K_{снс}$ — сумма коэффициентов снижения качества труда за смену.

Качество труда каждого оператора за месяц оценивается по формуле

$$K_{км} = \overline{K}_{кс} - \sum K_{снм} + \sum K_{повм},$$

где $K_{км}$ — коэффициент качества труда за месяц, $K_{кс}$ — средний коэффициент качества труда за смену в течение данного месяца, $\sum K_{снм}$ — сумма коэффициентов снижения качества труда за месяц, $\sum K_{повм}$ — сумма коэффициентов повышения качества труда за месяц.

Коэффициентом качества труда (K), равным единице, оценивается бездефектный труд оператора (отличное выполнение требований, методических документов, регламентирующих работу МРЛ по метеорологическому обеспечению авиации и народнохозяйственных организаций).

Подведение итогов и оценки качества труда оператора производится ежедневно инженером-радиометеорологом (либо лицом, его замещающим), ежемесячно начальником МРЛ и инженером-радиометеорологом. Замечания по качеству выполненной работы (упущения и поощрения) с указанием коэффициентов снижения

и повышения должны записываться в «Журнал замечаний и оценки работы дежурной смены МРЛ».

Оценки качества труда оператора МРЛ:

отлично	$K_{км} \geqslant 0{,}85$,
хорошо	$K_{км} = 0{,}84 \ldots 0{,}75$,
удовлетворительно	$K_{км} = 0{,}74 \ldots 0{,}55$,
плохо	$K_{км} \leqslant 0{,}54$.

9.4. Оценка работы штата МРЛ начальником подразделения

Оцен	Показатели (виды, подвиды работ)	Пояснения
Отлично	1. Выполнение плана наблюдений	1.1. Наблюдения проведены методически правильно
		1.2. Правильно (согласно методике) проведен анализ первичной радиолокационной информации, не допущены пропуски явлений, соответствующие определенным критериальным значениям
		1.3. Информация закодирована в телеграмме без искажения (ошибок)
		1.4. Телеграммы подаются во все установленные сроки
		1.5. Наблюдения проведены согласно программы, по техническим причинам пропущено не более 17 синоптических сроков
		1.6. Все параметры станции соответствуют ТУ (решающее значение имеют параметры, влияющие на количественные измерения)
		1.7. Отчетная документация в полном объеме оформлена и представлена к сроку
	2. Наличие обоснованных претензий со стороны потребителей информации	2.1. Отсутствие обоснованных претензий со стороны потребителей информации
Хорошо	1. Выполнение плана наблюдений	1.1. Наблюдения проведены методически правильно
		1.2. Анализ первичной радиолокационной информации проведен согласно методике, но допущены пропуски явлений (до 5 %), соответствующие определенным критериальным значениям, не характеризующим данную синоптическую обстановку

Продолжение

Оценка	Показатели (виды, подвиды работ)	Пояснения
		1.3. В телеграмме допущены технические ошибки, не помешавшие правильному использованию телеграммы (до 12 телеграмм)
		1.4. Телеграмма подана позже указанного срока, но данные вошли в информацию
		1.5. Наблюдения проведены согласно программе, но по техническим причинам пропущено до 30 сроков
		1.6. Все параметры станции соответствуют ТУ
		1.7. Отчетная документация в полном объеме оформлена и представлена к сроку
	2. Наличие обоснованных претензий со стороны потребителей информации	2.1. Отсутствие обоснованных претензий со стороны потребителей информации
Удовлетворительно	1. Выполнение плана наблюдений	1.1. Не более чем в 16 синоптических сроках допущены нарушения в методике наблюдений
		1.2. В 6—10 % сроков наблюдений допущены ошибки при анализе (пропуск явлений, характеризующих синоптическую обстановку)
		1.3. 13—25 телеграмм за все сроки наблюдений составлены с ошибками, не помешавшими их правильному использованию
		1.4. До 16 телеграмм за синсроки передано с опозданием, но данные вошли в информацию
		1.5. По техническим причинам пропущено до 60 сроков
		1.6. Не более 24 синсроков наблюдений проведено при нарушенной калибровке
		1.7. Отчетная документация оформлена в полном объеме, но представлена с опозданием
Плохо	1. Выполнение плана наблюдений	1.1. Наблюдения проведены методически неправильно

Продолжение

Оценка	Показатели (виды, подвиды работ)	Пояснения
		1.2. Неправильно проведен анализ первичной радиолокационной информации, материалы непригодны для режимных обобщений
		1.3. Более 25 телеграмм за все сроки наблюдений составлены с ошибками
		1.4. Более 16 телеграмм за синсроки поданы с опозданием по вине штата МРЛ
		1.5. По техническим причинам пропущено более 60 сроков по вине штата МРЛ
		1.6. Отчетная документация не в полном объеме и не представлена к сроку
	2. Наличие обоснованных претензий со стороны потребителей информации	2.1. Есть претензии со стороны потребителей информации

Из пропусков наблюдений по техническим причинам учитываются только те, которые могут и должны быть устранены штатом МРЛ без привлечения специалистов завода-изготовителя и ЭПМ ГГО, с учетом наличия комплектующих изделий в ЗИПе МРЛ, который своевременно заказывался штатом МРЛ. Оценка не снижается, если отсутствие связи или электроэнергии произошло не по вине штата МРЛ.

9.5. Оценка технического состояния МРЛ

Оценка	Показатели (виды, подвиды работ)	Пояснения
Отлично	МРЛ работает безотказно	
Хорошо	МРЛ работает согласно ТУ, основные параметры МРЛ, влияющие на количественные измерения в пределах нормы	Число отказов из-за нарушений условий эксплуатации менее 15 % от общего числа отказов Наработка на отказ не менее 140 ч Профилактические работы проводятся своевременно

Оценка	Показатели (виды, подвиды работ)	Пояснения
Удовлетворительно	МРЛ работает согласно ТУ, отмечены кратковременные отклонения параметров МРЛ, влияющих на количественные измерения	Число отказов из-за нарушений условий эксплуатации от 15 до 20 % общего числа отказов Наработка на отказ от 100 до 140 ч Профилактические работы проводятся своевременно
Плохо	МРЛ работает с параметрами, отличными от ТУ, по вине штата МРЛ	Число отказов из-за нарушений условий эксплуатации более 20 % от общего числа отказов Наработка на отказ менее 100 ч Отмечены нарушения в графике проведения профилактических работ

Примечание. Оценка средней наработки на один МРЛ должна проводиться при условии круглосуточной и круглогодичной его эксплуатации. В других случаях необходимо вводить коэффициенты, пропорциональные продолжительности наработки МРЛ в течение суток и года.

9.6. Оценка качества информации МРЛ в методической группе

Оценка	Показатели (виды, подвиды работ)	Пояснения
Отлично	Результаты наблюдений пригодны для использования, соответствуют стандартной точности метода	Совпадение данных МРЛ с данными наземных метеостанций о грозах не менее 90 % Совпадение данных МРЛ с данными наземных метеостанций о жидких осадках с интенсивностью не менее 1 мм/ч в радиусе 100 км по ячейкам 30 × 30 км более чем в 80 % случаев Совпадение данных МРЛ с данными наземных метеостанций о снегопадах с интенсивностью не менее 1 мм/ч в радиусе 100 км по ячейкам 30 × 30 км более чем 80 % случаев На стыкованную карту МРЛ в месяц не попало менее трех телеграмм в синсроки по вине штата МРЛ Информация МРЛ пригодна к режимным обобщениям

Продолжение

Оценка	Показатели (виды, подвиды работ)	Пояснения
Хорошо	Результаты наблюдений пригодны для использования, в основном соответствуют стандартной точности метода	Совпадения по грозам от 80 до 89 % По жидким осадкам не менее чем в 80 % случаев По снегопадам не менее чем в 80 % случаев На стыкованную карту в месяц не попало от 4 до 12 телеграмм Информация МРЛ пригодна к режимным обобщениям
Удовлетворительно	Результаты наблюдений в основном пригодны для использования. Результаты отдельных наблюдений не соответствуют стандартной точности метода	Совпадения по грозам от 70 до 79 % По жидким осадкам от 70 до 79 % По снегопадам от 70 до 79 % На стыкованную карту не попало от 13 до 16 телеграмм Информация МРЛ пригодна для режимных обобщений не за все месяцы года
Плохо	Результаты отдельных наблюдений не пригодны для использования	Совпадения по грозам менее 70 % По жидким осадкам менее 70 % По снегопадам менее 70 % На стыкованную карту не попало более 16 телеграмм Информация МРЛ не пригодна для режимных обобщений

Примечание. Кроме результатов синтаксического и логического контроля ВЦ по режимной информации для ее оценки следует учитывать и другие обязательные критерии (МУ, вып. 2, ч. 5, разд. 1, изд. 1984 г.).

Информация МРЛ может считаться нормальной, пригодной для режимных обобщений, если:

средние значения $\bar{H}_{макс}$ за грозовой сезон находятся в пределах от 8,2 до 9,6 км при среднем квадратичном отклонении $\sigma_H = 1{,}6 \ldots 2{,}1$ км и коэффициенте вариации $K_v = 0{,}18 \ldots 0{,}23$ (минимальные значения $H_{макс}$ отмечаются, как правило, в холодное и дождливое лето, максимальные — в аномально теплое и сухое лето);

средние значения $\lg Z_3$ находятся в пределах 2,0—2,25 при $\sigma_{\lg z_3} = 0{,}77 \ldots 0{,}83$ и $K_{v\ \lg z_3} = 0{,}34 \ldots 0{,}37$.

Статистические характеристики могут отличаться от приведенных вследствие региональных особенностей и аномальных погодных условий, и окончательное решение об их репрезентативности принимает методист, проводивший такие исследования за несколько лет наблюдений МРЛ. Если статистические характеристики радиоэха гроз отличаются от этих значений и значений, полученных методической группой в своем регионе, следует про-

вести тщательный анализ всей работы МРЛ, в первую очередь, его технического состояния. Окончательное решение о пригодности для режимных обобщений принимает методическая группа по радиометеорологии УГМ.

9.7. Показатели выполнения плана и критерии работ в группах по радиометеорологии

Оценка	Показатели (виды, подвиды работ)	Пояснения
	1. Планирование научно-методической работы	
Отлично	1.1. Имеется утвержденный план работы. План выполняется	
Хорошо	1.2. План имеется и выполняется по основным показателям, но не полностью отражает требования Роскомгидромета	
Удовлетворительно	1.3. По основным показателям план выполняется неполностью	
Плохо	1.4. Плана нет	
	2. Методические семинары, инспекции, стажировки	
Отлично	2.1. Методические семинары, инспекции, стажировки предусмотрены и проводятся согласно плану. Принято участие в кустовом (всесоюзном) семинаре. В течение года прошли стажировку не менее 30 % сотрудников. Проведенные мероприятия оформлены в специальные журналы	
Хорошо	2.2. Методический семинар и стажировки проведены, инспекции выполнены не полностью (свыше 30 %). Запись в журнале ведется, стажировку за год прошло 20 % сотрудников	
Удовлетворительно	2.3. Методический семинар предусмотрен, но не проведен. Стажировки, инспекции проведены не полностью, либо проведены, но не эффективно	
Плохо	2.4. В кустовом (всесоюзном) и других семинарах участие не принимали, инспекции и стажировки не проводились	

9.8. Особенности критического контроля радиолокационных данных

Осуществляя ежедневный контроль за правильностью получения радиолокационной метеорологической информации, инженер-метеоролог обязан в конце каждого месяца провести обязательный

критический контроль всей информации и дать оценку работе операторов. Проводя критический контроль бланков формы № 1 и 2, инженер-метеоролог обязан обращать внимание на следующее:

1) облачные системы должны соответствовать типам радиоэха и определяться с учетом данных ближней зоны, если они имеются, и удаления радиоэха от МРЛ;

2) для каждого типа радиоэха должна быть определена характерная отражаемость;

3) минимальное значение отражаемости должно следовать из уравнения радиолокации, расстояния до центра ячейки и величины минимального сигнала, равной 6 дБ (например, на расстоянии 180 км оператором зафиксирована отражаемость $\lg Z = -1{,}4$, но при $10\lg П_м = 54$ дБ и расстоянии 180 км $\lg Z_{мин} = -0{,}3$; следовательно, на МРЛ неправильно откалибрована система изоэха или неправильно настроен приемный тракт); если в поле отражаемости встречается много значений $\lg Z > 5$, то это, как правило, означает неправильную работу системы изоэха или ошибку оператора;

4) скорость и направление перемещения должны подтверждаться при проверке от срока к сроку; надо требовать, чтобы операторы и дежурный синоптик указывали, оправдался или нет радиолокационный прогноз прихода осадков в точку;

5) нельзя указывать скорость и направление перемещения в тех случаях, когда они не рекомендованы настоящим Руководством;

6) все скорости перемещения РСО, превышающие 65 км/ч, надо проверять как маловероятные;

7) на бланках формы № 1 в синоптические сроки летом, в переходные и холодный периоды и в каждый срок в каждой ячейке, где отмечено радиоэхо, должны быть нанесены измеренные значения высоты;

8) определения тенденции и эволюции должны даваться только на основе результатов радиолокационных измерений; если их не было или интервал между ними превышал 90 мин, зафиксированную оператором тенденцию надо считать необоснованной;

9) обязательно надо проверять регулярность наблюдений, указывать каждый необоснованный пропуск и записывать, по какой причине и по чьей вине он произошел; если руководством АМСГ было дано указание пропустить срок, то надо отметить, когда и кем оно было дано;

10) за каждый срок надо проверять правильность составления телеграммы и подробно разбирать отмеченные ошибки;

11) на всех картах и только в переходные и зимний периоды должна отмечаться температура воздуха;

12) все случаи, когда интенсивность обложных осадков дается по отражаемости зоны, где диаграмма направленности антенны МРЛ пересекает уровень нулевой изотермы, должны считаться нарушениями;

13) на МРЛ, работающих в ЗГМО, обязательно обводить контуры радиоэха осадков в теплый и переходные ($\lg Z_1 \geqslant 0$) и зимний ($\lg Z_1 \geqslant -0{,}3$) периоды;

14) все карты обязательно заполнять чернилами;

15) необходимо проверить в каждой ячейке, занятой конвективным радиоэхом с $\lg Z_3 \geqslant 1{,}2$, расчет радиолокационного критерия грозоопасности; выявить те ячейки, в которых оператор должен был рассчитать критерий, но не рассчитал;

16) замечания по критическому контролю записываются на полях бланков форм № 1 и 2;

17) правильность диагноза оператора оценивается синоптиком АМСГ при разборе дежурства или определяется инженером-метеорологом МРЛ по кольцовкам и синоптическим картам.

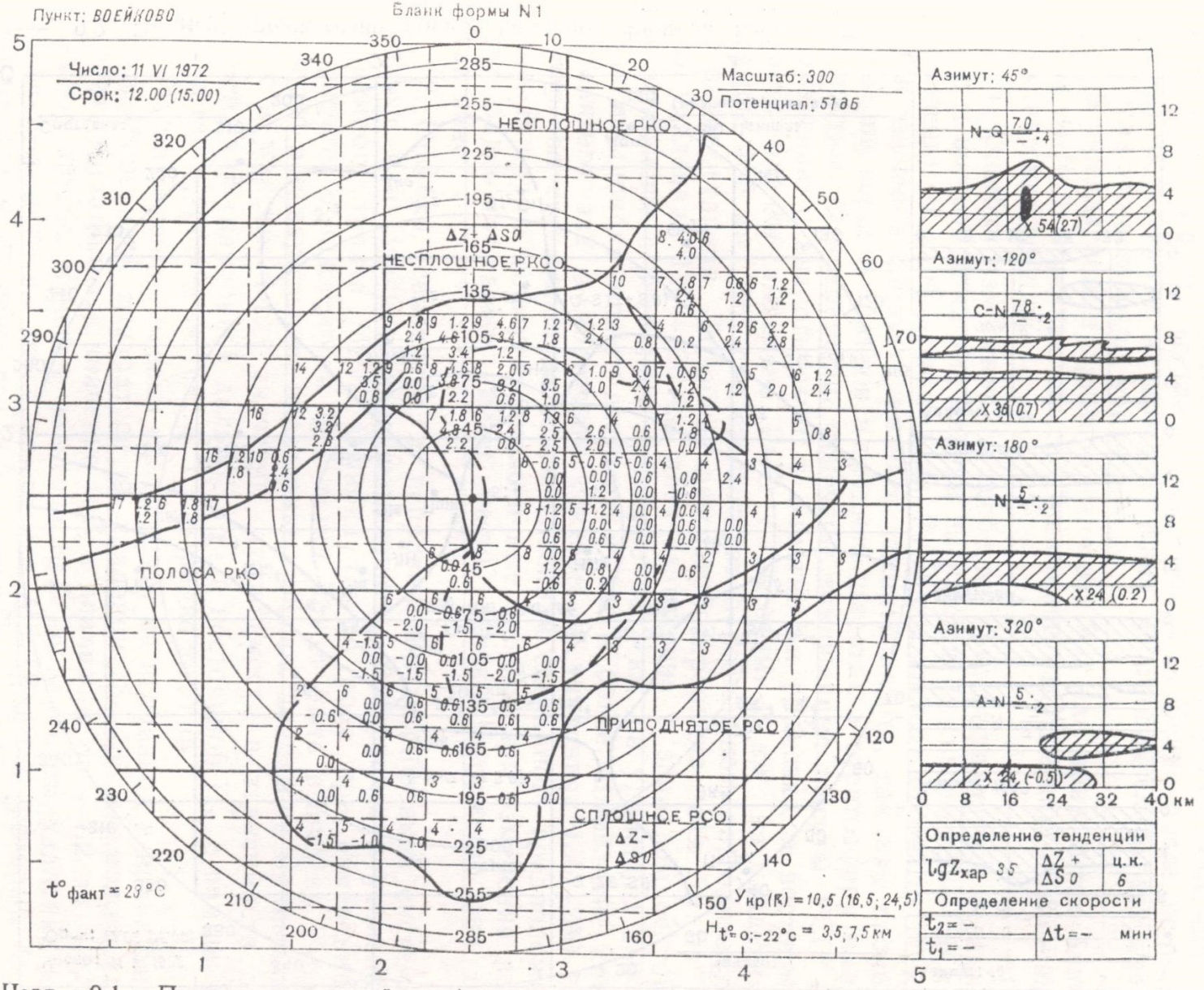
Все замечания, сделанные инженером-метеорологом, должны подробно разбираться и разъясняться на ближайшем занятии по техминимуму. Повторение одних и тех же нарушений оператором после сделанных ему инженером-метеорологом замечаний должно автоматически привести к повторной сдаче техминимума в кратчайший срок.

Пример проведения критического контроля приведен на черт. 9.1 и 9.2, где представлены бланки форм № 1 и 2 с результатами радиолокационных наблюдений и метеорологической интерпретации данных, полученных на МРЛ, которые иллюстрируют наиболее распространенные ошибки.

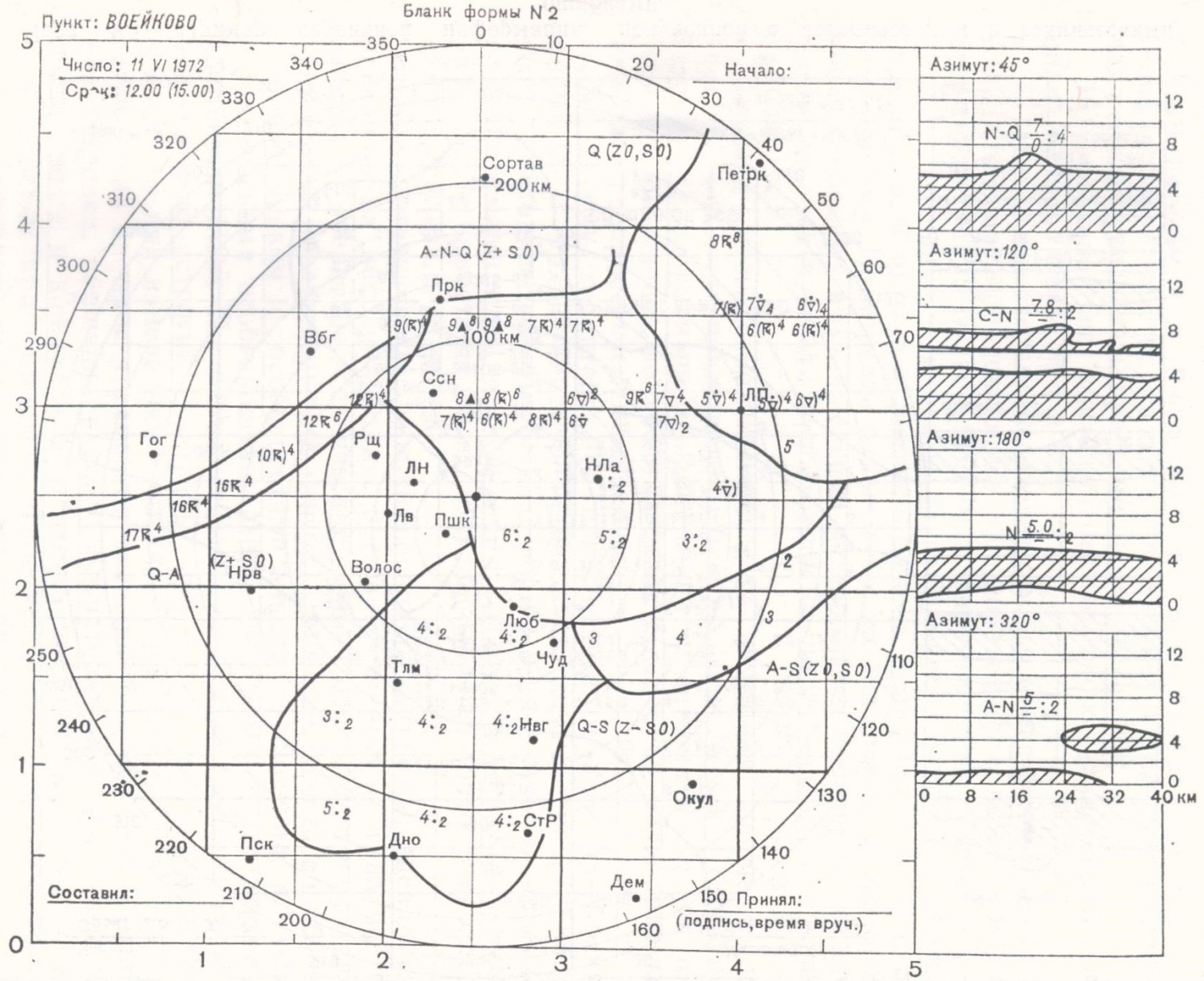
По своему характеру все приведенные ошибки на бланке формы № 1 можно классифицировать как технические (приборные) и методические. На бланке формы № 2 — ошибки анализа, явившиеся следствием уже сделанных ранее (технических и методических) и самостоятельные, допущенные оператором в процессе самого анализа.

Обычно технические ошибки появляются при проведении наблюдений на неправильно настроенной аппаратуре и не всегда зависят от оператора. Технические ошибки отмечаются в тех случаях, когда обслуживающий персонал МРЛ недостаточно обучен и плохо знаком с особенностями метода наблюдений, а также с техническими особенностями МРЛ. Неправильно рассчитанная постоянная МРЛ $П_м$, неправильная калибровка системы изоэха, недостаточно строгий контроль приемного тракта приводят к ошибкам при измерениях и оценках отражаемости. Рассогласование шкал системы управления антенной по углу места, разгоризонтировка, смещение рупора облучателя — все эти неисправности вместе и каждая в отдельности приводят к значительным погрешностям при измерении углов возвышения ε, и как следствие, к неверному определению высот радиоэха.

Рассогласование положения развертки ИКО по азимуту с положением электрической оси антенны и неправильная установка самой антенны по странам света (несоответствие между шкалой датчика азимута на антенной колонке и показаниями на пульте управления приводом — истинным географическим направлением



Черт. 9.1. Пример первичной информации, полученной с методическими и техническими ошибками.



Черт. 9.2. Пример проанализированной радиолокационной информации, полученной с методическими и техническими ошибками.

на север и направлением, куда при этом повернута антенна) дают ошибки в определении азимута и местоположения фиксируемого радиоэха, а следовательно, и направления смещения.

Указанные возможные «технические» причины ошибок, вызванные плохой или неправильной настройкой и установкой аппаратуры, необходимо всегда иметь в виду, особенно после приемки МРЛ, и в случае их возникновения незамедлительно устранять их, если это возможно, учитывать.

В предлагаемом примере на черт. 9.1, где приводится бланк формы № 1, обращает на себя внимание наличие двух возможных технических ошибок.

1. Ошибки измерения H, особенно ярко выраженные в западной и восточной частях бланка на удалениях свыше 100—150 км. Значения H в области полосы РКО составляют от 14 до 17 км. Эти значения следует признать сомнительными, так как проникновения вершин облаков в средних широтах в стратосферу маловероятны. Одновременно отмечены заниженные высоты РСО по сравнению с аналогичными в однотипном радиоэхе, в восточной части бланка выявлено РСО с высотами 3 км на удалениях свыше 150 км. Это свидетельствует о возможном разгоризонтировании станции. Подобное разгоризонтирование хотя бы на 1° на удалениях 120—130 км дает завышение в западном секторе и занижение в восточном примерно на 2 км, на удалениях 250—300 км ошибка может достигать 5 км и более. Выявление приподнятого эха в восточном секторе на удалениях 130—280 км тоже является хорошим подтверждением сделанного предположения. В других азимутах аналогичные ошибки при измерении высот радиоэха также имеют место, однако выражены они не так явно.

2. Ошибка, связанная с неправильной калибровкой системы изоэха или значительным изменением коэффициента усиления приемного тракта МРЛ. Ошибка такого рода при измерениях и расчете отражаемости $\lg Z$ легко может быть выявлена с помощью предварительно проведенных оценок диапазона минимальных и максимальных значений отражаемости в зависимости от расстояния (наклонной дальности r) и постоянной $П'_м$ с помощью известного уравнения (см. п. 1.2.7) радиолокации.

Из проведенной оценки следует, что на исправной и правильно откалиброванной аппаратуре на удалении 75—135 км можно измерить минимальное значение $\lg Z$ в диапазоне от —1,2 до —0,3. Всякое другое, меньшее значение $\lg Z$ на заданном удалении не сможет создать на входе приемника МРЛ сигнал, который был бы различим на фоне его собственных шумов. Поэтому наличие в зоне сплошного РСО (азимуты 150—220°, удаление 75—135 км) на различных высотах $\lg Z_{мин}$ от —1,5 до —2,0 свидетельствует о том, что система изоэха МРЛ откалибрована плохо или неверно и данные $\lg Z$ во всех ячейках в радиусе 300 км являются недостоверными.

Рассмотрим, используя те же бланки, методические ошибки, допущенные операторами, забыв на время, что они получены на технически неподготовленном МРЛ.

Методические ошибки появляются обычно по вине оператора, который проводит наблюдения и съем первичной радиолокационной информации с нарушением положений и требований настоящего Руководства. На черт. 9.1 и 9.2 имеется несколько ошибок методического характера.

При описании радиолокационной картины наблюдений на экране ИКО необходимо выделять на бланках не более трех различных типов радиоэха. На бланке формы № 1 выделено пять типов радиоэха (это является методической ошибкой), в то время как для описания картины достаточно следующих трех.

1. Несплошное РКСО с включением в него зоны несплошного РКО, выделенной на черт. 9.1 в самостоятельную. Отсутствие РСО на удалениях 160—300 км в северо-восточной части экрана можно объяснить значительно меньшими эффективными радиусами обнаружения облаков среднего яруса по сравнению с кучевообразными. Однако это не означает полного отсутствия их в той зоне, где было выявлено несплошное РКО. Поэтому правильней было бы всю рассматриваемую зону радиоэха характеризовать как смешанную (РКСО), не проводя детального разделения на РКО и РКСО.

2. Сплошное слоистообразное. Область приподнятого радиоэха в юго-западной части бланка формально можно считать составной частью РСО, расположенной преимущественно в южной части бланка, поскольку эффект приподнятости является мнимым и обусловлен технической ошибкой, которая отмечалась выше. Единственным источником образования так называемой области приподнятого радиоэха в рассматриваемом случае могла стать слоисто-дождевая облачность. Поэтому включение этой зоны радиоэха в область РСО не противоречит общим правилам выявления зон, занятых однотипным радиоэхом.

3. Полоса РКО.

Таким образом, на черт. 9.1 надо выделить всего три типа радиоэха: несплошное РКСО, сплошное РСО, полоса РКО.

Зона выявленных осадков, обозначаемая на бланке формы № 1 пунктиром, в настоящем варианте проведена до метки дальности 165 км. Это считается методической ошибкой. Ограничения, накладываемые на предельно допустимый радиус выявления зон дождя и снега, изложены в п. 2.12. Радиус 90 км является максимально допустимым для выявления зон выпадающих осадков. Поэтому все случаи, когда зона осадков указывается пунктиром на удалениях свыше 90 км летом и зимой и 60 км в переходный период, следует расценивать как методическую ошибку.

На бланке формы № 1 на картине вертикального разреза облачности в ближней зоне с азимутом 45° указано одно значение отражаемости ($\lg Z_1$), полученное по измерениям в нижней части радиоэха. Учитывая, что при сочетании двух форм облач-

ности — слоисто-дождевой и кучево-дождевой — последняя, как правило, замаскирована слоистообразными облаками, на экране ИДВ (ИКО) необходимо для выявления РКО провести его локализацию, а для распознавания характера явлений измерить отражаемости на трех высотах в «стволе» РКО.

Таким образом, одно точечное измерение отражаемости на высоте 1 км в азимуте 45° следует признать недостаточным для правильного анализа и распознавания явления, и данное упущение необходимо считать с методической точки зрения неоправданным.

В дальней зоне, в области несплошного РКСО, выделенные конвективные ячейки необходимо отмечать крестиками. Подобная локализация РКО по значению $\lg Z_3 \geqslant 1{,}2$ на фоне слоистообразного позволяет предварительно выявлять грозоопасные или ливнеопасные конвективные очаги. Невыполнение этого требования (см. черт. 9.1 и 9.2) необходимо расценивать как методическую ошибку.

Любой пропуск при записи необходимых для работы характеристик в каждый срок ($t_{\text{факт}}$, дата, срок и т. д.) следует причислять к грубым методическим ошибкам. На черт. 9.1 и 9.2 запись $Y_{\text{кр}(\mathbb{K})}$, отсутствие значений $Y_{\text{кр}(\mathbb{K})}$, $Y_{\text{кр}(\mathbb{K})}$ (с точки зрения недостаточности для правильной организации оперативной работы одной записи $Y_{\text{кр}(\mathbb{K})}$), а также отсутствие подписи составителя и потребителя информации на бланке формы № 2 считается методической ошибкой.

Ошибки анализа (интерпретации) возникают обычно из-за низкой квалификации оператора, являясь следствием недостаточности его знаний физико-статистических связей и закономерностей, с помощью которых описываются различные облачные поля, облака и явления. Переходим к рассмотрению такого рода ошибок на бланке формы № 2 (см. черт. 9.2).

Тип облачной системы должен, как правило, соответствовать типу радиоэха, зафиксированному на бланке формы № 1 в момент проведения наблюдений. Так, сплошному РСО в южной половине бланка с учетом расстояний, до которых оно отмечается (250—225 км), наиболее часто встречающихся значений H (4—5 км) и распределения значений $\lg Z$ (0,0—0,6) на бланке формы № 2 должна быть соответствующая запись об облачной системе типа $S — A — N$ с обязательным указанием характера явления, которое ее сопровождает, и интенсивности явления, если она измерена. Отсутствие РКО в области описываемого сплошного слоистообразного радиоэха делает запись $Q — S$ (см. черт. 9.2), безусловно, ошибкой анализа.

Область так называемого приподнятого радиоэха, выявленная ошибочно в западной и юго-западной частях бланка, как это уже отмечалось ранее, неверно охарактеризована облачной системой типа $A — S$ по двум причинам. Во-первых, облака нижнего яруса типа S плохо обнаруживаются на удалениях свыше 100—150 км

и не могут быть источником приподнятого РСО. Поэтому зону радиоэха в западной и юго-западной частях бланка необходимо считать частью облачного поля типа $S - A - N$ (сплошного РСО, расположенного в южной части экрана).

В теплую половину года все области радиоэха, выявляемые при углах возвышения антенны ε, близких к 0,2—0,1° (исключая «местники»), считаются зоной выпадающих осадков, если логарифмы отражаемости на уровне высоты $H_1 = 1$ км или ниже основания облака не менее нуля. Включение части зоны РСО с отрицательными отражаемостями на уровне H_1 в область выпадающих осадков (отмечена пунктиром) необходимо считать ошибкой анализа. Однотипная ошибка повторяется в части бланка ближней зоны с азимутом 220°, где указывается :$_2$, что следует считать неправильным.

При локализации распознавания характера явлений, которые связываются с зонами РКО или РКСО (кучево-дождевой облачности), необходимо четкое знание конкретных величин $Y_{кр\,К}$, $Y_{кр\,К}$), $Y_{кр\,(К)}$ для данного срока.

Неучет рекомендаций, изложенных в п. 2.10—2.13, приводит к ряду грубых просчетов в распознавании характера явлений, связанных с Cb, которые необходимо расценивать как ошибки анализа. Так, например, в азимуте 275° на удалении 135 км ячейку РКО, связанную с полосой, оператор классифицировал как 10 К^4, что ошибочно, поскольку $\lg Z_3 = 0{,}6$ позволяет классифицировать данное РКО только как 10К)^2.

В азимуте 45° на удалениях 45—75 км выявлена грозоопасная конвективная ячейка, которую оператор классифицировал как 8 К^4, что явилось ошибкой, поскольку учет дополнительного признака $\Delta \lg Z_{2,3} = 0{,}6$ позволяет классифицировать настоящую ячейку зоны РКСО как 8К^4. Подобных ошибок в приведенном примере вполне достаточно.

В части бланка формы № 2, где записывается проанализированная информация об облачности и явлениях в ближней зоне, ошибкой анализа представленного разреза в азимуте 45° является несоответствие указываемого характера выпадающих осадков (:$_4$) той форме облаков (Q), которая была зафиксирована в данном азимуте.

Ошибкой анализа радиолокационной информации об облачности в ближней зоне необходимо считать тот факт, что в азимутах 120 и 220° указывается лишь одно общее значение высоты их сочетания и не определены нижние и верхние границы облаков каждой формы в отдельности.

9.9. Рекомендации по проверке высоты и отражаемости облаков и осадков при оценке оправдываемости критериев

9.9.1. Методика оценки количества осадков в квадрате 30 × 30 км

Оценка количества жидких осадков Q в квадрате 30 × 30 км в радиусе 90 км от МРЛ проводится по измерению отражаемости $\lg Z$ на уровне $H_1 - \lg Z_1$ один-два раза в час. Методика оценки состоит из нескольких этапов.

1. По измеренной величине $\lg Z_1$ в квадрате 30 × 30 км из табл. 9.1 выбирается соответствующее ему Q, равное среднему значению $\overline{Q}$ в градации.

Таблица 9.1

Градации осадков

Характеристика осадков	Градации осадков по величине $\lg Z_1$	Градации осадков по величине $I_{макс}$, мм/мин	Среднее количество осадков $\overline{Q}$, мм
Слабые	0,0—1,1	0,008—0,048	0,3
Умеренные	1,2—2,7	0,049—0,417	1
Сильные	2,8—3,2	0,418—1,0	4
Очень сильные	⩾3,3	⩾1,0	15

2. Выбранная таким образом величина $\overline{Q}$ характеризует максимальный слой осадков в квадрате 30 × 30 км за часовой интервал и записывается в левом верхнем углу квадрата чистого бланка формы № 1. Если в течение часа проведено два измерения $\lg Z_1$, то выбирается наибольшее из них.

3. Если осадки в данном квадрате 30 × 30 км отмечаются несколько часов, то ежечасные данные суммируются.

4. Для проверки соответствия наземных и радиолокационных характеристик данные наземной дождемерной сети за 6-часовые сроки наносятся на результирующую карту с данными МРЛ в радиусе 90 км. Сутки делятся на четыре срока: 09—15, 15—21, 21—03, 03—09 ч.

5. Зоны с максимальным значением $\overline{Q}$ за 6-часовой срок выделяются на результирующей карте.

6. При наличии больших значений $\lg Z_1 \geqslant 2{,}8$ в ближней зоне следует учитывать ослабление в зоне осадков, согласно п. 1.2.6. Можно в тот же часовой срок после прекращения осадков в ближней зоне (если оно очевидно из наблюдений МРЛ) провести еще раз наблюдения за пределами ближней зоны.

Примеры.

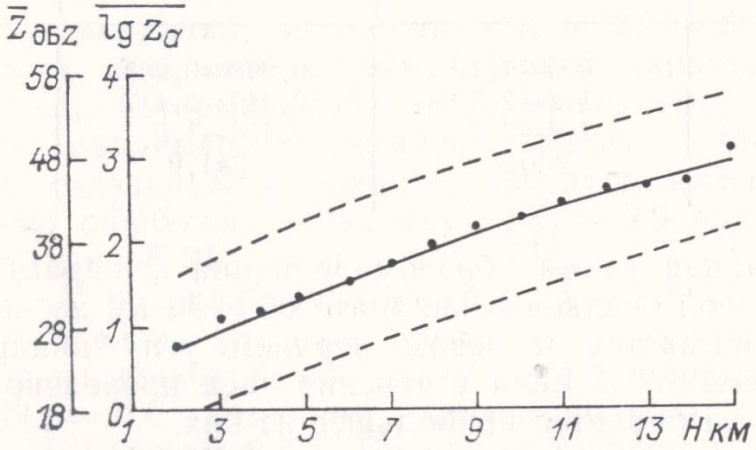
1. В квадрате 30 × 30 км за три последовательных часовых срока измерены максимальные значения отражаемости $\lg Z_1$, равные 0,1; 0,7 и 1,3. По таблице им соответствуют количества осадков $\overline{Q}$ на метеостанции, расположенной в этом квадрате, равные 0,3; 0,3 и 1 мм. Суммарное среднее количество осадков по

данным МРЛ за 3 ч равно 1,6 мм, по данным метеостанций — 2 мм. Такое совпадение можно считать идеальным, и сомнений в правильности калибровки ступенчатого изоэха возникать не должно.

2. В квадрате 30 × 30 км за пять часовых сроков (не обязательно последовательных) измерены максимальные значения отражаемости $\lg Z_1$, равные 3,4; 3,6; 2,8; 3,3 и 2,8. По таблице $\overline{Q}$ при этом равны 15, 15, 4, 15 и 4 мм. Суммарное среднее количество осадков составит за время наблюдений 53 мм. По данным наземной метеостанции количество осадков за тот же период наблюдений составило 10 мм. Следовательно, система ступенчатого изоэха МРЛ откалибрована неправильно. Для большинства регионов нашей страны полусуточное суммарное количество осадков 53 мм составляет месячную или полумесячную норму осадков. Если они выпали за полусутки, то это означает, что в радиусе 90 км от МРЛ отмечались стихийные явления, а возможно, было и наводнение.

9.9.2. Связь между высотой радиоэха и радиолокационной отражаемостью

Общеизвестно, что с увеличением высоты радиоэха конвективных облаков возрастает интенсивность выпадающих из них осад-



Черт. 9.3. Экспериментальная зависимость между средним арифметическим значением $\overline{\lg Z}$ и высотой радиоэха гроз и ливней.

ков, а следовательно, и отражаемость Z. На черт. 9.3 приведена экспериментальная зависимость между средним арифметическим значением $\overline{\lg Z}$ и высотой радиоэха гроз и ливней $H_{гл}$. Пунктиром обозначено среднеквадратичное отклонение $\pm\sigma_{\lg z}$.

Для проверки правильности калибровки системы ступенчатого изоэха в течение двух суток необходимо подобрать высоты и максимальные отражаемости ливней и гроз, которые получаются в процессе наблюдений. Затем следует рассчитать средние значения максимальной отражаемости для каждой фиксированной высоты и проверить их по рисунку. Например: для $H = 7$ км средние арифметические значения $\lg Z_{макс}$ во всех грозах и ливнях получились следующими: 1,2; 1,2; 1,5; 1,8; 0,9, 0,9, 1,8; 2,0 и 1,2. Отсюда среднее арифметическое значение $\overline{\lg Z} = 1{,}5$. Из рисунка

следует, что при $H = 7$ км $\overline{\lg Z} = 1{,}5$ попадает в интервал $\overline{\lg Z}$, ограниченный $\pm\sigma_{\lg Z}$. Следовательно, особых беспокойств калибровка изоэха вызвать не должна.

9.9.3. Средняя высота РКО и высота нулевой изотермы

При возникающих сомнениях по поводу горизонтирования антенны МРЛ и согласования ее положения на рабочих шкалах индикаторов можно рекомендовать для экспресс-проверки использовать связь между средней высотой радиоэха конвективной облачности H (км) и высотой нулевой изотермы $H_{0\,^\circ\mathrm{C}}$ (км) по результатам наблюдений в ближней зоне. С этой целью составляется выборка H РКО для разных $H_{0\,^\circ\mathrm{C}}$ за период наблюдений, когда у обслуживающего персонала МРЛ возникли сомнения. По выборке H каждой фиксированной $H_{0\,^\circ\mathrm{C}}$ с интервалом 0,5 км рассчитываются средние арифметические значения $H_{\mathrm{ср}}$ (км). Заметные отклонения $H_{\mathrm{ср}}$ от значений, рассчитанных по формуле, превышающие среднеквадратическое отклонение $\sigma_H = \pm(1{,}5\ldots 2{,}0)$ (км), указывают на большую вероятность разгоризонтирования антенны:

$$H_{\mathrm{ср}}\ (\mathrm{км}) = 2 + 1{,}15H_{0\,^\circ\mathrm{C}} + 0{,}024H_{0\,^\circ\mathrm{C}}^2.$$

Формула верна только для $H_{0\,^\circ\mathrm{C}} > 0{,}3$ км.

10. ПРАВИЛА ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ НАБЛЮДЕНИЙ И РАБОТ НА МРЛС

1. Радиолокационные станции типа МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5 являются источниками электромагнитных полей сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) и высоких напряжений. Для обеспечения безопасности при работе на МРЛС штат МРЛ, ремонтные бригады, инспектирующие и другие лица, находящиеся на территории МРЛС, обязаны строго выполнять требования настоящих Правил и других документов по технике безопасности, изданных в их развитие. Формирование штата для производства наблюдений и работ на МРЛС, при котором будут соблюдаться требования настоящих Правил по ТБ на МРЛС, необходимо выполнять, руководствуясь Р52.04.245—89... «Нормы времени на производство радиолокационных метеорологических наблюдений, техническое обслуживание и текущий ремонт МРЛ-1, МРЛ-2 и МРЛ-5».

2. Участок для размещения радиолокационных станций должен выбираться в соответствии с «Временными санитарными нормами и правилами защиты населения от воздействия ЭМП, создаваемых радиотехническими объектами (СН 2963—84)», «Санитарными нормами комбинированных электромагнитных полей (10+3 см), создаваемых метеорологическими РЛС (СН 4257—87)» и «Санитарными нормами комбинированных электромагнитных полей (10 + 0,8 см), создаваемых метеорологическими РЛС (СН 4561—88)». Выбор участка производит межведомственная комиссия, в состав которой входят представители УГМ, санэпидслужбы и при необходимости ведомства, на территориях которых устанавливаются станции. Выбор участка оформляется актом.

3. Расположение радиолокационных станций относительно других зданий и сооружений, а также объектов жилищно-бытового или производственного назначения обусловливается техническими характеристиками станции, предельно допустимыми значениями плотности потока энергии (ППЭ СВЧ) для данной радиолокационной станции, а также размерами и конфигурацией зданий, сооружений, объектов. Предельно допустимые уровни (ПДУ), определяемые СН облучения окружающей застройки МРЛС, приведены в табл. 10.1 и 10.2.

4. Уровни ЭМП, создаваемые радиолокаторами МРЛ, должны определяться по методике, утвержденной Министерством здравоохранения СССР, изложенной в документах: «Методические указания по определению и нормализации электромагнитной обстановки в местах размещения метеорологических радиолокаторов

Таблица 10.1

Предельно допустимые уровни ЭМП, создаваемые МРЛС (импульсное излучение)

Длины волны, см	Режим работы		Отношение продолжительности работы на излучение к общему времени работы в сутки	ПДУ, мкВт/см²
	Частота сканирования антенны, Гц	Время облучения с однопорядковой интенсивностью		
0,8±15 %	не более 0,1	не более 0,03 периода сканирования не более 12 ч в сутки	0,5	140
	0		1	10
3,0±20 %	не более 0,1	не более 0,04 периода сканирования не более 12 ч в сутки	0,5	60
	0		1	10
10,0±15 %	0	не более 12 ч в сутки	0,5	20

Примечание. Предельно допустимые уровни, приведенные в таблице, выражены в средних значениях.

(СН 3913—85)», «Методические указания по нормализации электромагнитной обстановки в местах размещения двухканальных метеорологических РЛС (4562—88)», Методические указания «Контроль и нормализация электромагнитной обстановки, создаваемой метеорологическими радиолокаторами» (Л.: Гидрометеоиздат, 1990).

5. Санитарно-защитные зоны и зоны ограничения застройки для МРЛС устанавливаются в каждом конкретном случае в зависимости от: принятых и действующих ПДУ; режимов обзора пространства и излучения; технических характеристик передающей системы; диаграммы направленности и других характеристик антенны; высоты установки антенны над уровнем Земли и угла места максимума излучения; рельефа местности.

Таблица 10.2

Санитарные нормы комбинированных ЭМП (10 + 3 см) и (10 + 0,8 см), создаваемых МРЛС

Рабочий диапазон	Предельно допустимый уровень, мкВт/см	Время наработки в сутки ч
Метеорологические радиолокаторы типа МРЛ-5		
10 см канал (ПДУ 10/3)	25	6
3 см канал (ПДУ 3/10)	10	6
Метеорологические двухканальные радиолокаторы		
10 см канал (ПДУ 10/0,8)	25	6
0,8 см канал (ПДУ 0,8/10)	50	6

Примечание. Согласно действующим санитарным нормам и правилам СН 2963-84, санитарно-защитной зоной (СЗЗ) является площадь, примыкающая к технической территории радиотехнического объекта (РТО). Внешняя граница СЗЗ определяется на высоте до 2 м от поверхности Земли по ПДУ ЭМП. Зоной ограничения (ЗО) застройки является территория, где на высоте более 2 м от поверхности Земли превышается ПДУ.

6. Каждый радиотехнический объект, излучающий в окружающую среду электромагнитную энергию, должен иметь санитарный паспорт (см. СН 2963-84).

7. Измерения уровней ЭМП должны производиться:

при приемке в эксплуатацию новых или реконструируемых РТО; измерения проводят владельцы этих объектов с участием представителей органов и учреждений санэпидслужбы;

при приемке в эксплуатацию гражданских зданий и сооружений, расположенных на территории, прилегающей к РТО; измерения проводят представители органов и учреждений санэпидслужбы с участием представителя владельца РТО;

в порядке текущего санитарного надзора; измерения проводят представители органов и учреждений санэпидслужбы с участием представителей владельца РТО.

8. Измерения ППЭ СВЧ выполняются с помощью приборов, рекомендованных в СН 2963-84, СН 4257-87, СН 4561-88, в соответствии с методикой, изложенной в заводской инструкции по эксплуатации прибора. Для измерений в диапазоне частот 300 МГц — 300 ГГц следует использовать приборы, предназначенные для определения средних значений плотности потока энергии с погрешностью 40 % в диапазоне 300 МГц — 2 ГГц и 30 % в диапазоне частот свыше 2 ГГц. Используемый прибор должен иметь соответствующее свидетельство об очередной поверке в лаборатории Госстандарта или непросроченное свидетельство о заводской поверке прибора.

9. Необходимо, чтобы территория МРЛС была ограждена и благоустроена, имела удобный подъездной путь с твердым покрытием.

10. В целях снижения облучения энергией СВЧ территории, находящейся вокруг места расположения МРЛ, не рекомендуется: устанавливать отрицательные углы наклона антенны при включенных передатчиках; включать передатчики при остановленной антенне, если угол ее к горизонту составляет менее +5°. При необходимости длительной работы передатчика при остановленной антенне и угле к горизонту менее +5° антенна по азимуту устанавливается в направлении отсутствия зданий или в направлении пониженной застройки.

11. Расположение жилых и служебных помещений, а также пребывание лиц, профессионально не связанных с обслуживанием РЛС, в пределах санитарно-защитной зоны РЛС запрещается.

12. Измерения напряженности и плотности потока энергии ЭМП на рабочих местах персонала следует проводить не реже 1 раза в год, а также при вводе в действие новых установок; внесении изменений в конструкцию, размещение и режим работы

действующих установок; внесении изменений в средства защиты от воздействия ЭМП; при организации новых рабочих мест; после проведения ремонтных работ, которые могут сопровождаться изменением излучаемой мощности.

13. Предельно допустимые значения ППЭ ЭМП в диапазоне частот 300 МГц — 300 ГГц (диапазон МРЛС) на рабочих местах персонала следует определять, согласно ГОСТ.12.1.006—84 «Электромагнитные поля радиочастот; допустимые уровни на рабочих местах и требования к контролю» — исходя из допустимой энергетической нагрузки на организм и с учетом времени воздействия. Максимальное значение ППЭ ПДУ не должно превышать 100 Вт/м² (1000 мкВт/см²).

14. Измерения ППЭ СВЧ производятся комиссией, в которую обязательно входят руководители соответствующих учреждений и организаций (управления по гидрометеорологии, НИУ, ВСБГ и т. д.), инженер по радиолокации МРЛ, а также представитель комиссии по охране труда профсоюзного комитета. Вопрос о включении в состав комиссии представителя СЭС решается по согласованию с территориальной санэпидстанцией. По результатам измерений ППЭ обязательно составляется акт. Результаты измерений должны фиксироваться в специальном журнале в виде протокола, подписанного членами комиссии и хранящегося у начальника станции.

15. В помещениях и кабинах, где размещаются генераторы СВЧ, запрещается пребывание лиц, не связанных с их обслуживанием.

16. При стационарном размещении МРЛ-5 помещение, где располагается приемопередающая аппаратура, необходимо обшить металлическим экраном.

17. При эксплуатации МРЛС необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации завода-изготовителя, действующими руководствами, наставлениями и методическими указаниями.

18. В процессе работы необходимо систематически использовать вытяжную вентиляцию и проветривать помещение, в котором расположена аппаратура МРЛ, с целью предотвращения повышения ионизации воздуха и накопления в нем вредных примесей (окислов азота).

19. При работе с устройствами МРЛ, в которых применяются электровакуумные приборы, питающиеся высоким анодным напряжением, должны соблюдаться меры предосторожности от вредного влияния мягкого рентгеновского излучения. Согласно «Санитарным правилам» 756-68, предельная мощность дозы мягкого рентгеновского излучения составляет 0,08 мкР/с. В целях устранения превышений санитарно-допустимой зоны мягкого рентгеновского излучения в аппаратном отсеке:

необходимо обеспечить полную герметичность шкафов передатчиков МРЛ-5 в районе установки тиратронов ТГИ-2-35/2 и ТГИ-1-500/16 (а в других РЛС модуляторных ламп типа

ГМИ-14Б, ГМИ-32, ГМИ-90 и т. п.) с анодным напряжением 17—27 кВ;

смотровые окна должны быть выполнены из специального просвинцованного стекла, а вентиляционные отверстия закрыты металлической сеткой;

ежегодно, а также после ремонта передающих устройств необходимо с помощью рентгеномера типа ДРГЗ-02 производить измерения мощности мягкого рентгеновского излучения и проводить мероприятия по устранению обнаруженных превышений допустимой дозы.

При эксплуатации оборудования МРЛ существует опасность поражения человека электрическим током, получения ожогов и облучения СВЧ энергией.

20. К эксплуатации станций МРЛ могут быть допущены лица, имеющие специальную подготовку по обслуживанию электроустановок с напряжением до и выше 1000 В и аппаратуры радиолокационных станций, изучившие техническое описание МРЛ, инструкцию по эксплуатации, настоящие правила и знакомые с материальной частью радиолокатора, ведением формуляров аппаратуры и оборудования. Работники, непосредственно занятые на регулировке, настройке, испытании и обслуживании генераторов электромагнитных полей радиочастот, включены в «список производств, профессий и работ с тяжелыми и вредными условиями труда, на которых запрещается применение труда лиц, моложе 18 лет», утвержденный постановлением Госкомтруда СССР и Президиумом ВЦСПС от 10.09.80 г. № 283/П-9.

21. Лица, допущенные к обслуживанию станции, должны иметь на руках документ, удостоверяющий своевременную периодическую проверку знаний правил техники безопасности и правил эксплуатации электроустановок с указанием группы допуска не менее 4-й.

22. Все ремонтные и профилактические работы, а также контрольные замеры на МРЛ должны производиться под руководством инженера по радиолокации станции, ответственного за ее эксплуатацию.

23. Работа на аппаратуре с напряжением выше 1000 В и ее настройка производятся двумя специалистами или в присутствии второго специалиста.

24. Включение станции допускается:

при наличии в ее рабочих помещениях исправных защитных средств электробезопасности и противопожарных средств;

при исправном состоянии всей аппаратуры и оборудования, а также ее электрической изоляции: заземления, блокировки; пол, находящийся в непосредственной близости к блокам, должен быть покрыт диэлектрическим ковриком;

при наличии ограждений кабелей, соединяющих аппаратуру.

25. При выполнении ремонтных работ и монтажных необходимо пользоваться халатом, а при смене ЭЛТ индикаторов — защитными очками. Для обеспечения штата МРЛ спецодеждой сле-

дует использовать перечень спецодежды для аэрологических станций, приведенный в «Типовых отраслевых нормах выдачи рабочим и служащим спецодежды и спецобуви и других средств индивидуальной защиты рабочим и служащим, осуществляющим наблюдения и работы по гидрометеорологическому режиму окружающей среды» (М.: Профиздат, 1988. Утверждены постановлением ГК СССР по труду и социальным вопросам и Президиумом ВЦСПС от 24.07.80 г. № 180/П-7. Дополнены и изменены постановлением этих органов от 21.08.85 г. № 289/П-8).

Следует помнить, что от неосторожного обращения (удара или сильного нажима) стекло ЭЛТ разлетается на мелкие, опасно разящие осколки, а температура баллонов электровакуумных приборов часто достигает 100—150 °С, что может привести к ожогу при случайном прикосновении к ним. Применять следует только инструменты с электрической изоляцией, испытанной на напряжения не менее, чем в три раза превышающие рабочие.

26. Персонал, обслуживающий станцию, должен соблюдать меры безопасности при производстве работ по пайке и электромонтажу. Перед началом ремонтных работ на видном месте должны быть вывешены предупреждающие плакаты с надписью «Не включать! Работают люди!».

27. При выполнении работ на МРЛС **категорически запрещается:**

находиться вблизи рефлектора со стороны излучателя при включенном высоком напряжении;

осматривать открытые концы антенно-волноводного тракта и облучатель при включенном передатчике;

оставлять неплотно вдвинутыми в ниши шкафов блоки передающей аппаратуры и блоки питания;

определять наличие и интенсивность СВЧ излучения по ощущению тепла на руке;

вносить в схему РЛС изменения без разрешения завода-изготовителя.

28. **Запрещается:**

без снятия питающего напряжения 3 × 50 Гц × 380 В и 3 × × 50 Гц × 220 В производить какие-либо работы в силовом щите и шкафах-потребителях энергии; отсоединять и подсоединять провода; вынимать и вставлять блоки, рассоединять и соединять штепсельные соединения; заменять предохранители, лампы и другие элементы;

производить работы с открытыми дверцами блоков при искусственно замкнутых контактах электрической блокировки;

приступать к работе внутри высоковольтных блоков, не разрядив предварительно заземляющей штангой элементы схем с высоким потенциалом;

устанавливать предохранители, не соответствующие номиналу, или закорачивать их проволокой;

включать привод антенной системы при наличии людей под ветрозащитным укрытием, а также эксплуатировать МРЛ при

неисправной блокировке люка ветрозащитного укрытия, неисправной звуковой сигнализации о включении привода;

производить работы с антенными устройствами при включенных передатчиках;

прикасаться к вращающимся механизмам аппаратуры.

29. При необходимости осмотра и обнаружения неисправностей в блоках, находящихся под напряжением, следует соблюдать осторожность, учитывая, что в блоках есть напряжение, опасное для жизни. Присоединяться к контактам блоков и измерительным гнездам следует только специальными щупами. Во время подсоединения нельзя касаться рукой или другими частями тела корпуса блока и других металлических частей станции. Указанные работы разрешается производить только инженеру по радиолокации или специалистам из ремонтной бригады, имеющим допуск к работе с установками напряжением выше 1000 В. Работать внутри блока разрешается только одной рукой. При ремонте РЛС под ногами работающих должны находиться диэлектрические коврики (маты) размером не менее 50 × 50 см с сертификатом поверки; используемые резиновые перчатки и диэлектрические боты также должны иметь сертификат поверки.

30. Оборудование РЛС, антенная колонка, агрегат питания должны иметь надежное заземление. Включение питания должно производиться только после подключения заземления, выполненного в соответствии с «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», 1970 г. В случае обнаружения напряжения на корпусе аппаратуры, воздействующего на человека при прикосновении, необходимо немедленно отключить питающее напряжение, проверить сопротивление изоляции и заземление аппаратуры.

31. Для безопасной эксплуатации станции МРЛ поддерживается установленный порядок на рабочем месте, предусматривающий рациональное размещение инструментов, приборов и приспособлений, обеспечивающий свободное включение, отключение и настройку их.

32. Следует обязательно выполнять все требования, изложенные в предупреждающих надписях на аппаратуре.

33. Категорически запрещается курить в помещении станции. В случае возникновения пожара необходимо:

выключить, если возможно, выключатель 220 В 400 Гц и преобразователь или выключатель 3 × 50 Гц × 220 В и 3 × 50 Гц × × 380 В,

немедленно начать тушить пожар, используя только сухие, углекислотные огнетушители, сообщить в пожарное подразделение о возникновении пожара.

34. При расположении МРЛ в кузове во избежание опрокидывания его **запрещается:**

устанавливать антенную колонку и ветрозащитное укрытие без установки упорных ферм;

транспортировать, перевозить и даже перемещать МРЛ на короткое расстояние без разборки ветрозащитного укрытия и антенной колонки;

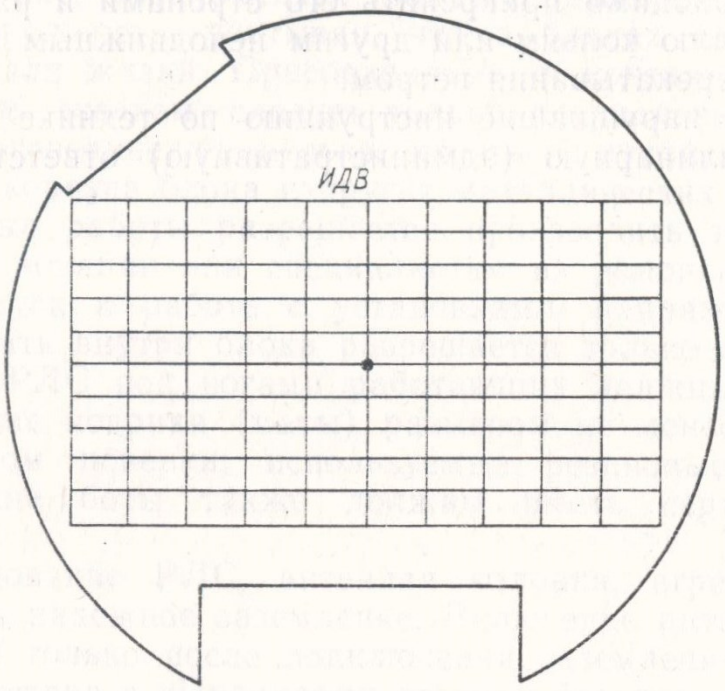
устанавливать зеркало антенны при ветреной погоде без последующей незамедлительной установки ветрозащитного укрытия.

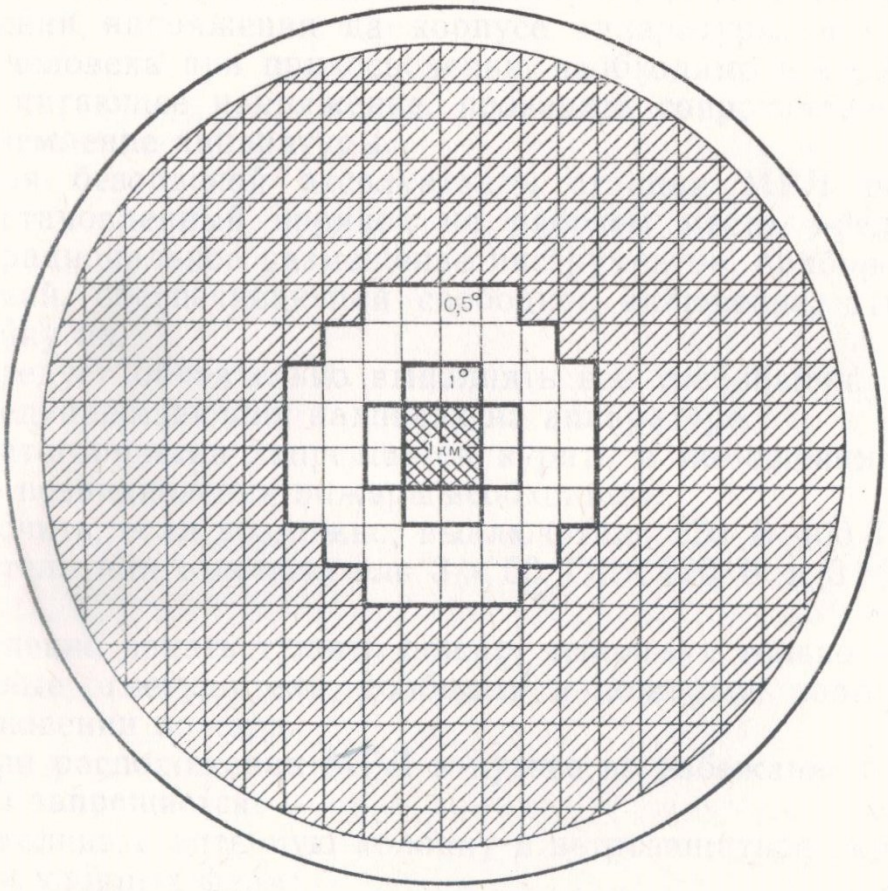
35. При сборке и разборке шарообразного ветрозащитного укрытия необходимо прикрепить его стропами и растяжками ко вбитым в землю кольям или другим неподвижным предметам во избежание перекатывания ветром.

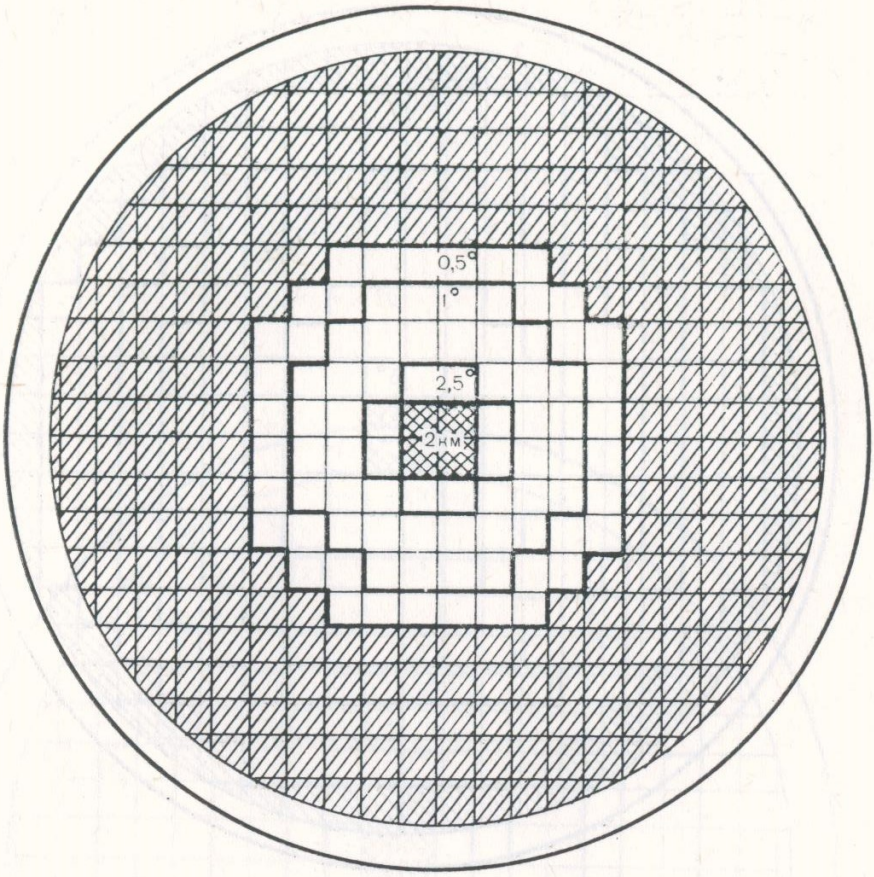
36. Лица, нарушившие инструкцию по технике безопасности, несут дисциплинарную (административную) ответственность.

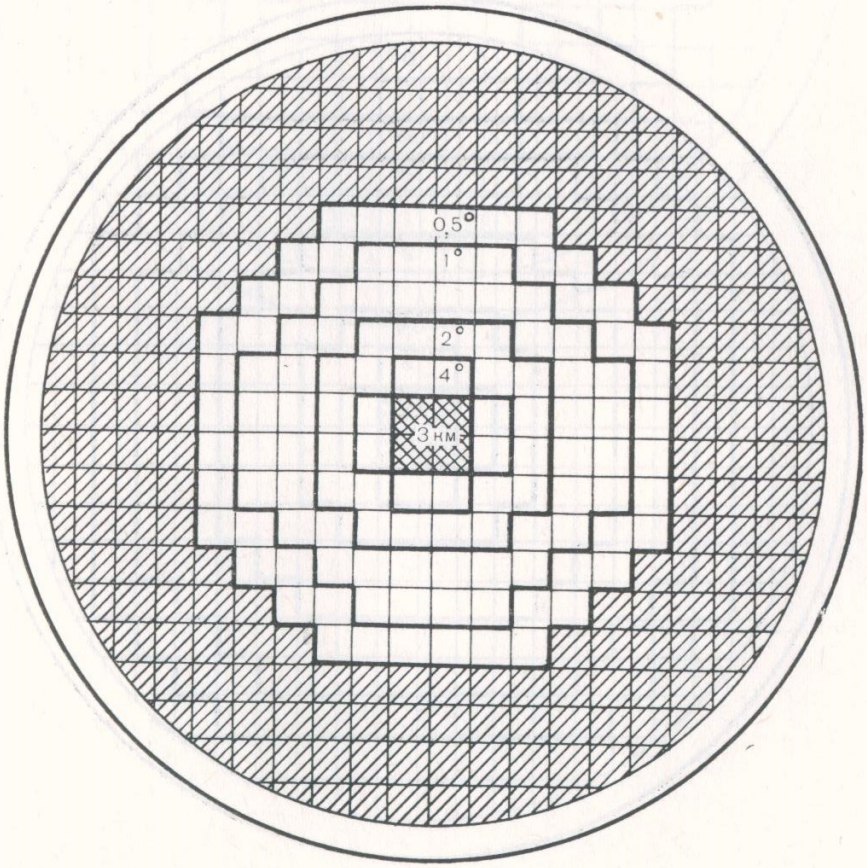
Рекомендуемое

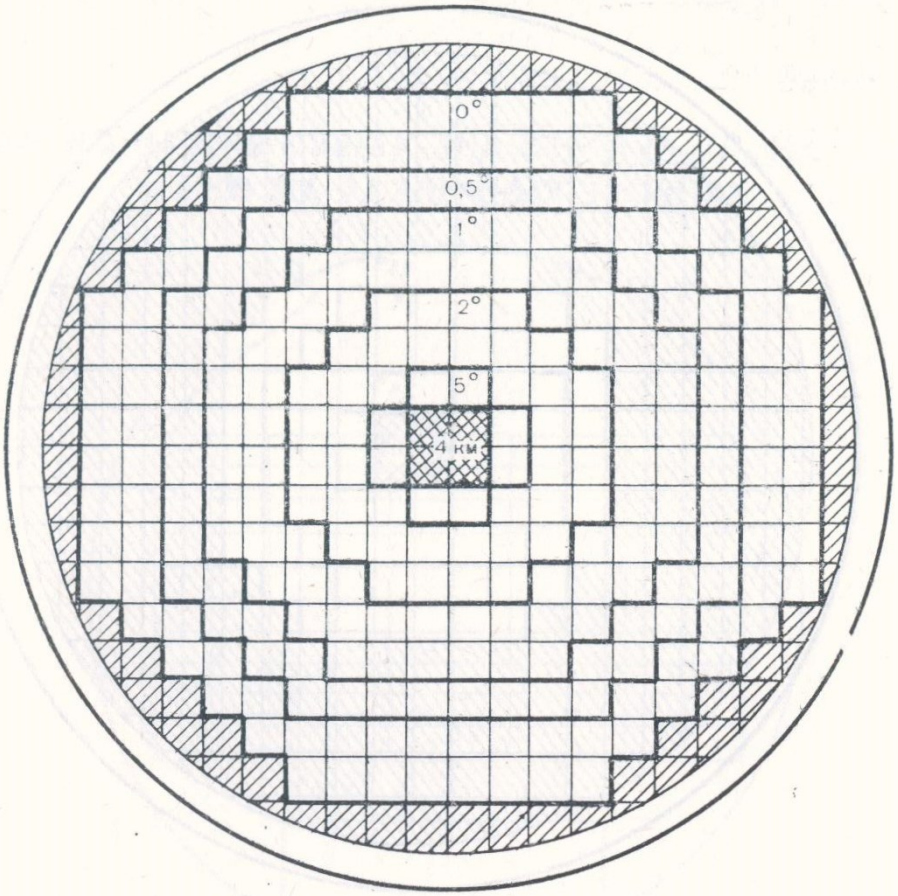
ШАБЛОНЫ ДЛЯ СЪЕМА ЗНАЧЕНИЙ $P_{пр}/P_0$ НА ИДВ И ИКО НА РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ

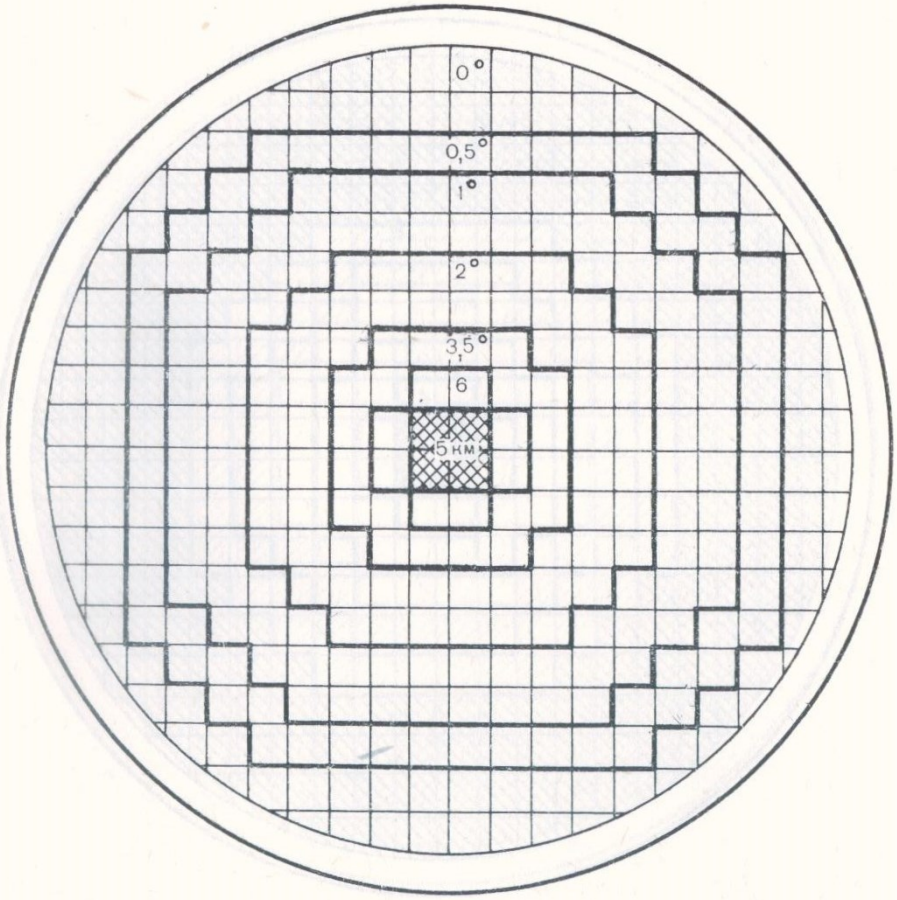


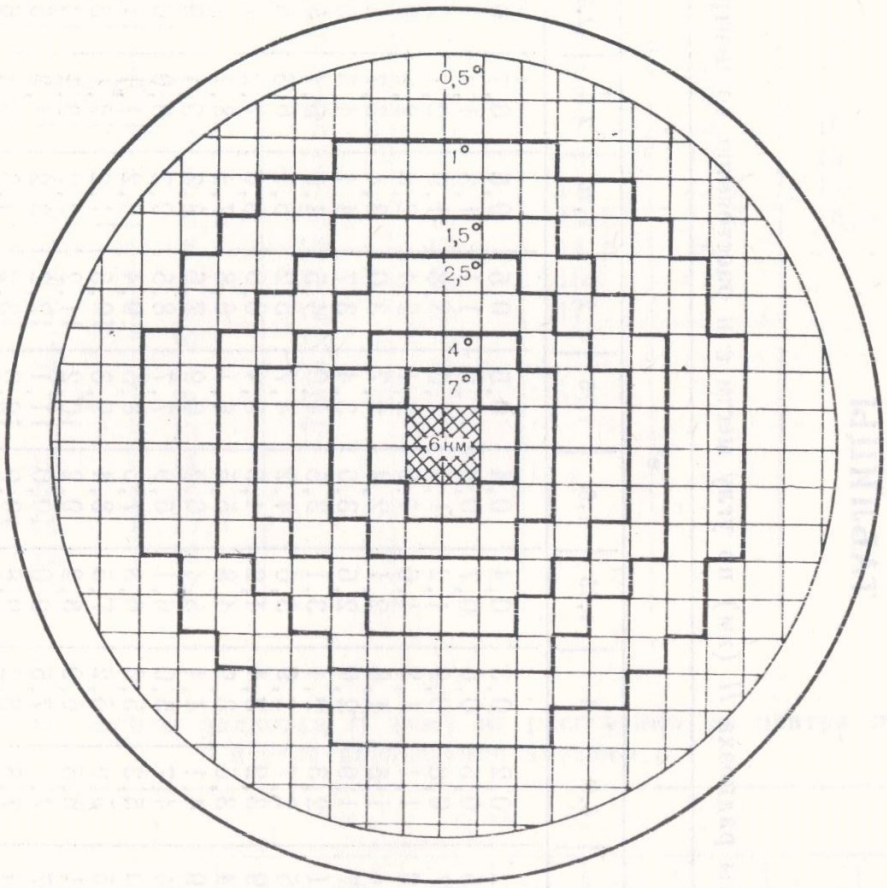



0,5°
1°
2,5°
2 нм


0,5°
1°
2°
4°
3 нм


0°
0,5°
1°
2°
5°
4 км


0°
0,5°
1°
2°
3,5°
6
5 км


0,5°
1°
1,5°
2,5°
4°
7°
6 км

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Справочное

ТАБЛИЦЫ

Таблица 1

Определение высоты радиоэха H (км) по углу места ε и расстоянию до центра ячейки r_i

r_i км	$\varepsilon°$																	
	0,2	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75
15	0,06	0,11	0,14	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0
30	0,15	0,25	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,1
45	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,2	1,4	1,5	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
60	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,6	1,9	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,4	3,7	4,0	4,3
75	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	2,1	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0	5,4
90	0,8	1,1	1,2	1,5	1,7	1,9	2,0	2,6	3,0	3,4	3,7	4,1	4,5	5,0	5,3	5,7	6,1	6,5
105	1,0	1,4	1,5	1,9	2,1	2,3	2,4	3,1	3,5	4,0	4,5	4,9	5,4	5,9	6,3	6,8	7,2	7,7
120	1,3	1,7	1,9	2,3	2,5	2,7	2,9	3,6	4,2	4,7	5,2	5,7	6,3	6,8	7,3	7,8	8,4	8,9
135	1,5	2,0	2,2	2,7	2,9	3,2	3,4	4,2	4,8	5,4	6,0	6,6	7,2	7,8	8,4	8,9	9,4	10,1
150	1,9	2,3	2,6	3,1	3,4	3,6	3,9	4,8	5,5	6,1	6,8	7,5	8,1	8,7	9,4	10,1	10,7	11,4
165	2,2	2,7	3,0	3,6	3,9	4,1	4,4	5,4	6,2	6,9	7,6	8,3	9,1	9,8	10,5	11,2	11,9	12,7
180	2,5	3,2	3,5	4,1	4,4	4,7	5,0	6,1	6,9	7,7	8,5	9,3	10,0	10,8	11,6	12,4	13,2	14,0
195	2,9	3,6	3,9	4,6	5,0	5,3	5,6	6,8	7,6	8,5	9,4	10,2	11,1	11,9	12,8	13,6	14,5	15,3
210	3,4	4,1	4,4	5,1	5,5	5,8	6,2	7,5	8,4	9,3	10,3	11,2	12,1	13,0	14,0	14,8	15,8	16,7
225	3,8	4,6	4,9	5,7	6,1	6,5	6,9	8,2	9,2	10,2	11,2	12,2	13,1	14,2	15,1	16,1	17,1	
240	4,3	5,1	5,5	6,3	6,7	7,1	7,5	9,0	10,0	11,1	12,2	13,2	14,3	15,3	16,4	17,4		
255	4,8	5,6	6,0	6,9	7,4	7,8	8,2	9,8	10,9	12,0	13,2	14,3	15,4	16,5	17,6			
270	5,3	6,2	6,7	7,6	8,0	8,5	9,0	10,6	11,8	13,0	14,2	15,4	16,5	17,0				
285	5,8	6,8	7,3	8,3	8,7	9,2	9,7	11,4	12,7	14,0	15,2	16,5	17,7					
300	6,4	7,4	7,9	9,0	9,5	10,0	10,5	12,3	13,6	15,0	16,3	17,6						

Таблица 2

Зависимость высоты радиоэха H (км) от угла возвышения антенны ε и расстояния до центра ячейки r_i в М : 150

$\varepsilon°$	r_i км							
	37,5	52,5	67,5	82,5	97,5	112,5	127,5	142,5
0,0	1	1	1	1	1	1	1	1
0,5	1	1	1	1	1	2	2	2,5
1,0	1 (0,7)	1	1	2	2	3	3	4
1,5	1	1,5	2	2,5	3	4	4	5
2,0	1	2	3	3	4	5	5	6
2,5	2	2	3	4	5	6	6,5	7
3,0	2	3	4	5	6	7	8	9
3,5	2	3	4	5	6,5	8	9	10
4,0	3	4	5	6	7	9	10	11
5,0	3	5	6	8	9	11	12	14
6,0	4	6	7	9	11	12,5	14	16
7,0	5	6,5	8,5	10	12,5	14,5	16,5	
8,0	5	7	10	12	14	16		
9,0	6	8	11	13	16			
10,0	7	9	12	15	17			
11,0	7	10	13	16				
12,0	8	11	14	17,5				
13,0	8,5	12	15					
14,0	9	13	17					
15,0	10	14						
16,0	10	15						
17,0	11	15,5						
18,0	12	16						
19,0	12	17						

Таблица 3

Зависимость высоты радиоэха H (км) от расстояния до центра ячейки r_i и угла возвышения антенны ε

$\varepsilon°$	r_i км											
	30	45	60	75	90	105	135	165	195	225	255	285
0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	4	5
0,2	1	1	1	1	1	1	1,5	2	3	4	5	6
0,5	1	1	1	1	1	2	2	3	4	5	6	7
1,0	1	1	1	2	2	2,5	3	4,5	6	7	8	10
1,5	1	1	2	2,5	3	3,5	5	6	8	9	11	13
2,0	1	2	3	3	4	4,5	6	8	9	11	13	15
2,5	1	2	3	4	5	5	7	9	11	13	15	
3,0	2	2,5	3	4	5	6	8	10,5	13	15		
4,0	2	3	4	6	7	8	10,5	13	16			
5,0	3	4	5	7	8	10	13	16				
6,0	3	5	6,5	8	10	12	15					
7,0	4	6	7,5	9	11	13	17,5					
8,0	4	6	9	11	13	15						
9,0	5	7	10	12	15	17						
10,0	5	8	11	13	16							

ε°	r_i км											
	30	45	60	75	90	105	135	165	195	225	255	285
11,0	6	9	12	15								
12,0	6	9	13	16								
13,0	7	10	14									
14,0	7	11	15									
15,0	8	12	16									
16,0	8	12	17									
17,0	9	13	18									
18,0	9	14										
19,0	10	15										
20,0	10	15										
21,0	11	16										
22,0	11	17										
23,0	12	18										

Таблица 4

Таблица для расчета отражаемости $\lg Z$ в зависимости от $P_{пр}/P_0$ и расстояния от центра ячейки r_i (через 6 дБ, М : 300 км) при различных значениях $П_м$

$P_{пр}/P_0$ дБ	r_i км								
	45	75	105	135	165	195	225	255	285
				$П_м = 47$ дБ					
0	—1,4	—1,0	—0,7	—0,4	—0,3	—0,1	0,0	0,1	0,2
6	—0,8	—0,4	—0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8
12	—0,2	0,2	0,5	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4
18	0,4	0,8	1,1	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0
24	1,0	1,4	1,7	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6
30	1,6	2,0	2,3	2,6	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2
36	2,2	2,6	2,9	3,2	3,3	3,5	3,6	3,7	3,8
42	2,8	3,2	3,5	3,8	3,9	4,1	4,2	4,3	4,4
48	3,4	3,8	4,1	4,4	4,5	4,7	4,8	4,9	5,0
54	4,0	4,4	4,7	5,0	5,1	5,3	5,4	5,5	5,6
60	4,6	5,0	5,3	5,6	5,7	5,9	6,0	6,1	6,2
66	5,2	5,6	5,9	6,2	6,3	6,5	6,6	6,7	6,8
72	5,8	6,2	6,5	6,8	6,9	7,1	7,2	7,3	7,4
				$П_м = 50$ дБ					
0	—1,7	—1,3	—1,0	—0,7	—0,6	—0,4	—0,3	—0,2	—0,1
6	—1,1	—0,7	—0,4	—0,1	0,0	0,2	0,3	0,4	0,5
12	—0,5	—0,1	0,2	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1
18	0,1	0,5	0,8	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7
24	0,7	1,1	1,4	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3
30	1,3	1,7	2,0	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9
36	1,9	2,3	2,6	2,9	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5
42	2,5	2,9	3,2	3,5	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1
48	3,1	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,5	4,6	4,7

$P_{пр}/P_0$ дБ	r_i км								
	45	75	105	135	165	195	225	255	285
54	3,7	4,1	4,4	4,7	4,8	5,0	5,1	5,2	5,3
60	4,3	4,7	5,0	5,3	5,4	5,6	5,7	5,8	5,9
66	4,9	5,3	5,6	5,9	6,0	6,2	6,3	6,4	6,5
72	5,5	5,9	6,2	6,5	6,6	6,8	6,9	7,0	7,1
				$П_м = 54$ дБ					
0	—2,1	—1,7	—1,4	—1,1	—1,0	—0,8	—0,7	—0,6	—0,5
6	—1,5	—1,1	—0,8	—0,5	—0,4	—0,2	—0,1	0,0	0,1
12	—0,9	—0,5	—0,2	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7
18	—0,3	0,1	0,4	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3
24	0,3	0,7	1,0	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9
30	0,9	1,3	1,6	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5
36	1,5	1,9	2,2	2,5	2,6	2,8	2,9	3,0	3,1
42	2,1	2,5	2,8	3,1	3,2	3,4	3,5	3,6	3,7
48	2,7	3,1	3,4	3,7	3,8	4,0	4,1	4,2	4,3
54	3,3	3,7	4,0	4,3	4,4	4,6	4,7	4,8	4,9
60	3,9	4,3	4,6	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4	5,5
66	4,5	4,9	5,2	5,5	5,6	5,8	5,9	6,0	6,1
72	5,1	5,5	5,8	6,1	6,2	6,4	6,5	6,6	6,7

Таблица 5

Таблица для расчета отражаемости $\lg Z$ в зависимости от $P_{пр}/P_0$ и расстояния от центра ячейки r_i (через 6 дБ, М : 150 км) при различных значениях $П_м$

$P_{пр}/P_0$ дБ	r_i км							
	37,5	52,5	67,5	82,5	97,5	112,5	127,5	142,5
				$П_м = 47$ дБ				
0	—1,6	—1,3	—1,0	—0,9	—0,7	—0,6	—0,5	—0,4
6	—1,0	—0,7	—0,4	—0,3	—0,1	0,0	0,1	0,2
12	—0,4	—0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8
18	0,2	0,5	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4
24	0,8	1,1	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0
30	1,4	1,7	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6
36	2,0	2,3	2,6	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2
42	2,6	2,9	3,2	3,3	3,5	3,6	3,7	3,8
48	3,2	3,5	3,8	3,9	4,1	4,2	4,3	4,4
54	3,8	4,1	4,4	4,5	4,7	4,8	4,9	5,0
60	4,4	4,7	5,0	5,1	5,3	5,4	5,5	5,6
66	5,0	5,3	5,6	5,7	5,9	6,0	6,1	6,2
72	5,6	5,9	6,2	6,3	6,5	6,6	6,7	6,8
				$П_м = 50$ дБ				
0	—1,9	—1,6	—1,3	—1,2	—1,0	—0,9	—0,8	—0,7
6	—1,3	—1,0	—0,7	—0,6	—0,4	—0,3	—0,2	—0,1
12	—0,7	—0,4	—0,1	0,0	0,2	0,3	0,4	0,5
18	—0,1	0,2	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1

$P_{пр}/P_0$ дБ	r_i км							
	37,5	52,5	67,5	82,5	97,5	112,5	127,5	142,5
24	0,5	0,8	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7
30	1,1	1,4	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3
36	1,7	2,0	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9
42	2,3	2,6	2,9	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5
48	2,9	3,2	3,5	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1
54	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,5	4,6	4,7
60	4,1	4,4	4,7	4,8	5,0	5,1	5,2	5,3
66	4,7	5,0	5,3	5,4	5,6	5,7	5,8	5,9
71	5,3	5,6	5,9	6,0	6,2	6,3	6,4	6,5
	$П_м = 54$ дБ							
0	−2,3	−2,0	−1,7	−1,6	−1,4	−1,3	−1,2	−1,1
6	−1,7	−1,4	−1,1	−1,0	−0,8	−0,7	−0,6	−0,5
12	−1,1	−0,8	−0,5	−0,4	−0,2	−0,1	0,0	0,1
18	−0,5	−0,2	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7
24	0,1	0,4	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3
30	0,7	1,0	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9
36	1,3	1,6	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5
42	1,9	2,2	2,5	2,6	2,8	2,9	3,0	3,1
48	2,5	2,8	3,1	3,2	3,4	3,5	3,6	3,7
54	3,1	3,4	3,7	3,8	4,0	4,1	4,2	4,3
60	3,7	4,0	4,3	4,4	4,6	4,7	4,8	4,9
66	4,3	4,6	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4	5,5
72	4,9	5,2	5,5	5,6	5,8	5,9	6,0	6,1

Таблица 6

Таблица для расчета отражаемости $\lg Z$ через 6 дБ на расстояниях до 40 км при различных значениях $П_м$

$P_{пр}/P_0$ дБ	r_i км									
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
	$П_м = 47$ дБ									
0	−3,5	−2,9	−2,5	−2,3	−2,1	−1,9	−1,8	−1,7	−1,6	−1,5
6	−2,9	−2,3	−1,9	−1,7	−1,5	−1,3	−1,2	−1,1	−1,0	−0,9
12	−2,3	−1,7	−1,3	−1,1	−0,9	−0,8	−0,6	−0,5	−0,4	−0,3
18	−1,7	−1,1	−0,7	−0,5	−0,3	−0,1	0,0	0,1	0,2	0,3
24	−1,1	−0,5	−0,1	0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
30	−0,5	0,1	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
36	0,1	0,7	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1
42	0,7	1,3	1,7	1,9	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
48	1,3	1,9	2,3	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3
54	1,9	2,5	2,9	3,1	3,3	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
60	2,5	3,1	3,5	3,7	3,9	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5
66	3,1	3,7	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1
72	3,7	4,3	4,7	4,9	5,1	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7

$P_{пр}/P_0$ дБ	r_i км									
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
	$П_м = 50$ дБ									
0	—3,8	—3,2	—2,8	—2,6	—2,4	—2,2	—2,1	—2,0	—1,9	—1,8
6	—3,2	—2,6	—2,2	—2,0	—1,8	1,6	—1,5	—1,4	—1,3	—1,2
12	—2,6	—2,0	—1,6	—1,4	—1,2	—1,0	—0,9	—0,8	—0,6	—0,6
18	—2,0	—1,4	—1,0	—0,8	—0,6	—0,4	—0,3	—0,2	—0,1	0,0
24	—1,4	—0,8	—0,4	—0,2	0,0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
30	—0,8	—0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
36	—0,2	0,4	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
42	0,4	1,0	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
48	1,0	1,6	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
54	1,6	2,2	2,6	2,8	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6
60	2,2	2,8	3,2	3,4	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2
66	2,8	3,4	3,8	4,0	4,2	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8
72	3,4	4,0	4,4	4,6	4,8	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4
	$П_м = 54$ дБ									
0	—4,2	—3,6	—3,2	—3,0	—2,8	—2,6	—2,5	—2,4	—2,3	—2,2
6	—3,6	—3,0	—2,6	—2,4	—2,2	—2,0	—1,9	—1,8	—1,7	—1,6
12	—3,0	—2,4	—2,0	—1,8	—1,6	—1,4	—1,3	—1,2	—1,1	—1,0
18	—2,4	—1,8	—1,4	—1,2	—1,0	—0,8	—0,7	—0,6	—0,5	—0,4
24	—1,8	—1,2	—0,8	—0,6	—0,4	—0,2	—0,1	0,0	0,1	0,2
30	—1,2	—0,6	—0,2	0,0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
36	—0,6	0,0	0,4	0,6	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
42	0,0	0,6	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
48	0,6	1,2	1,6	1,8	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
54	1,2	1,8	2,2	2,4	2,6	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2
60	1,8	2,4	2,8	3,0	3,2	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8
66	2,4	3,0	3,4	3,6	3,8	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4
72	3,0	3,6	4,0	4,2	4,4	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0

Таблица 7

Таблица для расчета отражаемости $\lg Z$ через 6 дБ в зависимости от мощности принятого сигнала $P_{пр}/P_ш$ и расстояния до центра r_i при $П_м = 60$ дБ (дальняя зона; М : 300 км; в ближней зоне — жидкие осадки; радиопрозрачный колпак МРЛ-5 мокрый)

$P_{пр}/P_ш$ дБ	r_i км								
	45	75	105	135	165	195	225	255	285
0	—1,9	—1,4	—1,1	—0,8	—0,6	—0,4	—0,3	—0,1	0,0
6	—1,3	—0,8	—0,5	—0,2	0,0	0,2	0,3	0,5	0,6
12	—0,7	—0,2	0,1	0,4	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2
18	—0,1	0,4	0,7	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8
24	0,5	1,0	1,3	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4
30	1,1	1,6	1,9	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,0
36	1,7	2,2	2,5	2,8	3,0	3,2	3,3	3,5	3,6
42	2,3	2,8	3,1	3,4	3,6	3,8	3,9	4,1	4,2
48	2,9	3,4	3,7	4,0	4,2	4,4	4,5	4,7	4,8
54	3,5	4,0	4,3	4,6	4,8	5,0	5,1	5,3	5,4
60	4,1	4,6	4,9	5,2	5,4				
66	4,7	5,2	5,5						
72	5,3								

Таблица 8

Таблица для расчета отражаемости $\lg Z$ через 6 дБ в зависимости от мощности принятого сигнала $P_{пр}/P_{ш}$ и расстояния r_i при $П_м = 60$ дБ (ближняя зона; М : 25/50; в ближней зоне — жидкие осадки; радиопрозрачный колпак МРЛ-5 мокрый)

$P_{пр}/P_{ш}$ дБ	r_i км									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0	—4,5	—3,8	—3,4	—3,1	—2,8	—2,6	—2,3	—2,1	—1,9	—1,8
6	—3,9	—3,2	—2,8	—2,5	—2,2	—2,0	—1,7	—1,5	—1,3	—1,2
12	—3,3	—2,6	—2,2	—1,9	—1,6	—1,4	—1,1	—0,9	—0,7	—0,6
18	—2,7	—2,0	—1,6	—1,3	—1,0	—0,8	—0,5	—0,3	—0,1	0,0
24	—2,1	—1,4	—1,0	—0,7	—0,4	—0,2	0,1	0,3	0,5	0,6
30	—1,5	—0,8	—0,4	—0,1	0,2	0,4	0,7	0,9	1,1	1,2
36	—0,9	—0,2	0,2	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7	1,8
42	—0,3	0,4	0,8	1,1	1,4	1,6	1,9	2,1	2,3	2,4
48	0,3	1,0	1,4	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0
54	0,9	1,6	2,0	2,3	2,6	2,8	3,1	3,3	3,5	3,6
60	1,5	2,2	2,6	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9	4,1	4,2
66	2,1	2,8	3,2	3,5	3,8	4,0	4,3	4,5	4,7	4,8
72	2,7	3,4	3,8	4,1	4,4	4,6	4,9	5,1	5,3	5,4

Таблица 9

Таблица для расчета отражаемости $\lg Z$ через 6 дБ в зависимости от мощности принятого сигнала $P_{пр}/P_{ш}$ и расстояния до центра квадрата r_i при $П_м = 60$ дБ (дальняя зона; М : 300 км; в ближней зоне — жидкие осадки; радиопрозрачный колпак МРЛ-5 сухой)

$P_{пр}/P_{ш}$ дБ	r_i км								
	45	75	105	135	165	195	225	255	285
0	—2,4	—2,0	—1,6	—1,3	—1,1	—0,9	—0,8	—0,6	—0,5
6	—1,8	—1,4	—1,0	—0,7	—0,5	—0,3	—0,2	0,0	0,1
12	—1,2	—0,8	—0,4	—0,1	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7
18	—0,6	—0,2	0,2	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	1,3
24	0,0	0,4	0,8	1,1	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9
30	0,6	1,0	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5
36	1,2	1,6	2,0	2,3	2,5	2,7	2,8	3,0	3,1
42	1,8	2,2	2,6	2,9	3,1	3,3	3,4	3,6	3,7
48	2,4	2,8	3,2	3,5	3,7	3,9	4,0	4,2	4,3
54	3,0	3,4	3,8	4,1	4,3	4,5	4,6	4,8	4,9
60	3,6	4,0	4,4	4,7	4,9	5,1	5,2	5,4	5,5
66	4,2	4,6	5,0	5,3	5,5				
72	4,8	5,2							

Таблица 10

Таблица для расчета отражаемости $\lg Z$ через 6 дБ в зависимости от мощности принятого сигнала $P_{пр}/P_{ш}$ и расстояния r_i при $П_м = 60$ дБ (ближняя зона; М : 25/50; в ближней зоне — жидкие осадки; радиопрозрачный колпак МРЛ-5 сухой)

$P_{пр}/P_{ш}$ дБ	r_i км									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0	—4,6	—3,9	—3,6	—3,3	—3,1	—2,9	—2,7	—2,6	—2,4	—2,3
6	—4,0	—3,3	—3,0	—2,7	—2,5	—2,3	—2,1	—2,0	—1,8	—1,7
12	—3,4	—2,7	—2,4	—2,1	—1,9	—1,7	—1,5	—1,4	—1,2	—1,1
18	—2,8	—2,1	—1,8	—1,5	—1,3	—1,0	—0,9	—0,8	—0,6	—0,5
24	—2,2	—1,5	—1,2	—0,9	—0,7	—0,5	—0,3	—0,2	0,0	0,1
30	—1,6	—0,9	—0,6	—0,3	—0,1	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7
36	—1,0	—0,3	0,0	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	1,3
42	—0,4	0,3	0,6	0,9	1,1	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9
48	0,2	0,9	1,2	1,5	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5
54	0,8	1,5	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	2,8	3,0	3,1
60	1,4	2,1	2,4	2,7	2,9	3,1	3,3	3,4	3,6	3,7
66	2,0	2,7	3,0	3,3	3,5	3,7	3,9	4,0	4,2	4,3
72	2,6	3,3	3,6	3,9	4,1	4,3	4,5	4,6	4,8	4,9

Таблица 11

Таблица для расчета отражаемости $\lg Z$ через 6 дБ в зависимости от мощности сигнала $P_{пр}/P_{ш}$ и расстояния до центра квадрата r_i при $П_м = 60$ дБ (дальняя зона; М : 300 км; в ближней зоне жидкие осадки отсутствуют; радиопрозрачный колпак МРЛ-5 сухой)

$P_{пр}/P_{ш}$ дБ	r_i км								
	45	75	105	135	165	195	225	255	285
0	—2,6	—2,1	—1,8	—1,5	—1,2	—1,1	—0,9	—0,8	—0,6
6	—2,0	—1,5	—1,2	—0,9	—0,6	—0,5	—0,3	—0,2	0,0
12	—1,4	—0,9	—9,6	—0,3	0,0	0,1	0,3	0,4	0,6
18	—0,8	—0,3	0,0	0,3	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2
24	—0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8
30	0,4	0,9	1,2	1,5	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4
36	1,0	1,5	1,8	2,1	2,4	2,5	2,7	2,8	3,0
42	1,6	2,1	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,6
48	2,2	2,7	3,0	3,3	3,6	3,7	3,9	4,0	4,2
54	2,8	3,3	3,6	3,9	4,2	4,3	4,5	4,6	4,8
60	3,4	3,9	4,2	4,5	4,8	4,9	5,1	5,2	5,4
66	4,0	4,5	4,8	5,1	5,4	5,5			
72	4,6	5,1	5,4						

Таблица 12

Таблица для расчета отражаемости $\lg Z$ через 6 дБ в зависимости от мощности принятого сигнала $P_{пр}/P_{ш}$ и расстояния r_i при $П_м = 60$ дБ (ближняя зона; М : 25/50; в ближней зоне жидкие осадки отсутствуют; радиопрозрачный колпак МРЛ-5 сухой)

$P_{пр}/P_{ш}$ дБ	r_i км									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0	—4,6	—4,0	—3,6	—3,4	—3,2	—3,0	—2,8	—2,7	—2,6	—2,5
6	—4,0	—3,4	—3,0	—2,8	2,6	—2,4	—2,2	—2,1	—2,0	—1,9
12	—3,4	—2,8	—2,4	—2,2	2,0	—1,8	—1,6	—1,5	—1,4	—1,3
18	—2,8	—2,2	—1,8	—1,6	—1,4	—1,2	—1,0	—0,9	—0,8	—0,7
24	—2,2	—1,6	—1,2	—1,0	—0,8	—0,6	—0,4	—0,3	—0,2	—0,1
30	—1,6	—1,0	—0,6	—0,4	—0,2	0,0	0,2	0,3	0,4	0,5
36	—1,0	—0,4	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1
42	—0,4	0,2	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7
48	0,2	0,8	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3
54	0,8	1,4	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9
60	1,4	2,0	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5
66	2,0	2,6	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1
72	2,6	3,2	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,5	4,6	4,7

Таблица 13

Размеры зон пересечения изотермы 0 °С диаграммой направленности в зависимости от высоты изотермы 0 °С и угла возвышения антенны

ε°	H км					
	1		2		3	
	$P_{мин}$	$P_{макс}$	$P_{мин}$	$P_{макс}$	$P_{мин}$	$P_{макс}$
0	76	126 р. г.	123	179 р. г.	163	219 р. г.
0,5	49	126 р. г.	88	179 р. г.	122	219 р. г.
1,0	35	76	67	182	95	163
1,5	28	49	53	88	76	122

Примечание. Здесь р. г.— радиогоризонт.

Таблица 14

Перевод м/с в км/ч с точностью до 1 км/ч

м/с	м/с									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	4	7	11	14	18	22	25	29	32
10	36	40	43	47	50	54	58	61	65	68
20	72	76	79	83	86	90	94	97	101	104

Таблица 15

Перевод км/ч в м/с с точностью до 1 м/с

км/ч	км/ч									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2
10	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5
20	6	6	6	6	7	7	7	8	8	8
30	8	9	9	9	9	10	10	10	11	11
40	11	11	12	12	12	12	13	13	13	14
50	14	14	14	15	15	15	16	16	16	16
60	17	17	17	18	18	18	18	19	19	19
70	19	20	20	20	21	21	21	21	22	22
80	22	22	23	23	23	24	24	24	24	25
90	25	25	26	26	26	26	27	27	27	28
100	28	28	28	29	29	29	29	30	30	30

Таблица 16

Определение расчетной фактической скорости f (км/ч) перемещения радиоэха

f км/ч	$\Delta d°$																
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
5	5	5	5	5	6	6	6	6	7	8	9	10	12	15	19	29	57
10	10	10	10	11	11	12	12	13	14	16	17	20	24	29	39	58	115
15	15	15	16	16	17	17	18	20	21	23	26	30	36	44	58	86	
20	20	20	21	21	22	23	24	26	28	31	35	40	47	58	77	115	
25	25	25	26	27	28	29	30	33	35	39	44	50	59	73	97		
30	30	30	31	32	33	35	37	39	42	47	52	60	71	88	116		
35	35	36	36	37	39	40	43	46	49	54	61	70	83	102			
40	40	41	41	43	44	46	49	52	57	62	70	80	95				
45	45	46	47	48	50	52	55	59	64	70	78	90	106				
50	50	51	52	53	55	58	61	65	71	78	87	100					
55	55	56	57	58	61	64	67	72	78	86	96						
60	60	61	62	64	66	69	73	78	85	93	105						
65	65	66	67	69	72	75	79	85	92	101							

Таблица 17

Определение расчетной составляющей скорости $f_{сост}$ (км/ч) перемещения радиоэха

$f_{сост}$ км/ч	$\Delta d°$																
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	2	2	2	1	1	0
10	10	10	10	9	9	9	8	8	7	6	6	5	4	3	3	2	1
15	15	15	14	14	14	13	12	12	11	10	9	8	6	5	4	3	1
20	20	20	19	19	18	17	16	15	14	13	12	10	8	7	5	4	2
25	25	25	24	24	23	22	20	19	18	16	14	12	11	9	6	4	2
30	30	30	29	28	27	26	25	23	21	19	17	15	13	10	8	5	3
35	35	34	34	33	32	30	29	27	25	22	20	18	15	12	9	6	3
40	40	39	39	38	36	35	33	31	28	26	23	20	17	14	10	7	4
45	45	44	43	42	41	39	37	34	32	29	26	22	19	15	12	8	4
50	50	49	48	47	45	43	41	38	35	32	29	25	21	17	13	9	4
55	55	54	53	52	50	48	45	42	39	35	32	28	23	19	14	10	5
60	60	59	58	56	54	52	49	46	42	39	34	30	25	20	15	10	5
65	65	64	63	61	59	56	53	50	46	42	37	32	28	22	17	11	6
70	70	69	68	66	63	61	57	54	50	45	40	35	30	24	18	12	6
75	75	74	72	70	68	65	61	57	53	48	43	38	32	26	19	13	6
80	80	79	77	75	72	69	66	61	57	51	46	40	34	27	21	14	7
85	85	84	82	80	77	74	70	65	60	55	49	42	36	29	22	15	7
90	90	89	87	85	82	78	74	69	64	58	52	45	38	31	23	16	8
95	95	94	92	89	86	82	78	73	67	61	54	48	40	32	25	17	8
100	100	98	97	94	91	87	82	77	71	64	57	50	42	34	26	18	9

Таблица 18

Определение скорости (км/ч) в зависимости от величины отрезка l, пройденного радиоэхом за промежуток времени Δt

Δt мин	l км																										
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
10	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102													
11	22	27	33	38	44	49	54	60	65	71	76	82	87	93													
12	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100										
13	18	23	28	32	37	42	46	51	55	60	65	69	74	78	83	88	92	97	102								
14	17	21	26	30	34	39	43	47	51	56	60	64	69	73	77	81	86	90	94	99	103						
15	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	78	80	84	88	92	96	100					
16	15	19	22	26	30	34	38	41	45	49	52	56	60	64	68	71	75	79	82	86	90	94	98	101			
17	14	18	21	25	28	32	35	39	42	46	49	53	56	60	64	67	71	74	78	81	85	88	92	95	99	102	
18	13	17	20	23	27	30	33	37	40	43	47	50	53	57	60	63	67	70	73	77	80	83	87	90	93	97	100
19	13	16	19	22	25	28	32	35	38	41	44	47	50	54	57	60	63	66	70	73	76	79	82	85	88	92	95
20	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	84	87	90
21	11	14	17	20	23	26	29	31	34	37	40	43	46	49	51	54	57	60	63	66	69	71	74	77	80	83	86

Таблица 19

Определение прогнозируемого промежутка времени $\Delta t_{пр}$ (ч, мин) в зависимости от расстояния r до метеообъекта и скорости f перемещения радиоэха

f км/ч	r км																		
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
10	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00	3,30	4,00	4,30	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00
15	0,40	1,00	1,20	1,40	2,00	2,20	2,40	3,00	3,20	4,00	4,40	5,20	6,00	6,40	7,20	8,00	8,40	9,20	10,00
20	0,30	0,45	1,00	1,15	1,30	1,45	2,00	2,15	2,30	3,00	3,30	4,00	4,30	5,00	5,30	6,00	6,30	7,00	7,30
25	0,24	0,36	0,48	1,00	1,12	1,24	1,36	1,48	2,00	2,24	2,48	3,12	3,36	4,00	4,24	4,48	5,12	5,36	6,00
30	0,20	0,30	0,40	0,30	1,00	1,20	1,30	1,40	2,00	2,20	2,20	2,40	3,00	3,20	3,40	4,00	4,20	4,40	5,00
35	0,17	0,26	0,34	0,43	0,51	1,00	1,09	1,17	1,26	1,43	2,00	2,17	2,35	2,51	3,09	3,26	3,43	4,00	4,17
40	0,15	0,23	0,30	0,38	0,45	0,53	1,00	1,08	1,15	1,30	1,45	2,00	2,15	2,30	2,45	3,00	3,15	3,30	3,45
45	0,13	0,20	0,27	0,33	0,40	0,47	0,53	1,00	1,07	1,20	1,33	1,47	2,00	2,13	2,27	2,40	2,53	3,07	3,20
50	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48	0,54	1,00	1,12	1,24	1,36	1,48	2,00	2,12	2,24	2,36	2,48	3,00
55	0,11	0,16	0,22	0,27	0,33	0,38	0,44	0,49	0,54	1,05	1,16	1,27	1,38	1,49	2,00	2,11	2,22	2,33	2,44
60	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	2,00	2,10	2,20	2,30
65	0,09	0,14	0,18	0,23	0,28	0,32	0,37	0,42	0,46	0,55	1,05	1,14	1,23	1,32	1,42	1,50	2,00	2,09	2,18
70	0,09	0,13	0,17	0,21	0,26	0,30	0,34	0,39	0,43	0,51	1,00	1,09	1,17	1,26	1,34	1,43	1,51	2,00	2,09
75	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,48	0,56	1,04	1,12	1,20	1,28	1,36	1,44	1,52	2,00
80	0,08	0,11	0,15	0,19	0,22	0,26	0,30	0,34	0,38	0,45	0,52	1,00	1,08	1,15	1,22	1,30	1,38	1,45	1,52

Таблица 20

Зависимость величин $П_м = 10 \lg \frac{П_м}{П_м = 1}$ дБ от $P_и$ и $P_{пр.\,мин}$ при $K = 0{,}16$ (—8 дБ) и длительности зондирующего импульса $\tau = 1$ мкс

$P_{пр.\,мин}$ дБ/Вт	$P_ш$ дБ	Измеренная мощность $P_и$, кВт				
		100	150	200	250	300
—124	17	40	42	43	44	45
—125	16	41	43	44	45	46
—126	15	42	44	45	46	47
—127	14	43	45	46	47	48
—128	13	44	46	47	48	49
—129	12	45	47	48	49	50
—130	11	46	48	49	50	51
—131	10	47	49	50	51	52
—132	9	48	50	51	52	53
—133	8	49	51	52	53	54
—134	7	50	52	53	54	55
—135	6	51	53	54	55	56

Примечание. Здесь и в табл. 21 значения $П_м$, расположенные выше горизонтальной черты, ниже нормы.

Таблица 21

Зависимость величин $П_м = 10 \lg \frac{П_м}{П_м = 1}$ дБ от $P_и$ и $P_{пр.\,мин}$ при $K = 0{,}16$ (—8 дБ) и длительности зондирующего импульса $\tau = 2$ мкс

$P_{пр.\,мин}$	$P_ш$ дБ	Измеренная мощность $P_и$, кВт				
		100	150	200	250	300
—124	17	43	45	46	47	48
—125	16	44	46	47	48	49
—126	15	45	47	48	49	50
—127	14	46	48	49	50	51
—128	13	47	49	50	51	52
—129	12	48	50	51	52	53
—130	11	49	51	52	53	54
—131	10	50	52	53	54	55
—132	9	51	53	54	55	56
—133	8	52	54	55	56	57
—134	7	53	55	56	57	58
—135	6	54	56	57	58	59

Таблица 22

Таблица для расчета постоянной радиолокатора $П_м$ дБ при $K = 0{,}16$ (—8 дБ)

Уровень P_0, дБ/Вт	Длительность зондирующего импульса, мкс	Измеренная мощность $P_и$, кВт				
		100	150	200	250	300
—130	1	46	48	49	50	51
—130	2	49	51	52	53	54

Таблица 23

Значения интенсивности отраженных сигналов ($P_{пр}/P_0$) для выделения конвективных ячеек ($\lg Z \geqslant 1{,}2$) и штормовых явлений ($\lg Z \geqslant 1{,}8$) в ближней и дальней зонах на МРЛ-1 и МРЛ-2

$П_м$	r км																		
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	45	75	105	135	165	195	225	255	285
Для конвективных ячеек — $\lg Z \geqslant 1{,}2$																			
47	48	42	42	36	36	36	30	30	30	30	30	24	24	18	18	18	12	12	12
48	48	42	42	36	36	36	36	30	30	30	30	24	24	18	18	18	18	12	12
49	54	48	42	42	36	36	36	36	30	30	30	24	24	18	18	18	18	18	12
50	54	48	42	42	36	36	36	36	36	30	30	30	24	24	18	18	18	18	18
51	54	48	42	42	42	36	36	36	36	36	30	30	24	24	24	18	18	18	18
52	54	48	42	42	42	36	36	36	36	36	36	30	24	24	24	18	18	18	18
53	54	48	48	42	42	42	36	36	36	36	36	30	30	24	24	24	18	18	18
Для штормовых явлений — $\lg Z \geqslant 1{,}8$																			
47	54	48	48	42	42	42	36	36	36	36	36	30	30	24	24	24	18	18	18
48	54	48	48	42	42	42	42	36	36	36	36	30	30	24	24	24	24	18	18
49	60	54	48	48	42	42	42	42	36	36	36	30	30	24	24	24	24	24	18
50	60	54	48	48	42	42	42	42	42	36	36	36	30	30	24	24	24	24	24
51	60	54	48	48	48	42	42	42	42	42	36	36	30	30	30	24	24	24	24
52	60	54	48	48	48	42	42	42	42	42	42	36	30	30	30	24	24	24	24
53	60	54	54	48	48	48	42	42	42	42	42	36	36	30	30	30	24	24	24

Таблица 24

Статистические характеристики (средняя высота $\bar{H}$, среднее квадратическое отклонение σ_H, коэффициент вариации K_v) радиоэха слоистообразных (N) и кучевообразных (Q) облаков, возникающих на фоне Ns, в летний и зимний периоды по разным районам России в зависимости от интенсивности выпадающих из них осадков

Физико-географический район	Градации интенсивности осадков	Статистические характеристики облачности							
		кучевообразной				слоистообразной			
		$\bar{H}_Q$ км	σ_H км	K_v	Число измерений	$\bar{H}_N$ км	σ_H км	K_v	Число измерений
Лето									
Центральная часть	Слабые	5,9	1,9	0,3	253	5,0	2,22	0,45	169
	Умеренные	6,5	1,7	0,3	31	6,1	1,38	0,23	11
	Сильные	7,5	2,5	0,3	63				
	Весь диапазон	6,3	2,1	0,3	347	5,1	2,21	0,44	180
Юг	Слабые	6,0	1,9	0,3	262	6,2	1,82	0,3	118
	Умеренные	6,8	1,8	0,3	85	6,4	1,60	0,25	12
	Сильные	7,8	1,8	0,2	103				
	Весь диапазон	6,6	2,0	0,3	450	6,2	1,80	0,29	130
Сибирь	Слабые	6,4	2,3	0,4	336	6,6	2,28	0,34	165
	Умеренные	7,0	2,2	0,5	64	6,3	1,58	0,25	7
	Сильные	7,8	2,0	0,3	155				
	Весь диапазон	6,8	2,3	0,3	555	6,6	2,25	0,34	172
Зима									
Центральная часть	Слабые	2,5	0,8	0,3	6	4,1	1,94	0,48	575
	Умеренные	4,0	2,1	0,5	22	4,5	1,92	0,42	124
	Сильные	3,8	2,0	0,6	33	3,7	1,37	0,37	18
	Весь диапазон	3,7	2,0	0,5	61	4,1	1,94	0,47	717
Юг	Слабые	2,1	0,9	0,4	32	4,2	1,57	0,38	830
	Умеренные	3,4	1,6	0,5	107	5,1	1,85	0,36	243
	Сильные	4,8	1,8	0,4	342	5,9	2,01	0,34	43
	Весь диапазон	4,3	1,9	0,4	481	4,4	1,72	0,39	1116
Сибирь	Слабые					4,1	1,71	0,42	565
	Умеренные	2,7	1,2	0,5	15	4,7	1,56	0,33	35
	Сильные	3,2	1,1	0,4	36				
	Весь диапазон	3,0	1,2	0,4	51	4,2	1,71	0,41	600

Таблица 25

Высоты верхней границы радиоэха для сочетаний облачности разных форм над территорией России для летнего (Л) и зимнего (З) сезонов

Район	Сезон	C — A — Ns, C — A — S, C — Ns				C — A				A — Ns, A — S			
		$\overline{H}$ км	σ_H км	K_v	ΣN	$\overline{H}$ км	σ_H км	K_v	ΣN	$\overline{H}$ км	σ_H км	K_v	ΣN
Заполярье	Л	6,86	0,92	0,13	36	6,83	1,07	0,16	71	3,82	1,30	0,34	234
	З	6,81	0,95	0,14	72	7,62	1,43	0,19	39	3,94	1,10	0,28	567
Север	Л	7,97	1,25	0,16	157	7,80	1,27	0,16	218	4,65	1,26	0,27	275
	З	6,47	1,00	0,15	32	6,98	0,44	0,06	57	3,88	0,97	0,25	724
Северо-запад	Л	8,35	1,23	0,15	37	8,25	1,19	0,14	215	4,80	1,28	0,27	107
	З	7,83	1,01	0,13	23	7,00	0,79	0,11	42	3,94	1,03	0,26	635
Запад	Л	7,81	0,80	0,10	134	7,74	0,78	0,10	169	5,26	0,99	0,19	146
	З	7,55	0,73	0,10	69	7,53	0,90	0,12	83	4,52	1,06	0,23	619
Центр	Л	7,66	1,00	0,13	184	8,20	1,23	0,15	258	4,53	1,10	0,24	288
	З	6,82	1,03	0,15	207	6,83	1,03	0,15	155	4,03	1,04	0,26	1150
Юг	Л	7,74	0,83	0,11	85	7,83	1,35	0,17	251	5,19	1,05	0,20	106
	З	7,35	0,99	0,14	179	7,39	0,66	0,09	198	4,11	1,09	0,27	1281
Северный Кавказ	Л	7,70	1,16	0,15	30	8,00	0,99	0,12	68	4,74	0,94	0,20	70
	З	7,12	0,47	0,07	17	7,34	0,47	0,06	62	4,35	1,08	0,25	499
Урал	Л	7,76	1,32	0,17	46	8,10	1,41	0,17	90	4,84	1,12	0,23	70
	З	7,56	1,58	0,21	264	7,38	1,24	0,17	226	4,22	1,19	0,28	446
Сибирь	Л	8,34	1,05	0,13	166	8,47	1,24	0,15	560	4,68	1,24	0,27	241
	З	7,40	0,70	0,09	112	7,30	0,83	0,11	122	4,33	1,04	0,24	986
Забайкалье	Л	7,93	0,97	0,12	84	8,48	1,35	0,16	192	4,81	1,19	0,25	188
	З	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Дальний Восток	Л	8,17	1,03	0,13	137	8,32	1,23	0,15	255	4,69	1,18	0,25	121
	З	7,13	0,34	0,05	15	7,24	0,55	0,08	17	4,10	1,13	0,28	193
Сахалин	Л	8,85	1,46	0,17	115	8,42	1,45	0,17	140	4,57	1,07	0,23	120
	З	7,50	1,43	0,19	20	7,73	0,57	0,07	15	3,95	0,96	0,24	435
Камчатка	Л	7,92	0,96	0,12	101	7,65	1,03	0,13	158	4,45	1,08	0,24	195
	З	7,86	1,14	0,15	93	8,00	1,18	0,15	10	4,31	1,11	0,26	678

Таблица 26

Сводная таблица статистических параметров распределений характеристик высот радиоэха для дождей и снегопадов, полученных в радиусе 20 км от МРЛ, для основных физико-географических районов России

Район	Обложной дождь				Снегопад			
	$\overline{H}$ км	σ_H км	K_v	ΣN	$\overline{H}$ км	σ_H км	K_v	ΣN
Заполярье	3,5	2,14	0,61	240	3,0	1,54	0,51	416
Север	6,2	2,34	0,38	346	3,2	1,61	0,50	857
Центральная часть	5,8	2,09	0,36	356	4,0	1,80	0,45	1678
Юг	6,1	1,77	0,29	408	4,3	1,71	0,40	2030
Западная Сибирь	6,6	2,56	0,34	236	4,4	1,92	0,44	874
Восточная Сибирь	5,9	2,21	0,38	966	4,4	1,78	0,40	836
Россия	5,8	2,27	0,39	2552	4,1	1,80	0,44	6691

Табалица 27

Повторяемость (%) эквивалентной радиолокационной отражаемости $Z_э$ слоистообразных облаков

$z_э$ дБZ	Слоистые St	Слоисто-кучевые Sc	Высоко-слоистые As	Перистые Ci, Cs	lg Z_a
—30... —20	20,2	26,8	12,0	2,6	—4,8... —3,8
—20... —10	60,6	32,2	28,0	32,6	—3,8... —2,8
—10... 0	19,2	29,6	38,0	52,8	—2,8... —1,8
0... 10		10,8	18,0	10,0	—1,8... —0,8
10... 20		0,6	2,5	3,0	—0,8... 0,2
20... 30			1,5	—	0,2... 1,2

Форма 2.2

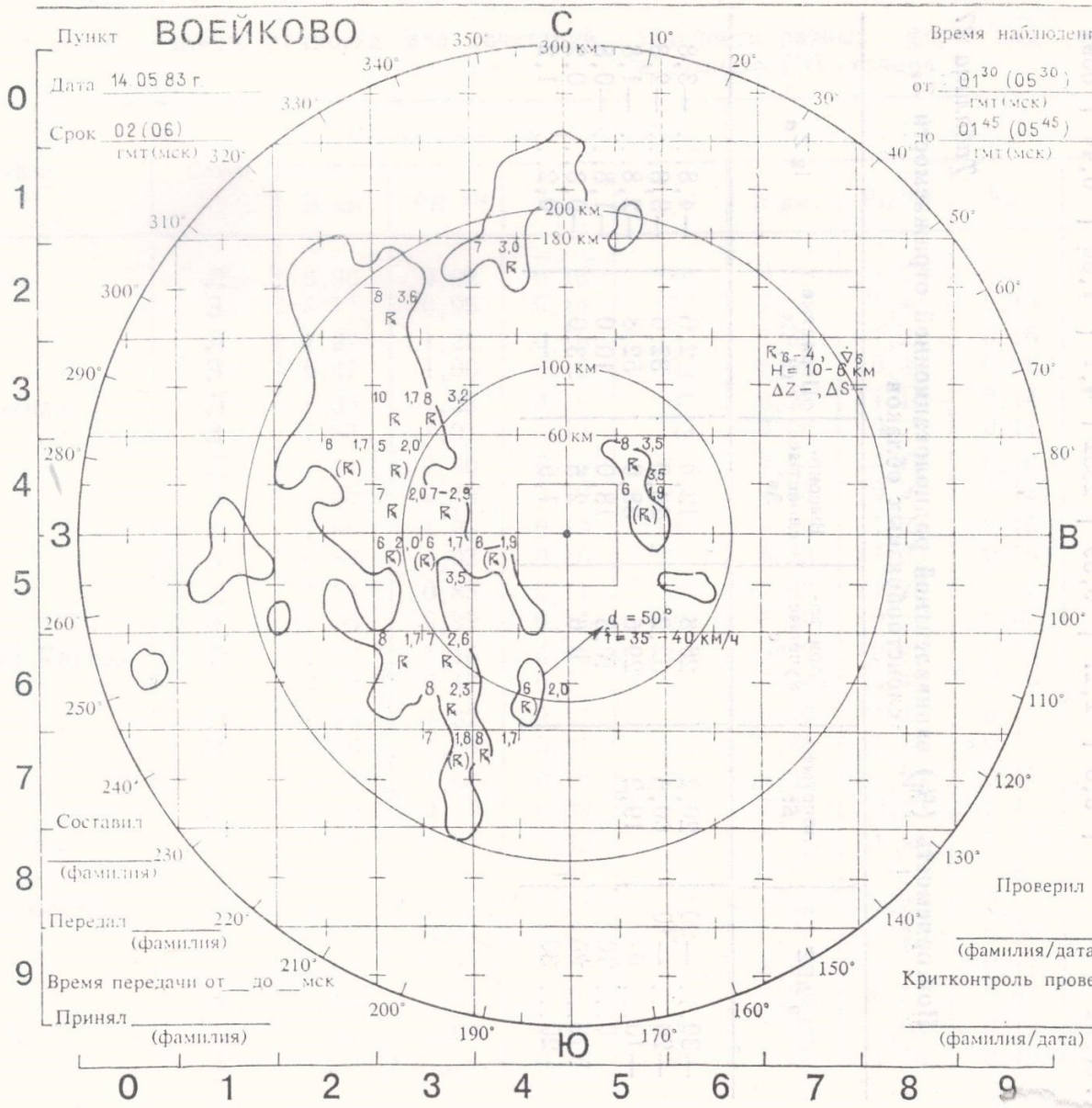
БЛАНК-КАРТА МРЛ-2

Пункт ВОЕЙКОВО

Дата 14.05.83 г.

Срок 02 (06) гмт (мск)

Время наблюдений: от 01^{30} (05^{30}) гмт (мск) до 01^{45} (05^{45}) гмт (мск)



Составил _____ (фамилия)

Передал _____ (фамилия)

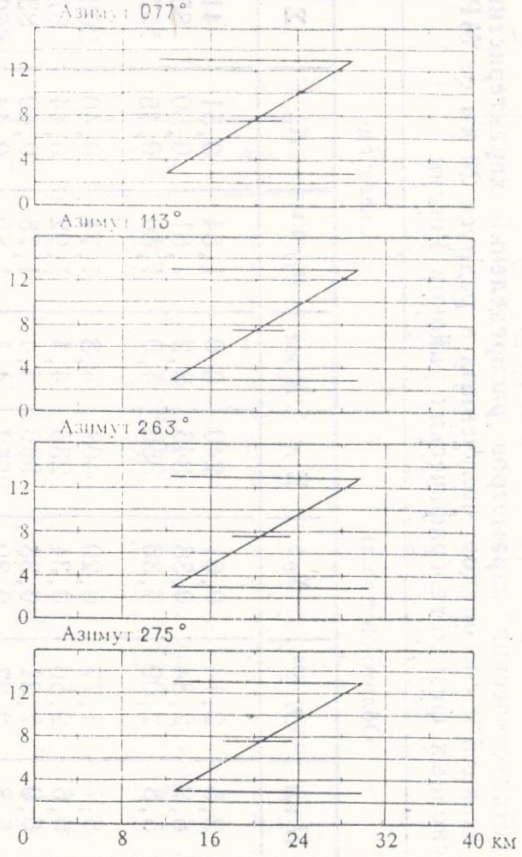
Время передачи от __ до __ мск

Принял _____ (фамилия)

Проверил _____ (фамилия/дата)

Критконтроль провел _____ (фамилия/дата)

Вертикальные разрезы до 40 км



Особые отметки

Грозоопасные очаги:

- *азимут 037 - 85°, удаление 40 - 70 км;*
- *азимут 193 - 240°, удаление 90 - 150 км;*
- *азимут 250 - 320°, удаление 45 - 150 км;*
- *азимут 320°, удаление 170 км;*
- *азимут 350°, удаление 165 км.*

ОБРАЗЦЫ БЛАНКОВ С ЗАКОДИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ

Комментарии к черт. П.3.1.

Данные МРЛ-2 об опасных явлениях (ОЯ), полученные в режиме штормоповещения, за ежечасный срок 02 (06) ч от 14 мая 1983 г. в теплый период года.

1. На бланк-карте МРЛ формы 2.2 показан объем данных, получаемый в ежечасный срок при обнаружении ОЯ, а именно:

контуры РКО — горизонтальное распределение радиоэха;

распределение отражаемости $\lg Z$ на уровнях H_3 и H_1 при следующих граничных условиях: $\lg Z_3 \geqslant 1{,}2$ в радиусе 180 км; $\lg Z_1 \geqslant 2{,}8$ в радиусе 90 км;

распределение высот верхней границы радиоэха H в квадратах с измеренными значениями $\lg Z_3$ и $\lg Z_1$;

значения фактических направления d и скорости f перемещения РКО, полученные в срок наблюдений за промежуток времени $\Delta t = 15$ мин;

„заголовок" — краткая и обобщенная информация о наблюдаемом радиоэхе, последовательно включающая:

явления, начиная с наиболее опасного, с указанием качественной оценки их интенсивности в цифрах кода —86 или диапазона интенсивностей от максимального значения до минимального: $\lesssim_{6-4}$, $\triangledown_6$;

диапазон высот верхней границы радиоэха H — от максимального значения до минимального: $H = 10 \ldots 6$ км;

тенденция изменения — по сравнению с предыдущим ежечасным сроком наблюдений — радиолокационных характеристик РКО, выражаемая в изменении максимального значения $\lg Z$ в РКО на уровнях H_3 и H_1 (ΔZ—) и изменении площади радиоэха (ΔS—).

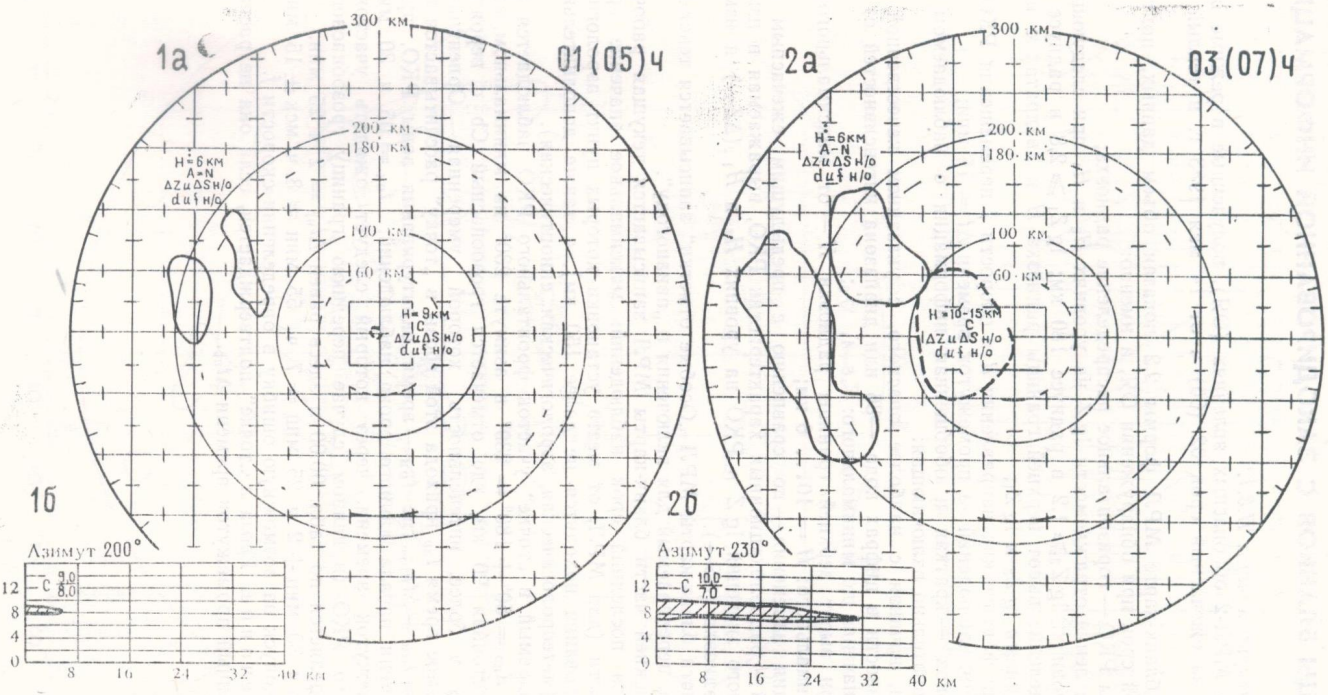
2. В части бланк-карты МРЛ „Особые отметки" записывается текст штормоповещения, передаваемый для включения в „авиапогоду".

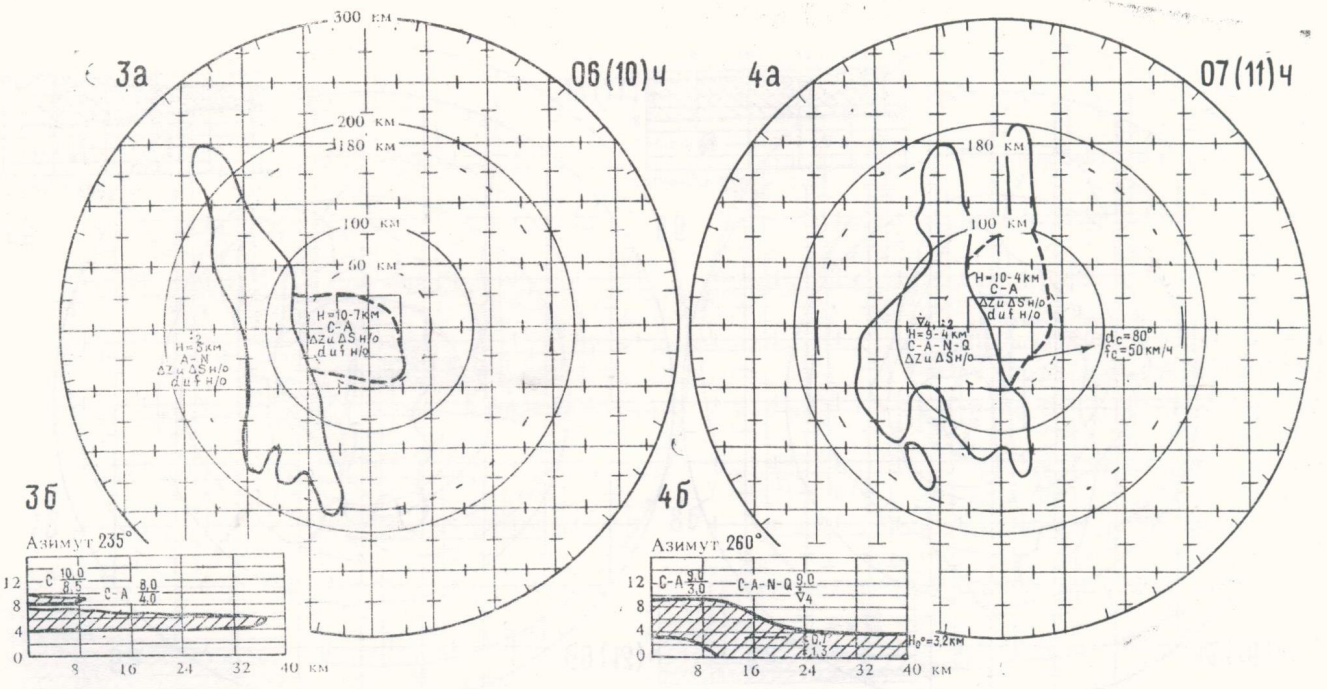
3. В нижней части бланк-карты МРЛ записывается текущая рабочая информация за последний срок наблюдений: максимальное значение критерия грозоопасности (для МРЛ, от места установки которых пункт аэрологического радиозондирования находится не далее 150 км), а также дополнительная информация (метеорологическая, аэрологическая, синоптическая).

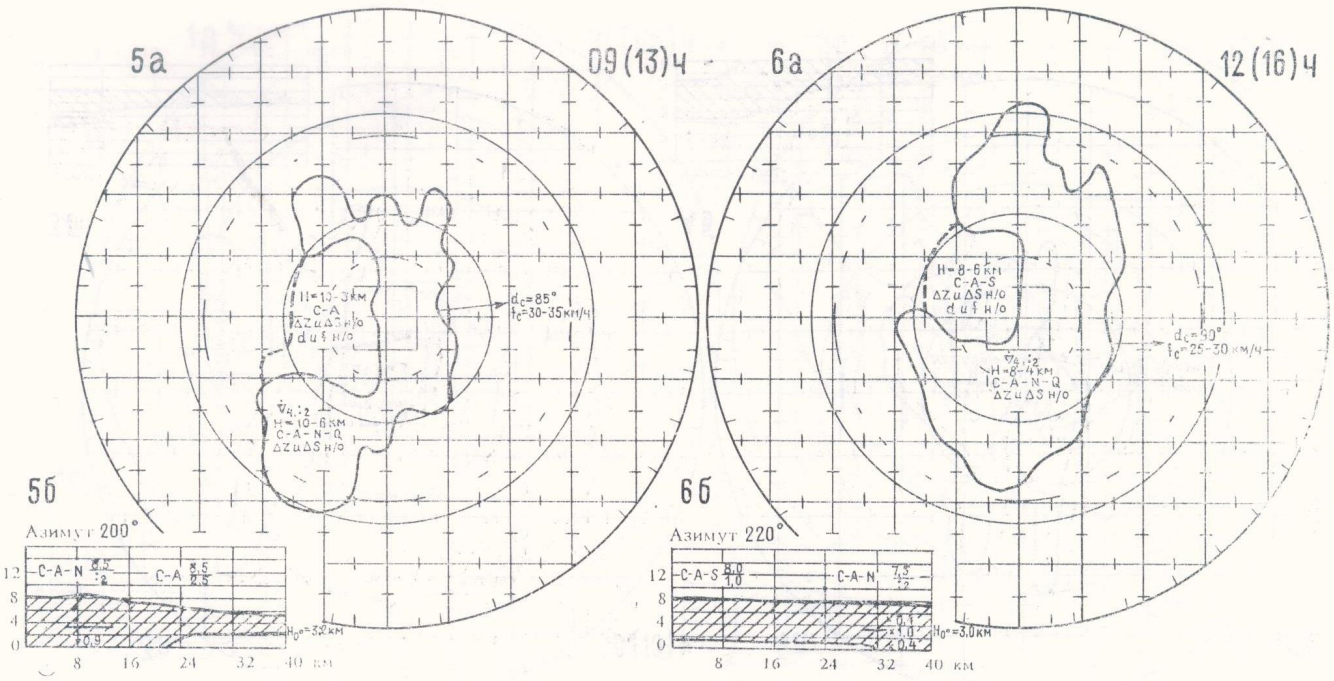
4. Ожидаемый в „точке" участок фронтального РКО наблюдается в соответствии с $d_{пр} = 50° + 180° = 230°$ в азимуте 230° на минимальном от МРЛ до ОЯ расстоянии 90 км, где отмечается грозоопасный Cb с вероятностью грозы 90 % и более, интенсивность которой умеренная. Ориентировочное прогнозируемое время $t_{пр}$ прихода этой грозы в „точку" рассчитывается по формуле: $t_{пр} = t_{ок} + \Delta t_{пр}$, где $t_{ок}$ — время оконтуривания зоны РКО, примерно равное времени начала данного срока наблюдений; $t_{ок} = 05$ ч 30 мин мск; $\Delta t_{пр}$ — промежуток времени, через который следует ожидать участок зоны фронтального РКО (в данном случае переднюю границу грозоопасного Cb); $\Delta t_{пр}$ — определяется по табл. 00.00 и здесь равен $\Delta t_{пр} = 2$ ч 25 мин.

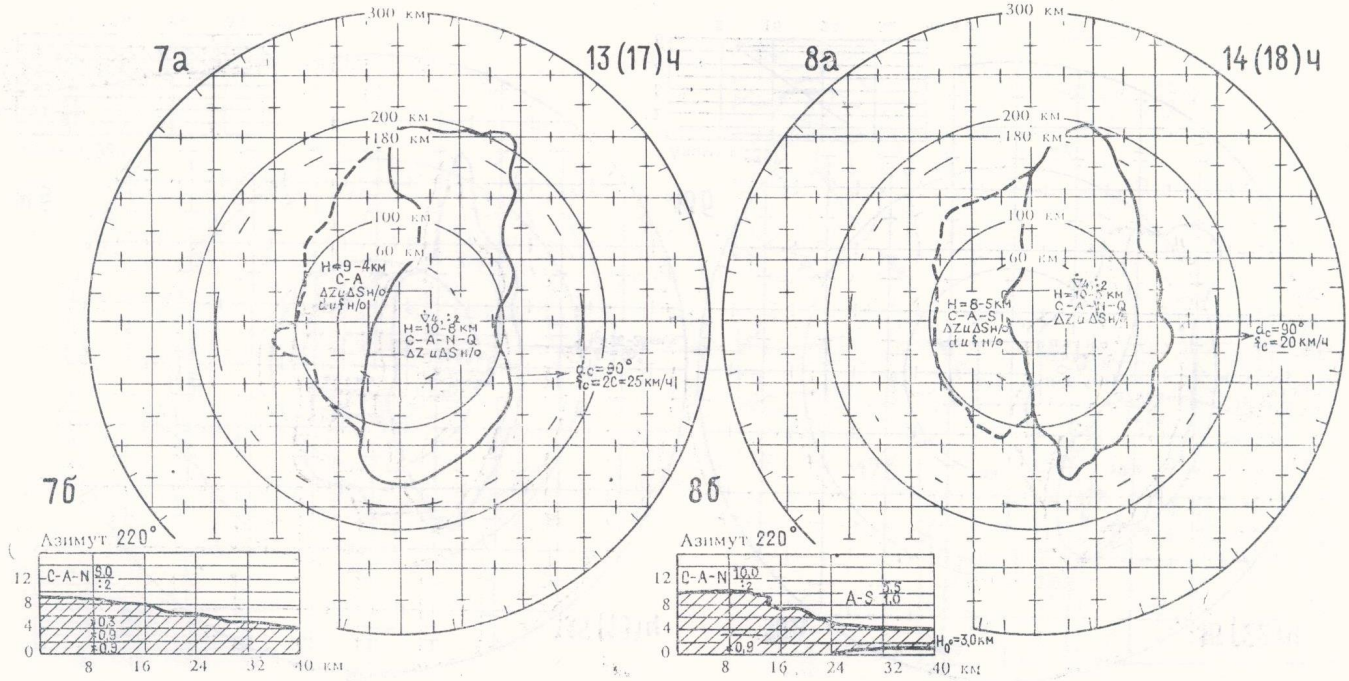
$t_{пр} = 5$ ч 30 мин $+ 2$ ч 25 мин $= 7$ ч 55 мин ≈ 8 ч мск ± 15 мин, где „± 5 мин" допуск на возможную ошибку в определении скорости f.

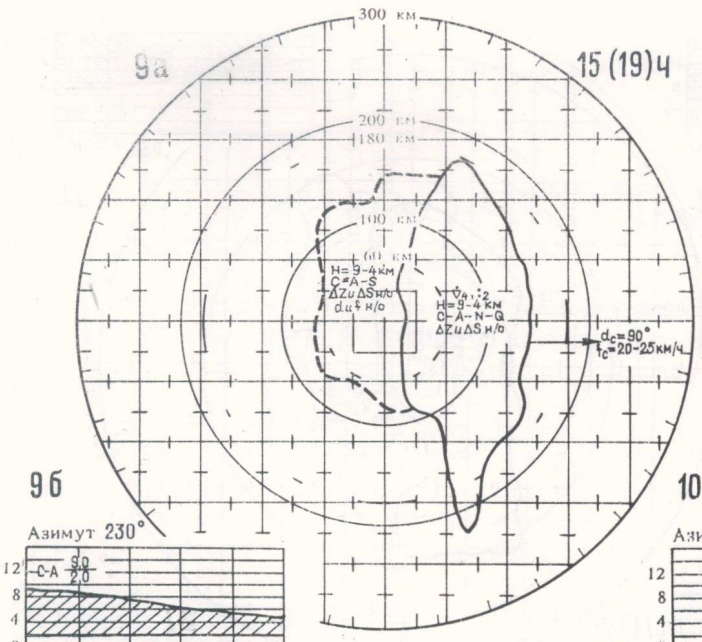
Примечание. Гроза в „точке" подтверждается, если она не распадается через указанный промежуток времени $\Delta t_{пр}$.

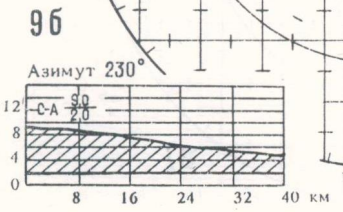

1а
01 (05) ч
300 км
200 км
180 км
100 км
60 км
H=6км
A-N
ΔZuΔSн/o
duf н/o
H=8км
IC
ΔZuΔSн/o
duf н/o
2а
03 (07) ч
H=6км
A-N
ΔZuΔSн/o
duf н/o
H=10-15км
C I
ΔZuΔSн/o
duf н/o
1б
Азимут 200°
C 9.0/8.0
2б
Азимут 230°
C 10.0/7.0
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

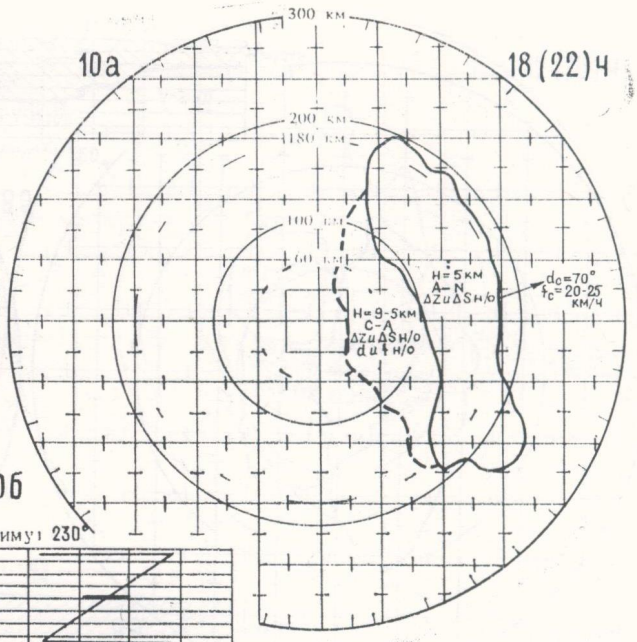

3а
06 (10) ч
300 км
200 км
180 км
100 км
60 км
H=10-7км
C-A
ΔZuΔSн/o
duf н/o
H=8км
A-N
ΔZuΔSн/o
duf н/o
4а
07 (11) ч
180 км
100 км
H=10-4км
C-A
ΔZuΔSн/o
duf н/o
H=9-4км
C-A-N-Q
ΔZuΔSн/o
dc=80°
fc=50км/ч
3б
Азимут 235°
C 10.0/8.5
C-A 8.0/4.0
4б
Азимут 260°
C-A 9.0/3.0
C-A-N-Q 9.0/V4
0.7/1.3
H0=3.2км
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

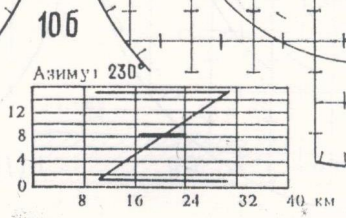

5а
09 (13) ч
H=10-5км
C-A
ΔZuΔSн/о
duf н/о
dc=85°
fc=30-35км/ч
V4 : 2
H=10-6км
C-A-N-Q
ΔZuΔSн/о
6а
12 (16) ч
H=8-6км
C-A-S
ΔZuΔSн/о
duf н/о
dc=90°
fc=25-30км/ч
V8 : 2
H=8-4км
C-A-N-Q
ΔZuΔSн/о
5б
Азимут 200°
C-A-N 8,0 : 2
C-A 8,5 : 2,5
10,9
H0=3,2км
6б
Азимут 220°
C-A-S 8,0 : 1,0
C-A-N 7,5 : 2
x1,0
x0,4
H0=3,0км
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

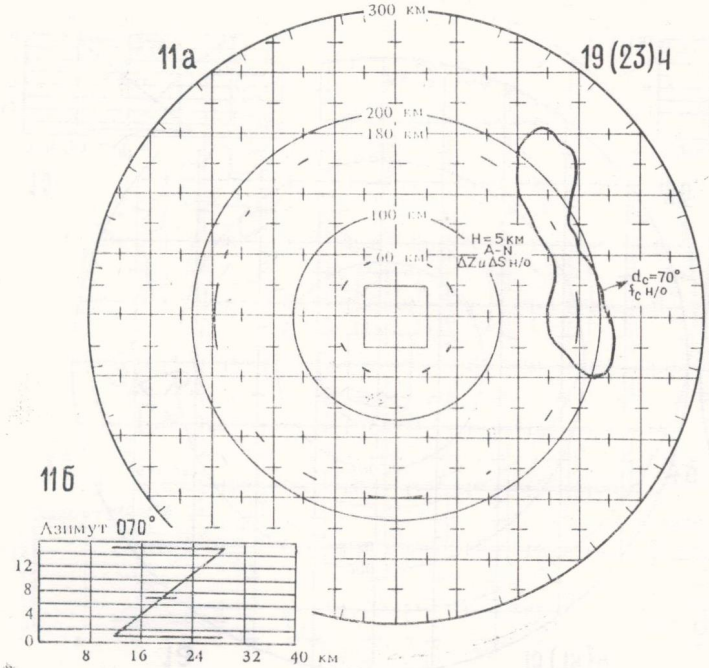

7а
13 (17) ч
300 км
200 км
180 км
100 км
60 км
H=9-4км
C-A
ΔZuΔSн/о
duf н/о
V8 : 2
H=10-5км
C-A-N-Q
ΔZuΔSн/о
dc=90°
fc=20-25км/ч
8а
14 (18) ч
H=8-5км
C-A-S
ΔZuΔSн/о
duf н/о
V4 : 2
C-A-N-Q
ΔZuΔSн/о
dc=90°
fc=20км/ч
7б
Азимут 220°
C-A-N 8,0 : 2
10,3
10,3
10,3
8б
Азимут 220°
C-A-N 10,0 : 2
A-S 7,5 : 1,0
10,9
H0=3,0км
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км


9а
15 (19)ч
300 км
200 км
180 км
100 км
60 км
H=3-4км
C-A-S
ΔZuΔSн/o
d u f н/o
H=9-4км
C-A-N-Q
ΔZuΔSн/o
dc=90°
fc=20-25км/ч

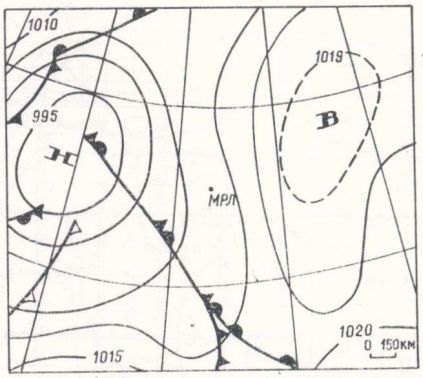

9б
Азимут 230°
12
8
4
0
C-A
8
16
24
32
40 км

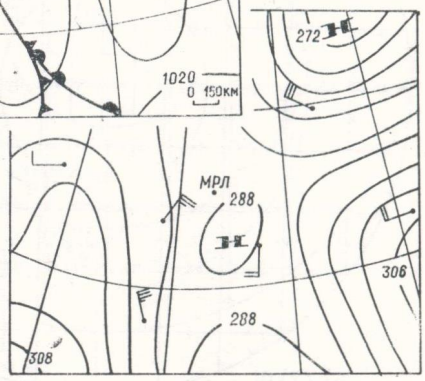

10а
18 (22)ч
300 км
200 км
180 км
100 км
60 км
H=5км
A-N
ΔZuΔSн/o
dc=70°
fc=20-25
км/ч
H=9-5км
C-A
ΔZuΔSн/o
d u f н/o

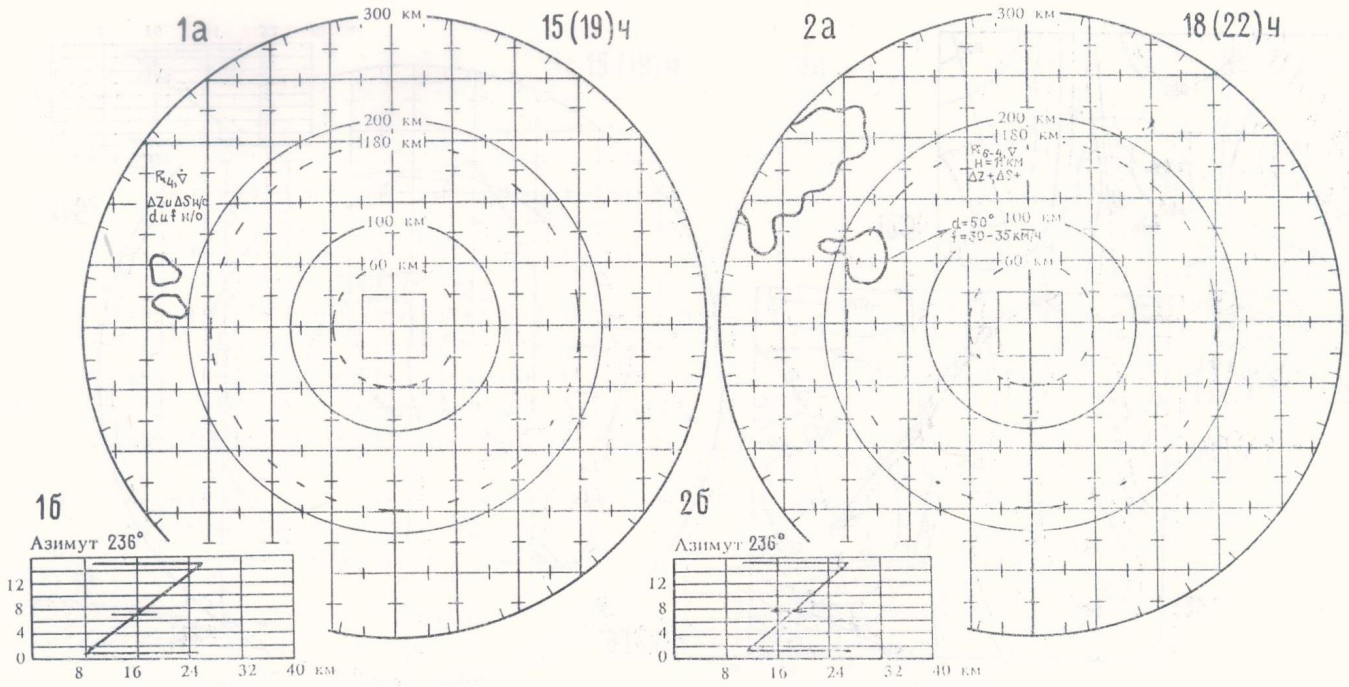

10б
Азимут 230°
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

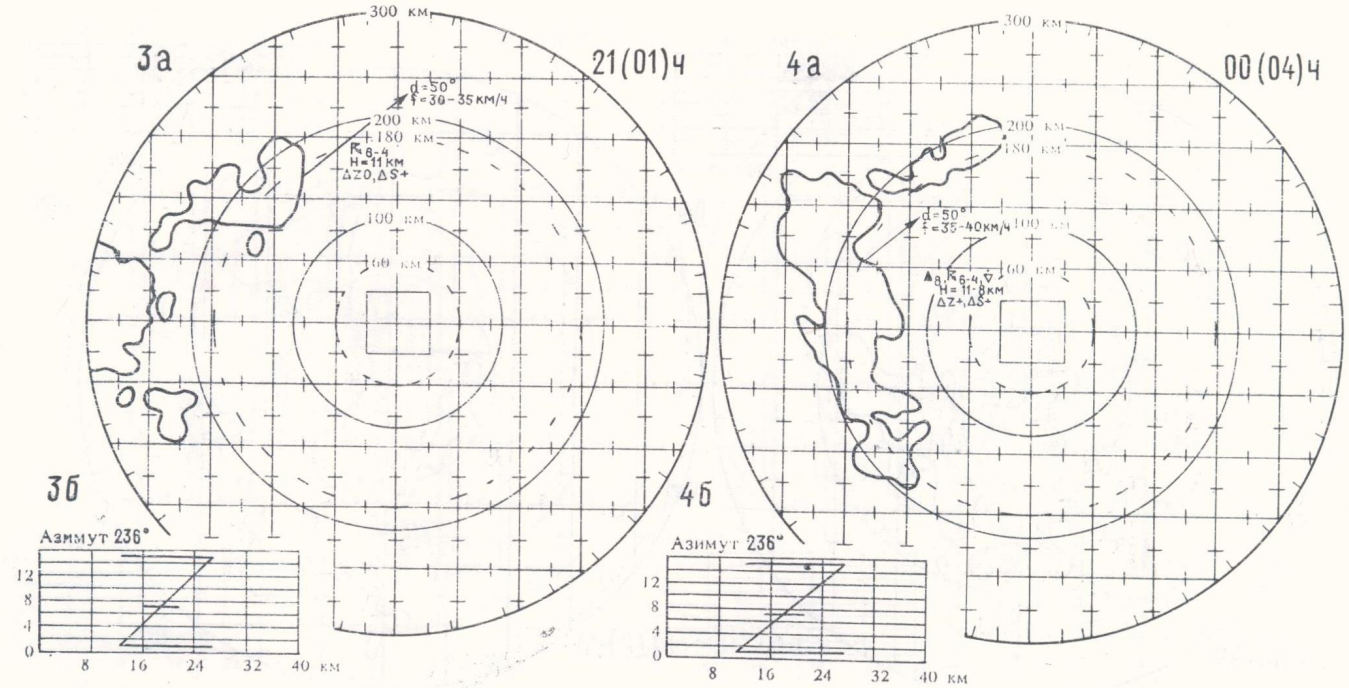

11а
19 (23)ч
300 км
200 км
180 км
100 км
60 км
H=5км
A-N
ΔZuΔSн/o
dc=70°
fc н/o

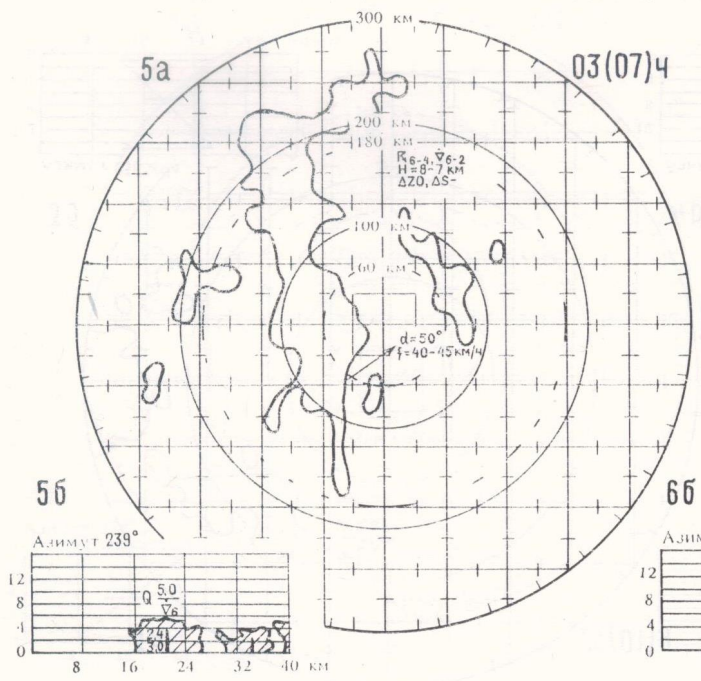
11б
Азимут 070°
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км


12а
1010
1019
995
В
Н
МРЛ
1020
1015
0 150км

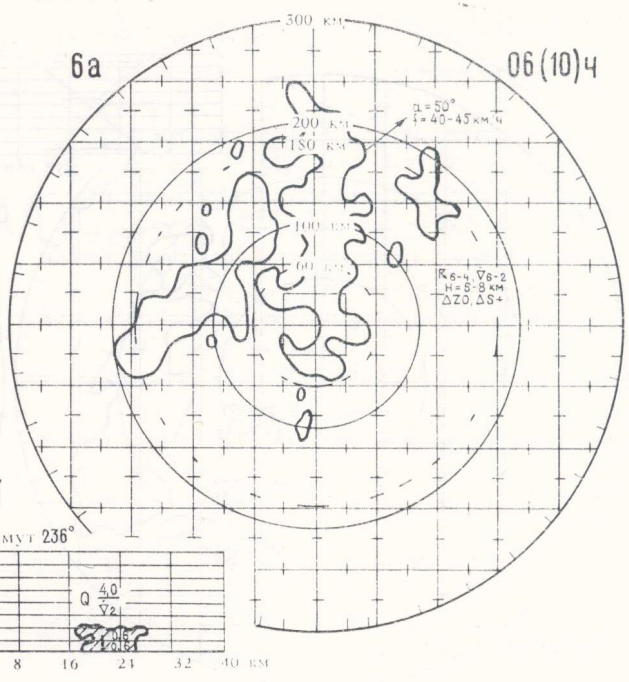

00 (04)ч
272
Н
12б
МРЛ
288
Н
306
288
308

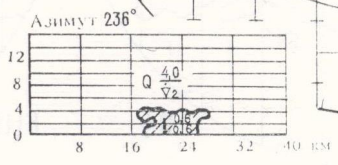

1а
15(19)ч
300 км
200 км
180 км
100 км
60 км
1б
Азимут 236°
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км
2а
18(22)ч
300 км
200 км
180 км
100 км
60 км
d=50°
f=30-35 км/ч
2б
Азимут 236°
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

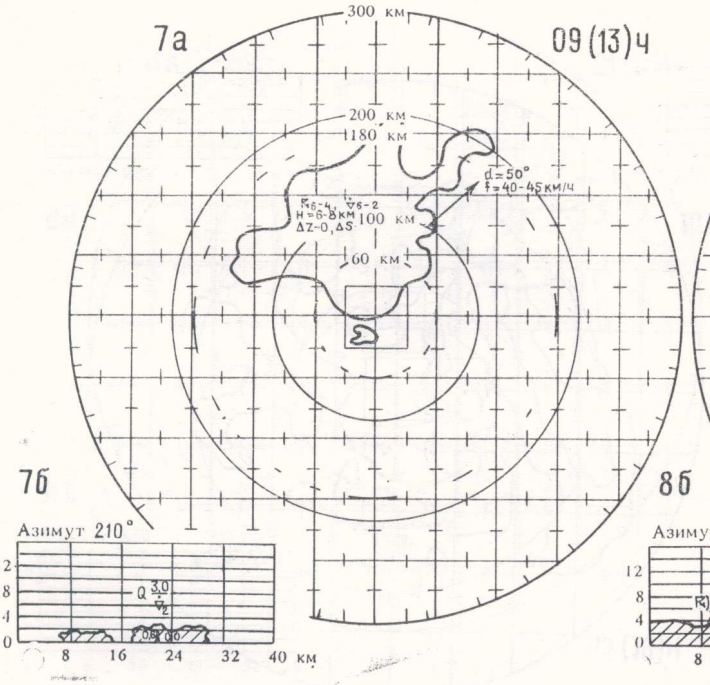

3а
21(01)ч
300 км
200 км
180 км
100 км
60 км
d=50°
f=30-35 км/ч
H=11 км
ΔZ0, ΔS+
3б
Азимут 236°
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км
4а
00(04)ч
300 км
200 км
180 км
100 км
60 км
d=50°
f=35-40 км/ч
H=11-8 км
ΔZ+, ΔS+
4б
Азимут 236°
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км


5а
03(07)ч
300 км
200 км
180 км
100 км
60 км
d=50°
f=40-45км/ч
R6-4, ∇6-2
H=8-7 км
ΔZ0, ΔS-

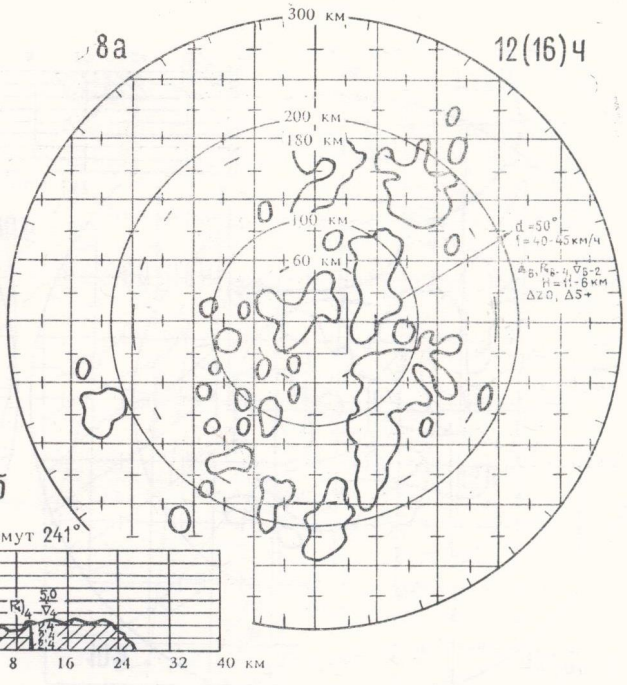
5б
Азимут 239°
Q 5,0/∇6
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

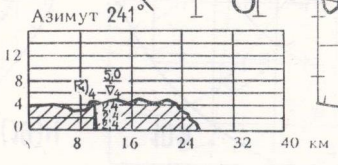

6а
06(10)ч
300 км
200 км
180 км
100 км
60 км
d=50°
f=40-45км/ч
R6-4, ∇6-2
H=8-8 км
ΔZ0, ΔS+

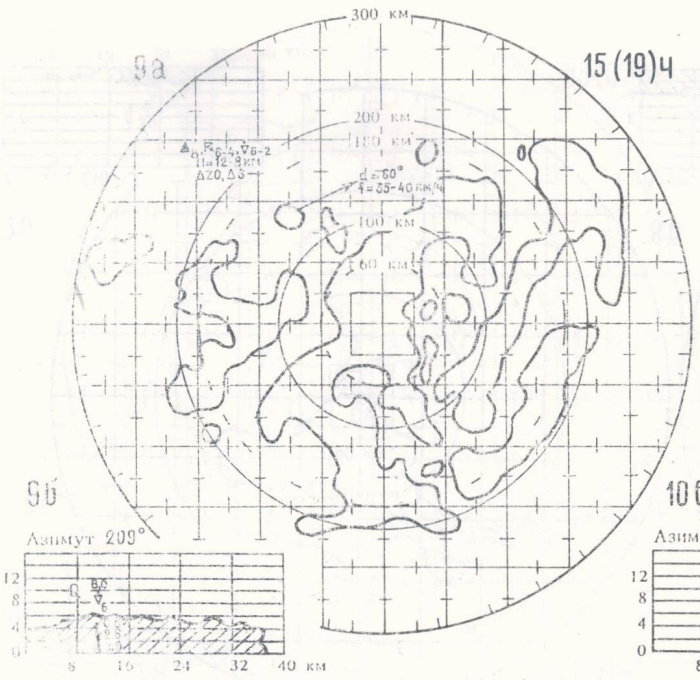

6б
Азимут 236°
Q 4,0/∇2
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

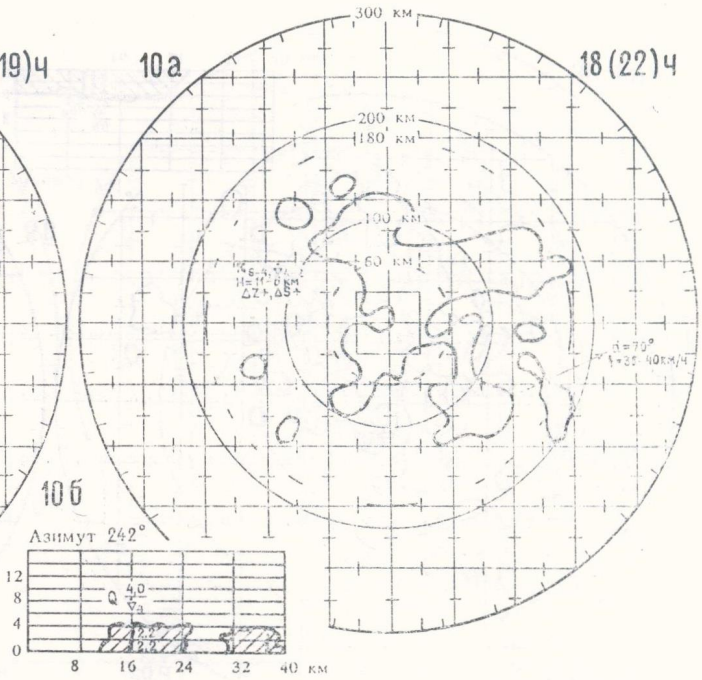

7а
09(13)ч
300 км
200 км
180 км
100 км
60 км
d=50°
f=40-45км/ч
R6-4, ∇6-2
H=6-8км
ΔZ-0, ΔS-

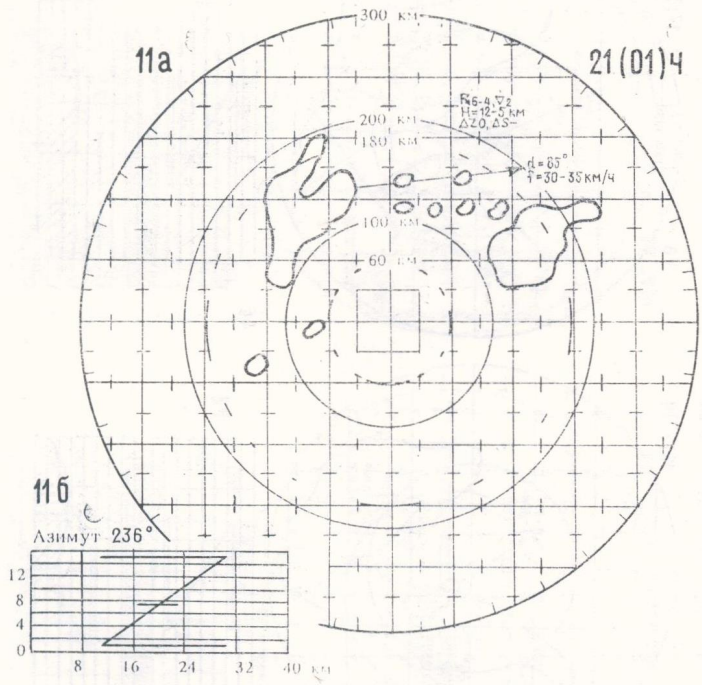
7б
Азимут 210°
Q 3,0/∇2
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

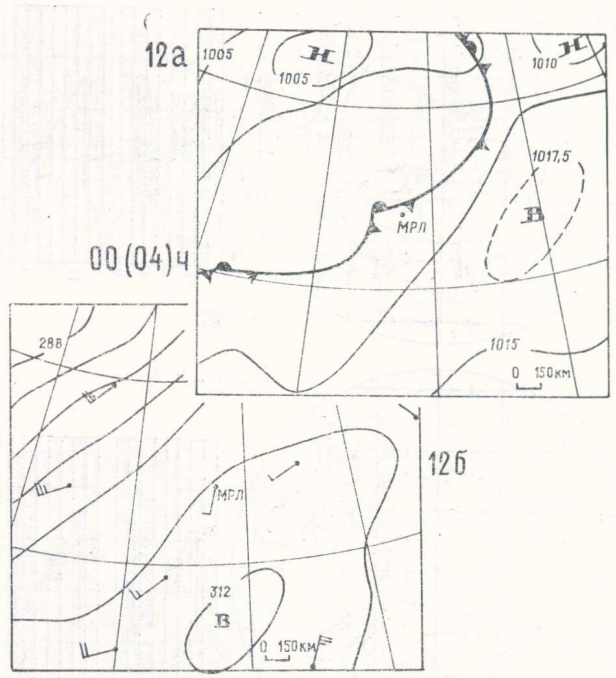

8а
12(16)ч
300 км
200 км
180 км
100 км
60 км
d=50°
f=40-45км/ч
ΔZ0, ΔS+

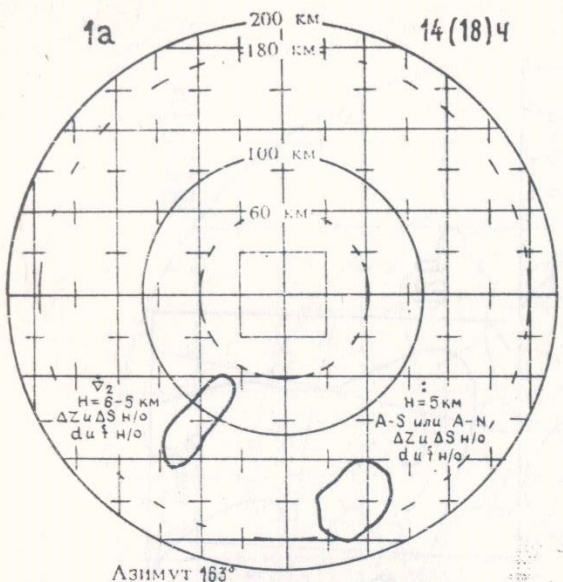

8б
Азимут 241°
Q 5,0/∇4
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

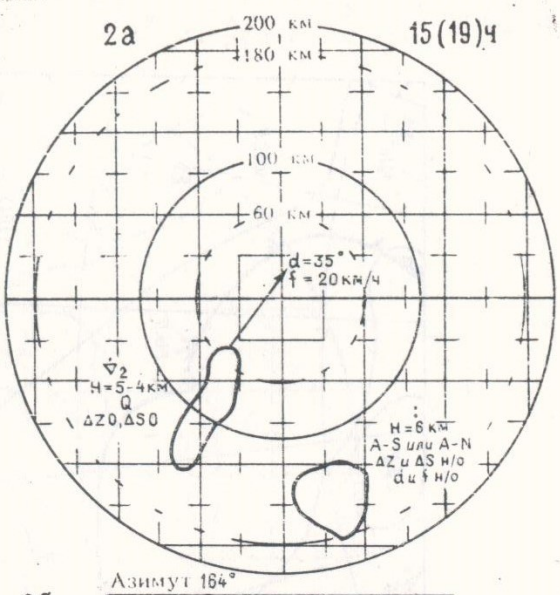

9а
15 (19)ч
300 км
200 км
180 км
100 км
60 км
d=60°
f=35-40 км/ч
9б
Азимут 209°
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

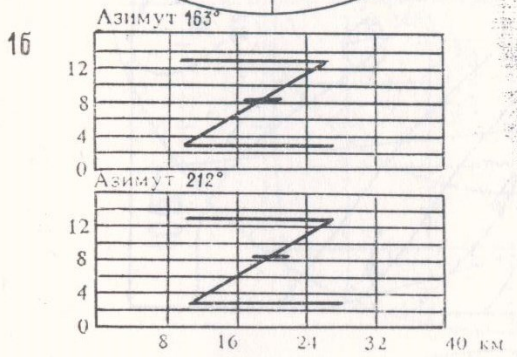

10а
18 (22)ч
300 км
200 км
180 км
100 км
60 км
d=70°
f=25-40км/ч
10б
Азимут 242°
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

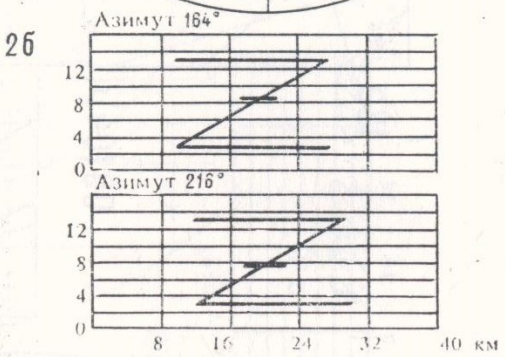

11а
21 (01)ч
300 км
200 км
180 км
100 км
60 км
d=65°
f=30-35км/ч
11б
Азимут 236°
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

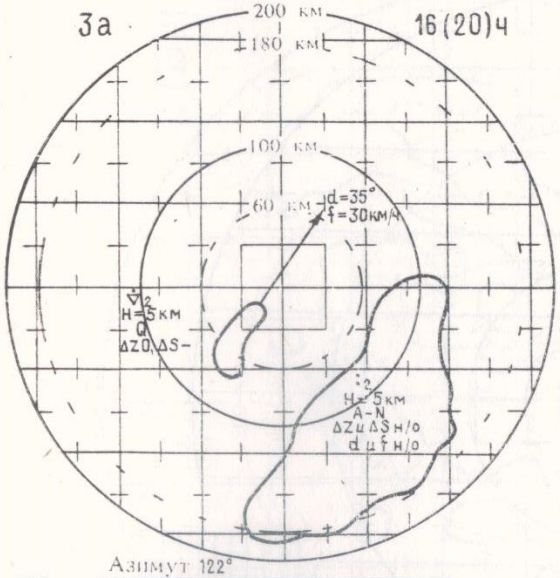

12а
1005
1005
1010
1017,5
МРЛ
00 (04)ч
288
1015
0 150км
МРЛ
312
0 150км
12б

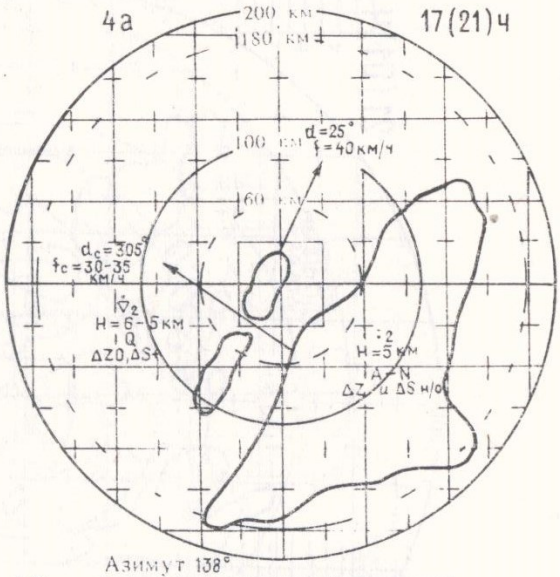

1а
14(18)ч
200 км
180 км
100 км
60 км
H=6-5 км
ΔZ и ΔS н/о
d и f н/о
H=5км
A-S или A-N,
ΔZ и ΔS н/о
d и f н/о

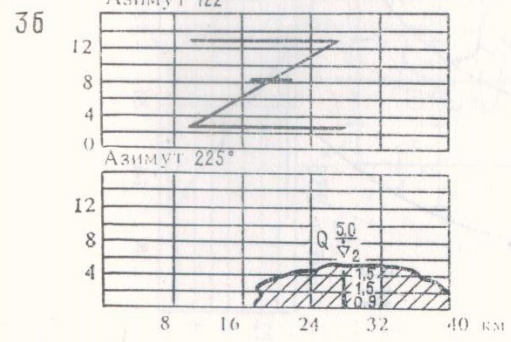

2а
15(19)ч
200 км
180 км
100 км
60 км
d=35°
f=20км/ч
H=5-4км
Q
ΔZ0, ΔS0
H=6км
A-S или A-N
ΔZ и ΔS н/о
d и f н/о

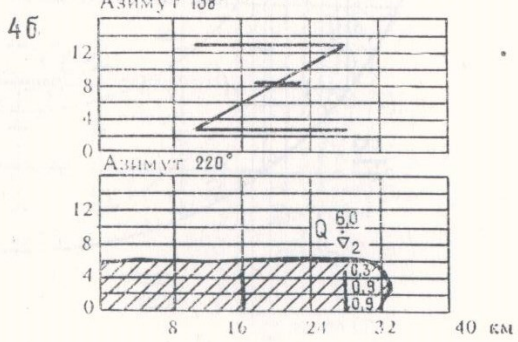

1б
Азимут 163°
Азимут 212°
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

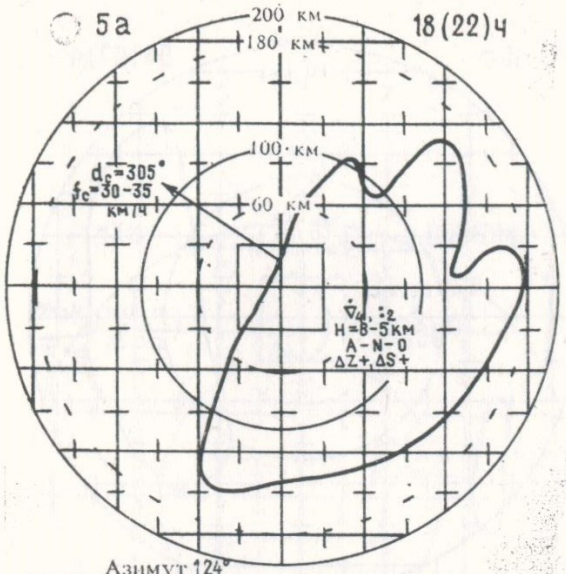

2б
Азимут 164°
Азимут 216°
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

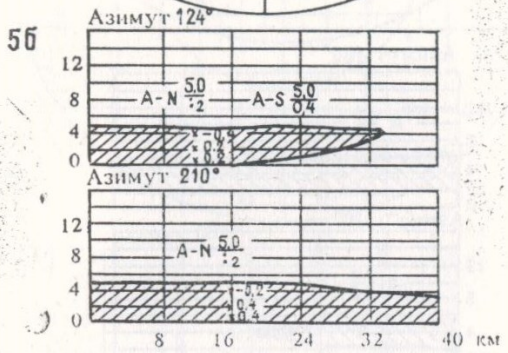

3а
16(20)ч
200 км
180 км
100 км
60 км
d=35°
f=30км/ч
H=5км
Q
ΔZ0, ΔS-
H=5км
A-N
ΔZ и ΔS н/о
d и f н/о

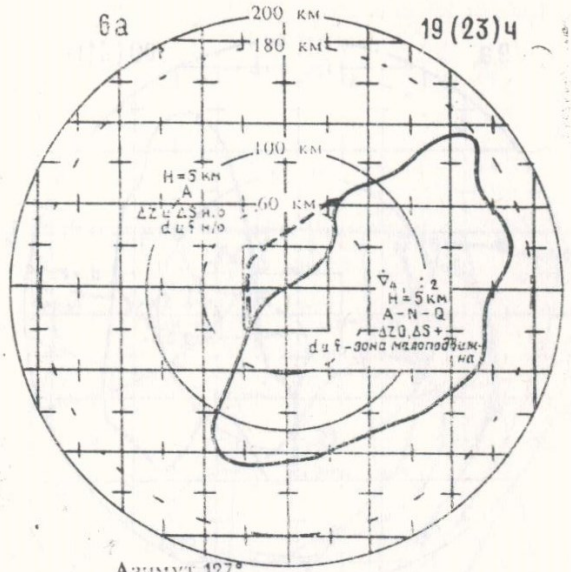

4а
17(21)ч
200 км
180 км
100 км
60 км
d=25°
f=40км/ч
dc=305°
fc=30-35
км/ч
H=6-5км
Q
ΔZ0, ΔS+
H=5км
A-N
ΔZ и ΔS н/о

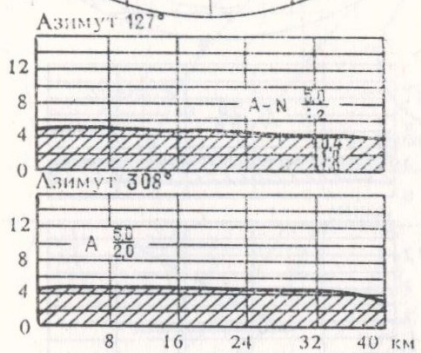

3б
Азимут 122°
Азимут 225°
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

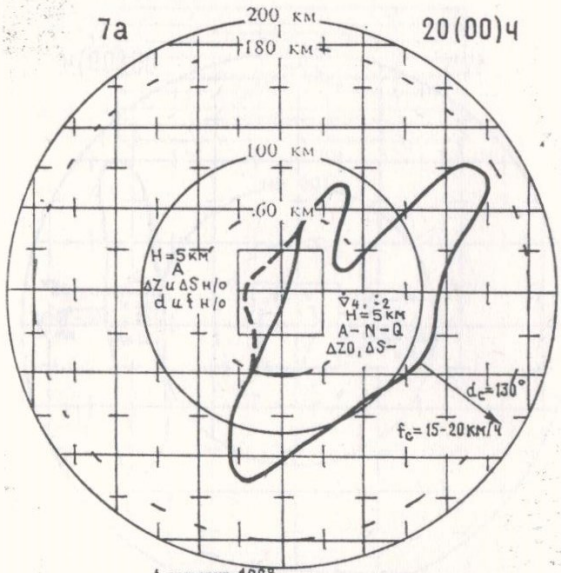

4б
Азимут 138°
Азимут 220°
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

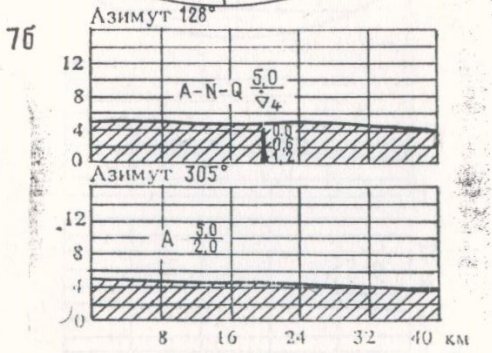

5а
18(22)ч
200 км
180 км
100 км
60 км
d_c=305°
f_c=30-35 км/ч
∇_4 :2
H=8-5км
A-N-O
ΔZ+, ΔS+

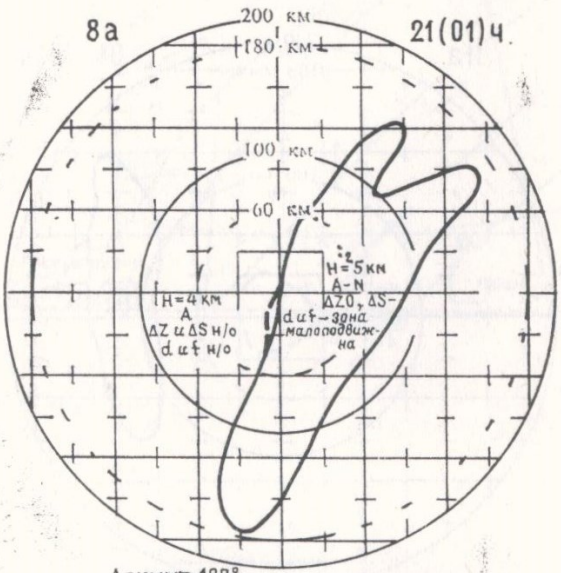

5б
Азимут 124°
A-N 5.0/:2
A-S 5.0/0.4
Азимут 210°
A-N 5.0/:2
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

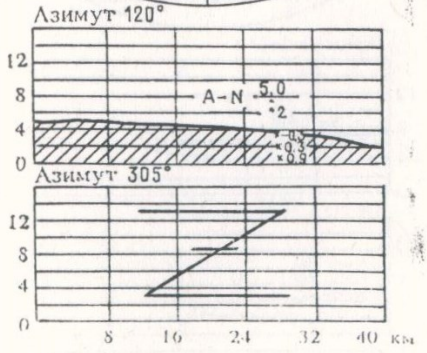

6а
19(23)ч
200 км
180 км
100 км
60 км
H=5км
A
ΔZ и ΔS н/о
d u f н/о
∇_4 :2
H=5км
A-N-Q
ΔZ0, ΔS+
d u f - зона малоподвижна

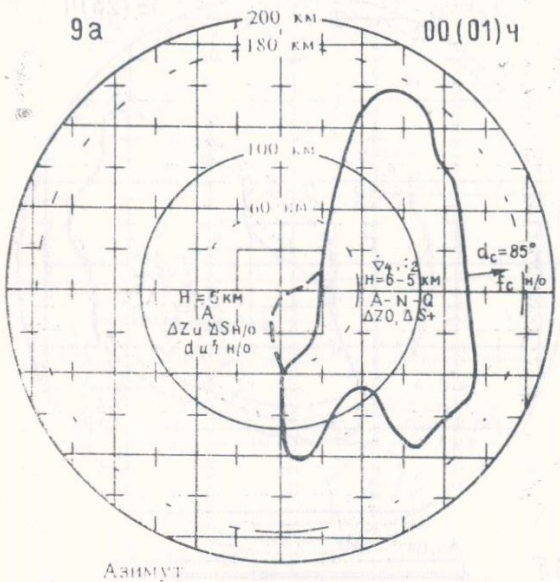

6б
Азимут 127°
A-N 5.0/:2
Азимут 308°
A 5.0/2.0
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

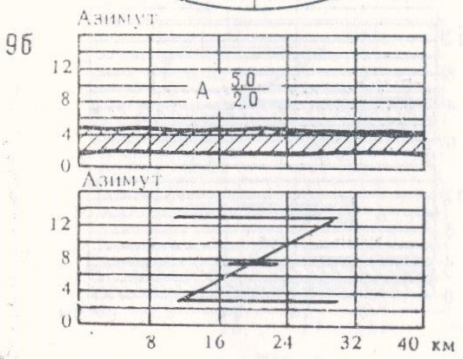

7а
20(00)ч
200 км
180 км
100 км
60 км
H=5км
A
ΔZ и ΔS н/о
d u f н/о
∇_4 :2
H=5км
A-N-Q
ΔZ0, ΔS-
d_c=130°
f_c=15-20км/ч

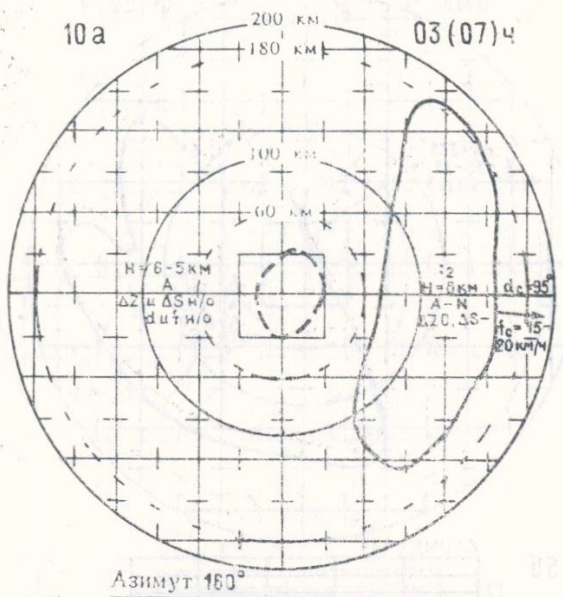

7б
Азимут 128°
A-N-Q 5.0/∇_4
Азимут 305°
A 5.0/2.0
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

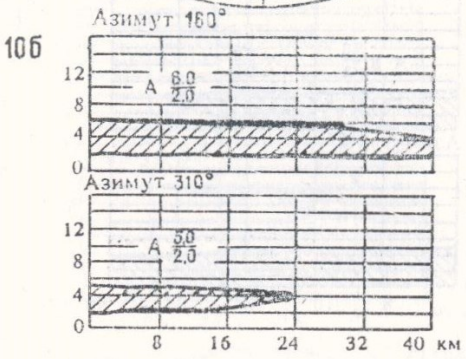

8а
21(01)ч
200 км
180 км
100 км
60 км
H=5км
A-N
ΔZ0, ΔS-
H=4км
A
ΔZ и ΔS н/о
d u f н/о
d u f - зона малоподвижна

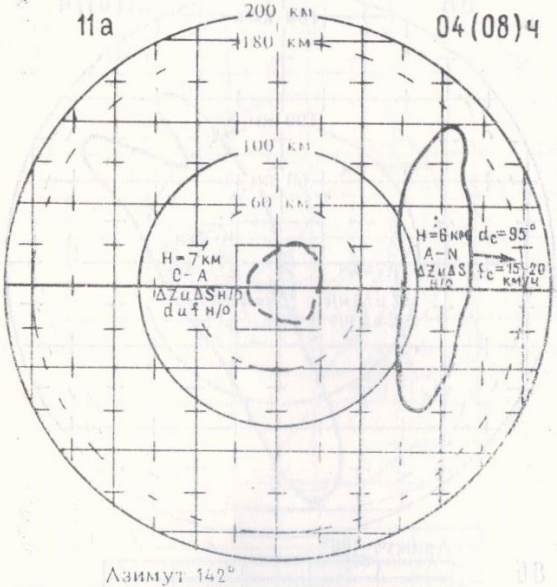

8б
Азимут 120°
A-N 5.0/:2
Азимут 305°
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

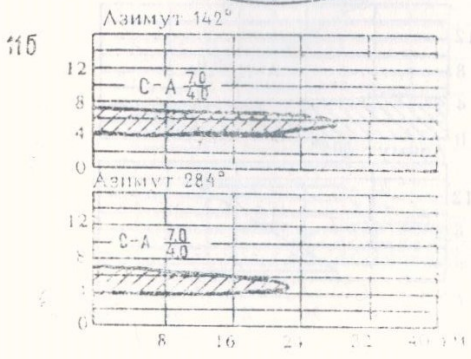

9а
00 (01) ч
200 км
180 км
100 км
60 км
H=5км
A
ΔZu ΔSн/о
duf н/о
H=6-5км
A-N-Q
ΔZ0, ΔS+
dc=85°
fc н/о

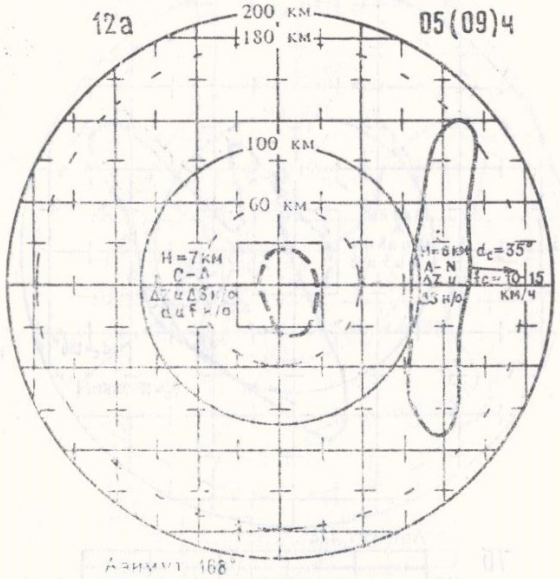

9б
Азимут
A 5,0/2,0
Азимут
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

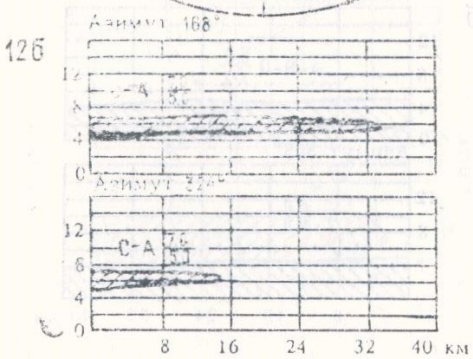

10а
03 (07) ч
200 км
180 км
100 км
60 км
H=6-5км
A
ΔZu ΔSн/о
duf н/о
H=6км
A-N
ΔZ0, ΔS-
dc=95°
fc=15-20 км/ч


10б
Азимут 160°
A 6,0/2,0
Азимут 310°
A 5,0/2,0
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

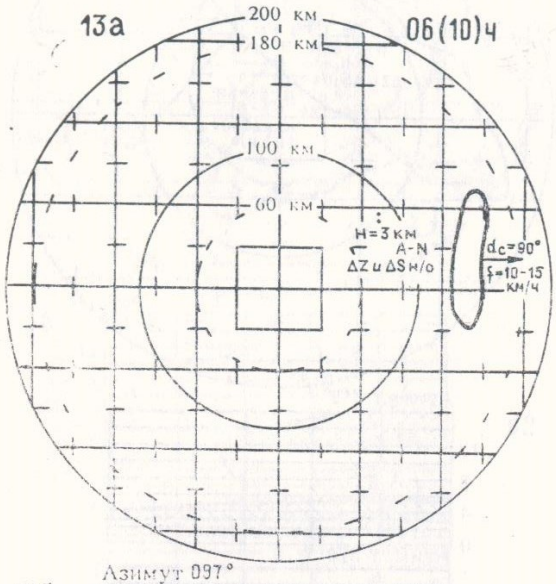

11а
04 (08) ч
200 км
180 км
100 км
60 км
H=7км
C-A
ΔZu ΔSн/о
duf н/о
H=6км
A-N
ΔZu ΔS
н/о
dc=95°
fc=15-20 км/ч


11б
Азимут 142°
C-A 7,0/4,0
Азимут 284°
C-A 7,0/4,0
12
8
4
0


12а
05 (09) ч
200 км
180 км
100 км
60 км
H=7км
C-A
ΔZu ΔSн/о
duf н/о
H=6км
A-N
ΔZu
dc=35°
fc=10-15 км/ч

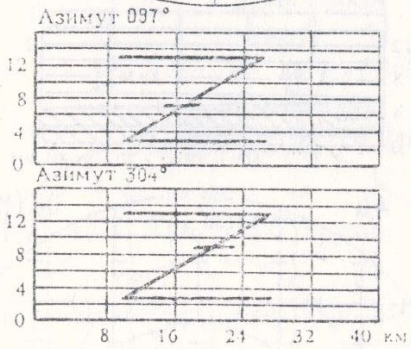

12б
C-A
C-A
12
8
4
0
8
16
24
32
40 км

13а

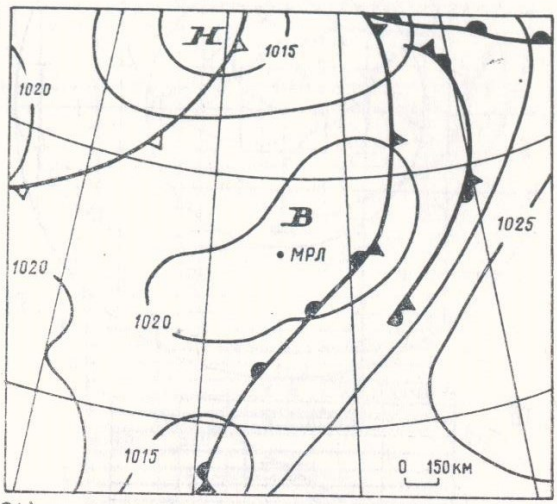


06(10)ч

13б

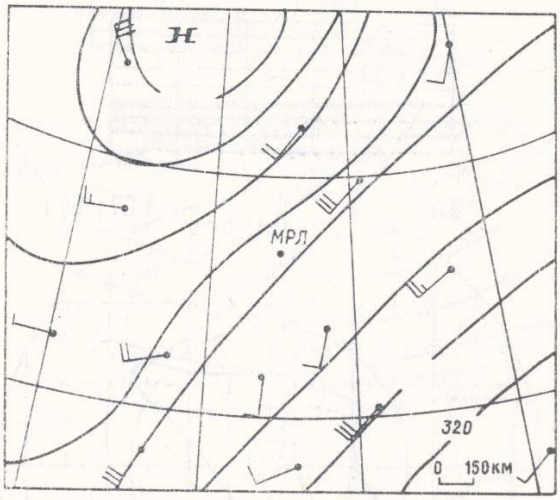


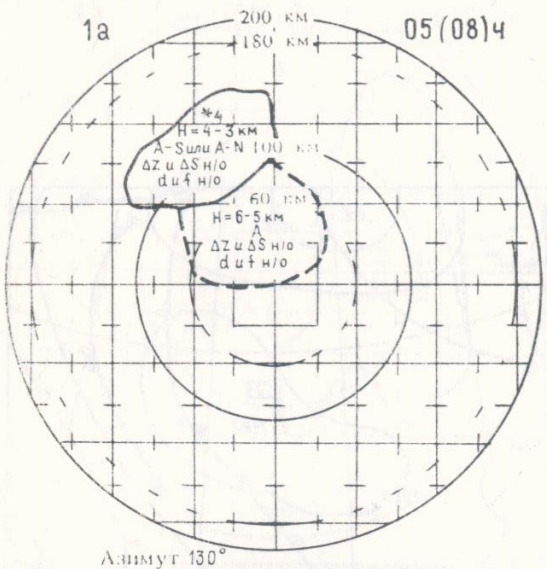
14а

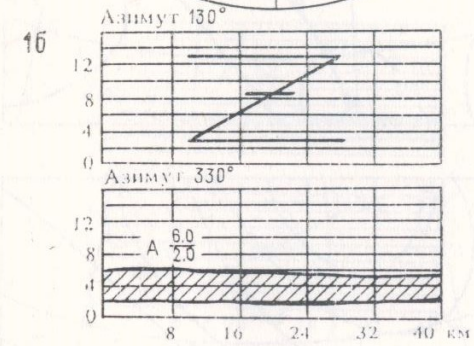


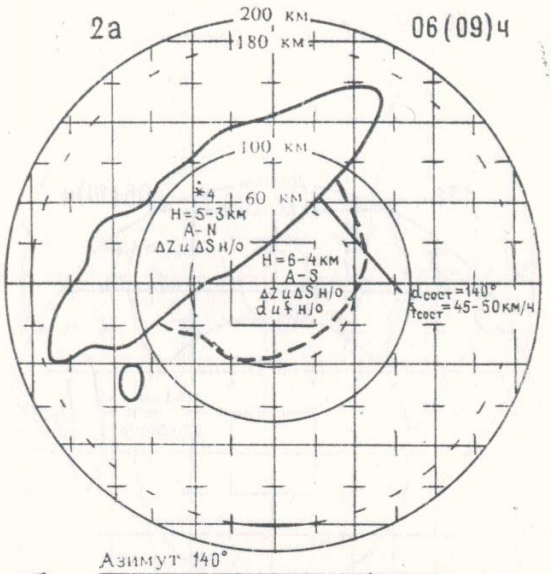
00(04)ч

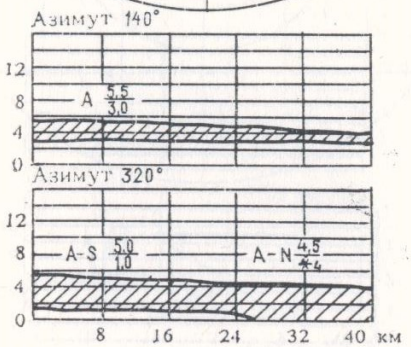
14б

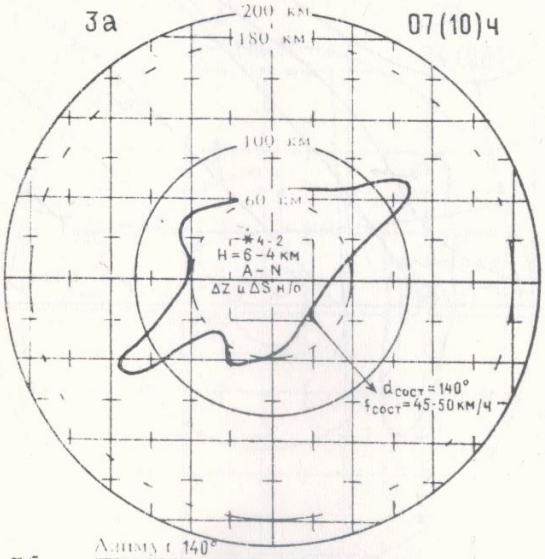


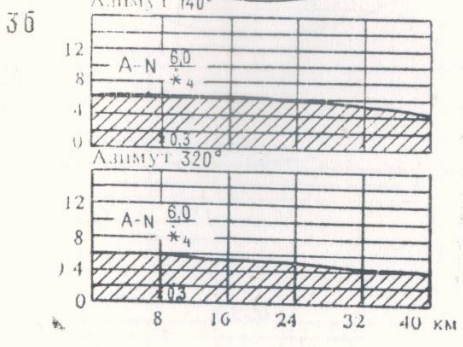

1а
05 (08) ч
200 км
180 км
100 км
60 км
*4
H=4-3 км
A-S или A-N
ΔZ и ΔS н/о
d и f н/о
H=6-5 км
A
ΔZ и ΔS н/о
d и f н/о

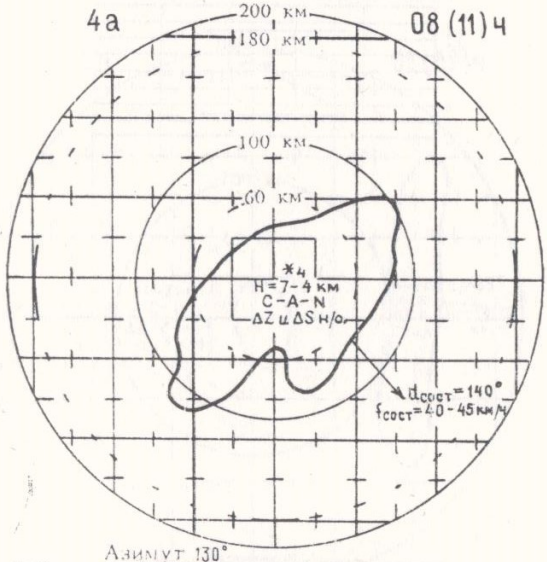

1б
Азимут 130°
Азимут 330°
A 6.0/2.0
8
16
24
32
40 км

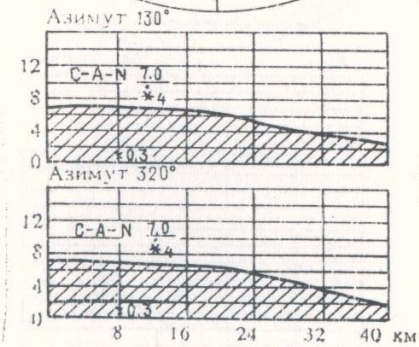

2а
06 (09) ч
200 км
180 км
100 км
60 км
*4
H=5-3 км
A-N
ΔZ и ΔS н/о
H=6-4 км
A-S
ΔZ и ΔS н/о
d и f н/о
d сост=140°
f сост=45-50 км/ч

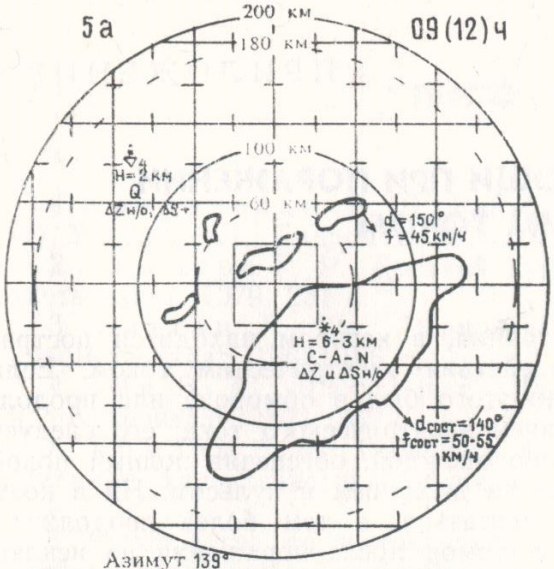

2б
Азимут 140°
Азимут 320°
A 5.5/3.0
A-S 5.0/1.0
A-N 4.5/*4
8
16
24
32
40 км

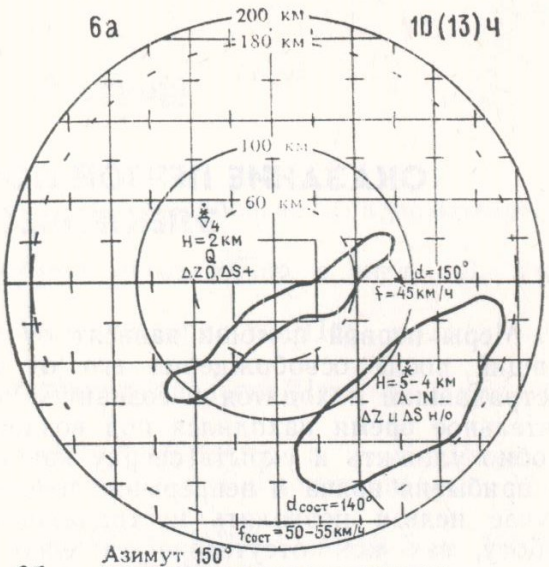

3а
07 (10) ч
200 км
180 км
100 км
60 км
*4-2
H=6-4 км
A-N
ΔZ и ΔS н/о
d сост=140°
f сост=45-50 км/ч

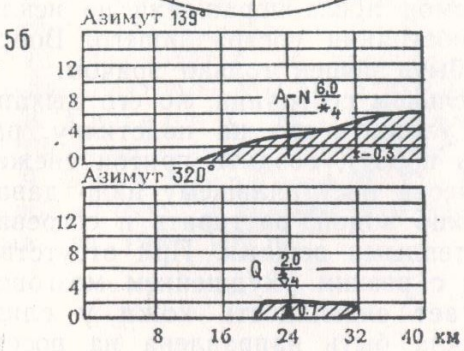

3б
Азимут 140°
Азимут 320°
A-N 6.0/*4
±0.3
8
16
24
32
40 км

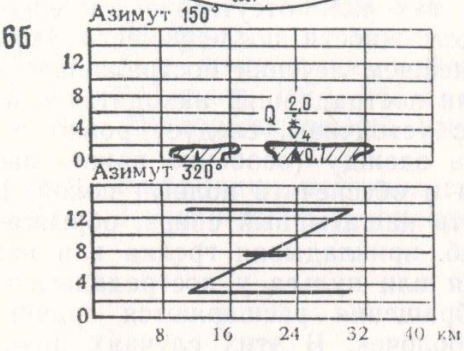

4а
08 (11) ч
200 км
180 км
100 км
60 км
*4
H=7-4 км
C-A-N
ΔZ и ΔS н/о
d сост=140°
f сост=40-45 км/ч

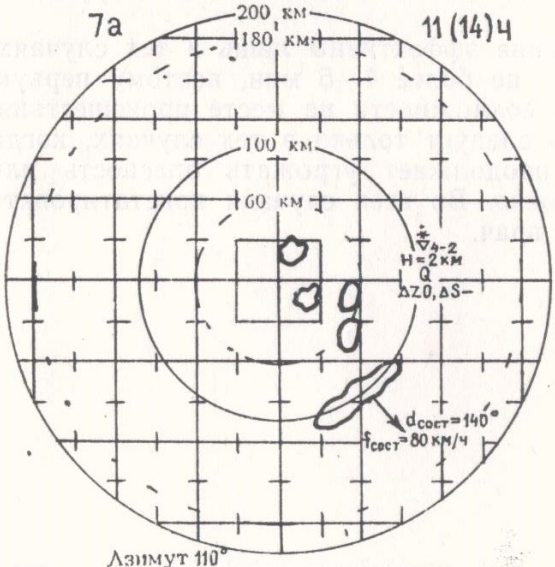

4б
Азимут 130°
Азимут 320°
C-A-N 7.0/*4
±0.3
8
16
24
32
40 км

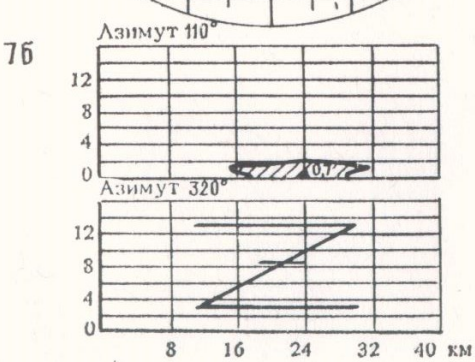

5а
09(12)ч
200 км
180 км
100 км
60 км
H=2 км
Q
ΔZ н/о, ΔS+
d=150°
f=45 км/ч
H=6-3 км
C-A-N
ΔZ и ΔS н/о
dсост=140°
fсост=50-55 км/ч

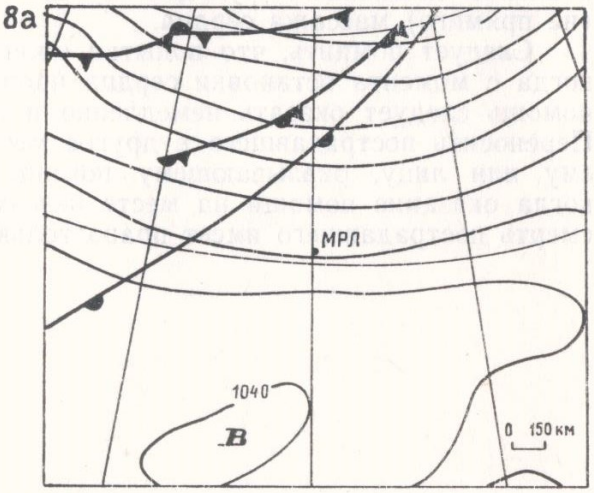

6а
10(13)ч
200 км
180 км
100 км
60 км
H=2 км
Q
ΔZ0, ΔS+
d=150°
f=45 км/ч
H=5-4 км
A-N
ΔZ и ΔS н/о
dсост=140°
fсост=50-55 км/ч

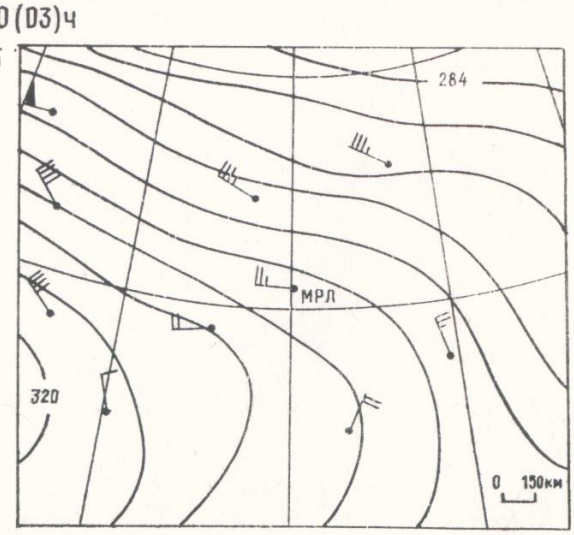

5б
Азимут 139°
A-N 6,0
-0,3
Азимут 320°
Q 2,0
0,7
8
16
24
32
40 км


6б
Азимут 150°
Q 2,0
0,7
Азимут 320°
8
16
24
32
40 км


7а
11(14)ч
200 км
180 км
100 км
60 км
H=2 км
Q
ΔZ0, ΔS-
dсост=140°
fсост=80 км/ч


7б
Азимут 110°
0,7
Азимут 320°
8
16
24
32
40 км


8а
МРЛ
1040
В
0 150 км


00(03)ч
8б
284
МРЛ
320
0 150км

ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПРИ ПОРАЖЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Меры первой помощи зависят от состояния, в котором находится пострадавший после освобождения его от воздействия электрическим током. Если пострадавший находится в сознании, но до этого был в обмороке или продолжительное время находился под воздействием электрического тока, его следует удобно уложить и укрыть сверху какой-либо одеждой, обеспечив полный покой до прибытия врача и непрерывно наблюдая за дыханием и пульсом. Ни в коем случае нельзя позволять пострадавшему двигаться, а тем более продолжать работу, так как отсутствие тяжелых симптомов после поражения не исключает возможности последующего ухудшения состояния пострадавшего. Вопрос о дальнейшем лечении пострадавшего может быть решен только врачом.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, но его дыхание и пульс устойчивы, следует ровно и удобно уложить его на подстилку, расстегнуть одежду (особенно важно расстегнуть ворот), создать приток свежего воздуха и обеспечить полный покой. Периодически пострадавшему надо давать понюхать нашатырный спирт, обрызгать его лицо водой, растирать и согревать его тело, прикладывая грелки или накрывая теплыми вещами. При отсутствии дыхания или пульса у пострадавшего в связи с резким ухудшением мозгового кровообращения расширяются зрачки, нарастает синюшность кожи у слизистых оболочек. В этих случаях помощь должна быть направлена на восстановление жизненных функций путем искусственного дыхания и наружного (не прямого) массажа сердца.

Следует помнить, что попытки оживления эффективны лишь в тех случаях, когда с момента остановки сердца прошло не более 4—5 мин, поэтому первую помощь следует оказать немедленно и по возможности на месте происшествия. Переносить пострадавшего в другое место следует только в тех случаях, когда ему или лицу, оказывающему помощь, продолжает угрожать опасность или когда оказание помощи на месте невозможно. Во всех случаях констатировать смерть пострадавшего имеет право только врач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степаненко В. Д. Радиолокация в метеорологии (радиометеорология). 2-е изд.— Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 343 с.

2. Роджерс Р. Р. Краткий курс физики облаков/Пер. с англ.— Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 231 с.

3. Баттан Л. Дж. Радиолокационная метеорология/Пер. с англ.— Л.: Гидрометеоиздат, 1962. 196 с.

4. Бин Б. Р., Даттон Е. Дж. Радиометеорология/Пер. с англ.— Л.: Гидрометеоиздат, 1971. 362 с.

5. Брылев Г. Б., Гашина С. Б., Нездойминога Г. Л. Радиолокационные характеристики облаков и осадков.— Л.: Гидрометеоиздат, 1986. 231 с.

6. Руководство по применению радиолокаторов МРЛ-4, МРЛ-5 и МРЛ-6 в системе градозащиты.— Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 231 с.

7. Руководство по производству наблюдений и применению информации с радиолокаторов МРЛ-1 и МРЛ-2.— Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 344 с.

8. Хромов С. М., Мамонтова Л. И. Метеорологический словарь.— Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 568 с.

9. Чередниченко В. С. Использование информации метеорологических радиолокаторов в анализе атмосферных фронтов. Практические рекомендации.— Алма-Ата, 1989. 105 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. УТВЕРЖДЕН Госкомгидрометом СССР. Решение ЦКПМ Госкомгидромета от 20 февраля 1991 г. № 1.

2. РАЗРАБОТЧИКИ Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова (ГГО) Г. Б. Брылев (руководитель разработки), канд. физ.-мат. наук; С. Б. Гашина, канд. физ.-мат. наук; Г. Л. Низдойминога, канд. геогр. наук; В. К. Устинов; Л. И. Кузнецова; Н. В. Бочарников, канд. физ.-мат. наук; Г. И. Куликова, Н. С. Дорожкин, А. Г. Линев.

3. СОГЛАСУЮЩИЕ ОРГАНИЗАЦИИ УНС Роскомгидромета ЦКБ ГМП.

4. ЗАРЕГИСТРИРОВАН ЦКБ ГМП за № РД 52.04.320—91 от 10.11.91.

5. ВЗАМЕН Руководства по производству наблюдений и применению информации с радиолокаторов МРЛ-1 и МРЛ-2. Л.: Гидрометеоиздат, 1974.— 308 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения об основах радиолокации и радиолокационной метеорологии 4
1.1. Краткие сведения об основных понятиях радиолокации . . . . . —
1.1.1. Радиолокация . . . . . —
1.1.2. Эффективная площадь рассеяния . . . . . —
1.1.3. Импульсный метод радиолокации 5
1.1.4. Отдельные узлы РЛС 7
1.1.5. Технические характеристики радиолокационных станций . . 9
1.1.6. Определение координат цели 11
1.1.7. Единицы измерения в радиолокации 13
1.2. Краткие сведения по основам радиолокационной метеорологии . . 14
1.2.1. Дальность радиовидимости . . . . . —
1.2.2. Явление сверхрефракции и аномальное радиоэхо 17
1.2.3. Эффективная площадь рассеяния метеоцели 19
1.2.4. Радиолокационная отражаемость и ее связь с интенсивностью осадков 22
1.2.5. Уравнение радиолокации атмосферных образований . . . 30
1.2.6. Ослабление сантиметровых волн 32
1.2.7. Ограничения радиолокационного метода наблюдений . . . 35
1.2.8. Высота границ радиоэха облаков и ее связь с высотой облаков 38
1.2.9. Площадь радиоэха и ее связь с площадью облаков и осадков 39
1.2.10. Оценка точности определения радиолокационных характеристик облаков в пределах эффективных радиусов их обнаружения на МРЛ . . . . . —

2. Краткие сведения о явлениях и процессах, связанных с облачностью. Радиолокационная структура и классификация облаков и явлений. Радиолокационные критерии принятия решений об опасных явлениях 41
2.1. Краткие сведения о кучево-дождевых облаках Cb . . . . . —
2.2. Гроза 44
2.3. Шквал 45
2.4. Смерч 47
2.5. Краткие сведения об осадках . . . . . —
2.6. Град 52
2.7. Радиолокационная структура конвективной облачности 54
2.7.1. Радиолокационная структура кучево-дождевых облаков . . —
2.7.2. Радиолокационная структура градовых облаков 57
2.7.3. Радиолокационная структура шквалов и смерчей 61
2.8. Радиолокационная структура слоисто-дождевых облаков . . . . —
2.9. Классификация облаков и осадков по их радиолокационным характеристикам и ее связь с данными наземных визуальных наблюдений 62
2.10. Радиолокационные критерии принятия решений об опасных явлениях 71
2.10.1. Смерч . . . . . —
2.10.2. Шквал . . . . . —
2.10.3. Град и градоносные Cb 74
2.10.4. Гроза и ливень 75
2.10.5. Электроактивные зоны в слоистообразных облаках в переходный и холодный периоды 85
2.10.6. Рекомендации по обнаружению электроактивных зон в слоистообразных облаках 87
2.10.7. Критерии оценки видимости в снегопадах и ливнях, наличия турбулентности и обледенения в Cb 89
2.10.8. Критерии аномального радиоэха 91
2.11. Общие рекомендации по применению критериев в разные сезоны года, сводные таблицы критериев 96

2.12. Выявление зон, занятых осадками в разные периоды года . . . 114
2.12.1. Теплый период . . . . . —
2.12.2. Переходный период . . . . . —
2.12.3. Холодный период 118
2.13. Определение тенденции 119
2.13.1. Определение тенденции изменения радиолокационных характеристик облачного поля в радиусе 180 км . . . . . —
2.13.2. Определение тенденции развития отдельных конвективных облаков 120

3. Получение первичных данных на МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5 122
3.1. Общие положения . . . . . —
3.2. Ознакомление с радиометеообстановкой в радиусе обзора МРЛ 125
3.3. Определение поля высот радиоэха и качественной картины его горизонтального распределения в дальней зоне . . . . . —
3.4. Определение отражаемости на заданных стандартных уровнях . . 127
3.5. Наблюдения и картины вертикальных разрезов радиоэха облаков в ближней зоне 132
3.6. Особенности измерения границ облаков в ближней зоне 133
3.7. Получение данных о распределении отражаемости в вертикальной плоскости 135
3.8. Способы получения первичных данных при штормоповещении (в дополнительные сроки) 136
3.8.1. Общие положения . . . . . —
3.8.2. Первый (основной) способ . . . . . —
3.8.3. Второй способ 138
3.8.4. Третий способ . . . . . —
3.8.5. Четвертый способ 139
3.8.6. Пятый способ 141
3.8.7. Сравнительный анализ способов . . . . . —
3.9. Сроки наблюдений 144
3.9.1. Общие положения . . . . . —
3.9.2. Работа МРЛ в режиме штормоповещения . . . . . —
3.9.3. Последовательность получения радиолокационной информации 146
3.10. Обязательный комплекс первичных радиолокационных данных при наблюдениях в разные сроки и периоды года. Представление данных на бланках . . . . . —
3.10.1. Обязательный комплекс первичных данных в основные сроки в теплый период в дальней зоне . . . . . —
3.10.2. Обязательный комплекс первичных данных в ближней зоне 147
3.10.3. Обязательный комплекс первичной информации в ежечасные сроки в теплый период . . . . . —
3.10.4. Обязательный комплекс первичной информации в теплый период года в дополнительные сроки (в режиме штормоповещения) . . . . . —
3.10.5. Обязательный комплекс первичных данных в основные и ежечасные сроки в холодный период года 148
3.10.6. Особенности работы МРЛ в переходные и холодные периоды года . . . . . —
3.10.7. Примеры заполнения бланков в разные периоды года . . 151
3.11. Сбор и распространение информации МРЛ 153
3.11.1. Порядок сбора и распространения радиолокационной информации . . . . . —
3.11.2. Единая схема обозначения данных наблюдений метеорологических радиолокаторов на различных видах стыкованных карт 155

4. Скорость и направление перемещения локальных ячеек и облачных систем 159
4.1. Общие положения . . . . . —

4.2. Сведения об особенностях перемещения облачных систем и отдельных конвективных облаков 161
4.2.1. Зависимость движения радиоэха от воздушных потоков на стандартных барических уровнях . . . . . —
4.2.2. Изменчивость характеристик перемещения зон радиоэха . . —
4.2.3. Влияние рельефа и неоднородной подстилающей поверхности на траектории перемещения локальных ячеек 164
4.2.4. Перемещение площадей радиоэха синоптического масштаба —
4.3. Правила по определению скорости и направления перемещения облачных систем и отдельных ячеек радиоэха 165
4.3.1. Порядок измерений направления и скорости движения облачной системы . . . . . —
4.3.2. Порядок измерений направления и скорости движения ячеек, ММП и БМП радиоэха 166
4.4. Оценка скорости и направления движения радиоэха на основе данных аэрологического зондирования 168
4.4.1. Перемещение площадей синоптического масштаба (ПСМ) . . —
4.4.2. Перемещение элементов радиоэха внутримассового происхождения 169

5. Возможности применения радиолокационных данных для анализа синоптической обстановки и в краткосрочном прогнозе погоды 173
5.1. Общие положения . . . . . —
5.2. Информация МРЛ для определения характера и пространственного распределения облачных систем 174
5.2.1. Характер облачности. Данные сети МРЛ для оценки положения атмосферных фронтов 175
5.2.2. Теплый фронт 180
5.2.3. Холодный фронт 182
5.2.4. Фронт окклюзии 185
5.2.5. Диагноз опасности явлений в системах фронтальной и внутримассовой конвективной облачности по данным МРЛ . . 187
5.3. Использование радиолокационной информации в прогнозе погоды 189
5.3.1. Прогноз времени начала, окончания явлений в пункте и их продолжительности . . . . . —
5.3.2. Общие рекомендации по использованию данных МРЛ в синоптической практике 192
5.4. Радиолокационно-синоптический метод прогноза шквала 196
5.4.1. Описание метода . . . . . —
5.4.2. Порядок применения 197
5.4.3. Пример прогноза 203

6. Основные сведения о метеорологических радиолокаторах МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5 204
6.1. Назначение МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5 . . . . . —
6.2. Особенности построения радиолокатора . . . . . —
6.2.1. Метеорологический радиолокатор МРЛ-1 . . . . . —
6.2.2. Метеорологический радиолокатор МРЛ-2 208
6.2.3. Метеорологический радиолокатор МРЛ-5 210
6.3. Отличительные особенности МРЛ-5 по сравнению с МРЛ-2 . . . 214

7. Подготовка радиолокаторов МРЛ-1, МРЛ-2 и МРЛ-5 к наблюдениям 217
7.1. Общие требования . . . . . —
7.2. Выбор позиции для МРЛС штормоповещения . . . . . —
7.3. Горизонтирование МРЛ 218
7.4. Установка линии развертки на индикаторе дальность—высота по горизонту 219
7.4.1. Согласование линии дискретной и аналоговой разверток на ИДВ с положением антенны в МРЛ-5 . . . . . —
7.4.2. Настройка следящей системы привода отклоняющей катушки индикатора дальность—высота МРЛ-2 220
7.4.3. Установка линии развертки на ИДВ по горизонту в МРЛ-1 221

7.4.4. Согласование фотоэлектрических преобразователей 221
7.4.5. Настройка системы индикации положения антенны по углу места (шкального устройства ИКО) МРЛ-1, МРЛ-2 . . . —
7.5. Ориентирование станций на местности 222
7.5.1. Ориентирование станции по азимуту . . . . . —
7.5.2. Ориентирование станций по Солнцу 223
7.6. Подготовка МРЛ-1 к наблюдениям 225
7.6.1. Подготовка МРЛ-1 к наблюдениям в режиме „Местное“ . . —
7.6.2. Подготовка МРЛ-1 к наблюдениям в режиме „Дистанционное“ 227
7.6.3. Измерение чувствительности МРЛ-1 229
7.6.4. Градуировка измерительных систем МРЛ-1 231
7.7. Подготовка МРЛ-2 к наблюдениям в режиме „Работа“, проверка параметров аппаратуры с помощью встроенных контрольно-измерительных приборов 233
7.8. Включение МРЛ-2 в режиме „Настройка“ 237
7.9. Измерение чувствительности МРЛ-2 и снятие амплитудной характеристики УПЧ 238
7.10. Градуировка измерительных систем МРЛ-2 241
7.11. Подготовка станции МРЛ-5 к наблюдениям 245
7.11.1. Включение системы кондиционирования, вентиляции и обогрева 246
7.11.2. Включение и отключение приемопередающих устройств МРЛ-5 в режиме „Настройка“ . . . . . —
7.11.3. Включение и отключение приемопередающих устройств в режиме „Работа“ 248
7.11.4. Измерение чувствительности приемных устройств МРЛ-5 249
7.11.5. Градуировка измерительных систем станции МРЛ-5 . . . 250
7.11.6. Порядок градуировки блока обработки видео 251
7.12. Согласование и проверка чувствительности следящей системы привода МРЛ-2 по углу места 252

8. Документация и отчетность 255
8.1. Документация МРЛ . . . . . —
8.2. Годовая отчетность МРЛ 260
8.3. Перечень сведений для годового отчета о работе сети МРЛ, методической группы по радиометеорологии УГМ 268
8.4. Пример годового отчета методической группы по радиометеорологии УГМ 275

9. Оценка работы штата МРЛ 278
9.1. Общие положения . . . . . —
9.2. Критерии оценки оперативной работы штата . . . . . —
9.3. Оценка качества труда операторов МРЛ 280
9.3.1. Коэффициент снижения качества труда операторов за смену —
9.3.2. Коэффициенты повышения качества труда операторов за месяц 281
9.3.3. Коэффициенты снижения качества труда операторов за месяц 282
9.4. Оценка работы штата МРЛ начальником подразделения 283
9.5. Оценка технического состояния МРЛ 285
9.6. Оценка качества информации МРЛ в методической группе . . . 286
9.7. Показатели выполнения плана и критерии работы в группах по радиометеорологии 288
9.8. Особенности критического контроля радиолокационных данных . . —
9.9. Рекомендации по проверке высоты и отражаемости облаков и осадков при оценке оправдываемости критериев 297
9.9.1. Методика оценки количества осадков в квадрате 30 × 30 км —
9.9.2. Связь между высотой радиоэха и радиолокационной отражаемостью 298
9.9.3. Средняя высота РКО и высота нулевой изотермы 299

10. Правила по технике безопасности при производстве наблюдений и работ на МРЛС 300

Приложение 1. Шаблоны для съема значений $P_{пр}/P_0$ на ИДВ и ИКО на различных уровнях 308

Приложение 2. Таблицы 312

Приложение 3. Образцы бланков с закодированной информацией . . . 330

Приложение 4. Оказание первой помощи при поражении электрическим током 350

Список литературы 351

Руководящий документ

РУКОВОДСТВО ПО ПРОИЗВОДСТВУ НАБЛЮДЕНИЙ И ПРИМЕНЕНИЮ ИНФОРМАЦИИ С НЕАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РАДИОЛОКАТОРОВ МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5

РД 52.04.320—91

Редактор О. В. Лапина. Художник И. А. Мазур. Художественный редактор Б. А. Бураков. Технический редактор Г. В. Ивкова. Корректор О. В. Андреева.

Сдано в набор 12.04.93. Подписано в печать 06.09.93. Формат 60 × 90$^{1}/_{16}$. Бумага типографская № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Печ. л. 22,5. Кр.-отт. 22,5. Уч.-изд. л. 24,97. Тираж 700 экз. Индекс МОЛ-76. Заказ № 66.

Гидрометеоиздат, 199327. Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38.

Ордена Трудового Красного Знамени ГП «Техническая книга» типография № 8 Мининформпечати РФ. 190000, г. Санкт-Петербург, Прачечный пер., д. 6.