

МСЭ-Р

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-Р Р.372-14
(08/2019)

Радиошум

Серия Р
Распространение радиоволн



Международный
союз
электросвязи

Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-Т/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайновой форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2020 г.

© ITU 2020

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R Р.372-14

Радиошум*

(Вопрос МСЭ-R 214/3)

(1951-1953-1956-1959-1963-1974-1978-1982-1986-1990-1994-2001-2003-2007-2009-2013-2015-2016-2019)

Сфера применения

В Рекомендации МСЭ-R Р.372 приведена информация о базовых уровнях радиочастотного шума в диапазоне частот 0,1 Гц – 100 ГГц. В Рекомендации учитывается шум, обусловливаемый температурой в нижних слоях атмосферы, галактическим шумом, грозовыми разрядами и промышленными источниками. С тем чтобы обеспечить основу для оценки работы систем, приведены цифровые данные, относящиеся к шуму, или температуре.

Ключевые слова: радиошум, коэффициент шума, шумовая температура

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a)* что радиошум ограничивает работоспособность радиосистем;
- b)* что эффективный коэффициент шума антенны, или температура шума антенны, вместе с вероятностным распределением амплитуд огибающей принимаемого шума, являются параметрами (почти всегда необходимыми, но иногда недостаточными), пригодными для использования при определении рабочих характеристик и планирования системы;
- c)* что, как правило, нельзя использовать приемные системы, коэффициент шума которых ниже значения, определяемого минимальным уровнем внешнего шума;
- d)* что требуется представление о радиоизлучении от естественных источников при
 - оценке влияния атмосферы на распространение радиоволн;
 - распределении частот для систем дистанционного зондирования окружающей среды Земли,
- e)* что радиошум из промышленных источников играет значимую роль при установлении предельных норм для некоторых применений радиосвязи;
- f)* что методы измерения радиошума описаны в Рекомендации МСЭ-R SM.1753,

рекомендует,

использовать при планировании и анализе радиосистем там, где это необходимо, следующую информацию о фоновых уровнях внешнего радиошума:

* Компьютерная программа, связанная с характеристиками и приложениями для расчета атмосферного радиошума обусловленных грозовыми разрядами, промышленным шумом и галактическим шумом (на частотах ниже примерно 100 МГц), которая описана в настоящей Рекомендации, представлена в той части веб-сайта МСЭ-R, которая относится к 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи.

ЧАСТЬ 1

Общие положения

1.1 Источники радиошума

Радиошум определяется следующим образом:

Радиошум:

Изменяющееся во времени электромагнитное явление, имеющее составляющие в радиочастотном диапазоне и явно не передающее информации, которое может налагаться на полезный сигнал или смещиваться с ним.

Примечание 1. – В некоторых случаях радиочастотный шум может передавать информацию о некоторых характеристиках своего источника, например о его природе или месте расположения.

Примечание 2. – Совокупность мешающих сигналов, если они отдельно неразличимы, может проявляться как радиочастотный шум.

В настоящей Рекомендации приведены данные о радиошуме, излучаемом внешними по отношению к принимающей радиосистеме источниками и принимаемом эталонной антенной, который возникает в результате следующих причин:

- естественный шум:
 - эмиссия от атмосферных газов и гидрометеоров;
 - присутствие земной поверхности или других препятствий на пути луча антенны;
 - излучение от небесных источников радиоволн;
 - излучение от грозовых разрядов (атмосферный шум, вызванный грозой);
- промышленный шум:
 - в особенности для наружных антенн – совокупное непреднамеренное излучение от электрических механизмов, электрического и электронного оборудования и сетей, линий электропередачи или систем зажигания двигателей внутреннего сгорания;
 - в помещениях или применительно к антеннам, установленным поблизости от препятствий, – совокупное непреднамеренное излучение, как описано выше (в той степени, в которой это возможно), включая типичные уровни излучения от единичных источников или небольших групп источников в определенных типичных условиях среды.

Примечание 3. – Приводимые здесь оценки уровней радиошума касаются только фонового шума без учета вкладов сигналов, связанных с параллельно работающими радиослужбами; таким образом, в настоящей Рекомендации не рассматриваются, например, нежелательные передачи в совмещенном канале или паразитные излучения от отдельных передающих или приемных систем.

Примечание 4. – В настоящей Рекомендации приведены сведения только о радиошуме, который поступает на вход приемника через antennу и фидерный кабель или волновод. При этом не рассматривается шум, передаваемый на приемник через другие проводящие кабели или структуры, а также шум, принимаемый из-за ненадлежащего экранирования или симметрирования фидерного кабеля, соединителей и т. д.

Примечание 5. – В случае промышленного шума представленные данные должны быть типичными для определенной категории среды, при типичных уровнях работы электрического и электронного оборудования в обычных условиях, на типичных расстояниях для этой среды.

1.2 Показатели для определения интенсивности шума и их взаимосвязь

1.2.1 Шум в приемной системе складывается из отдельных составляющих, вносимых рядом источников шума на приемном терминале системы. Рассматривать следует как внешний шум, так и шум, вырабатываемый внутри приемника. Единственной правильной контрольной точкой для оценки общего рабочего шума приемной радиосистемы является вход эквивалентной свободной от потерь приемной антенны (терминалы такой свободной от потерь антенны физически не существуют).

Этот шум можно выразить через коэффициент шума f относительно уровня теплового шума или через эффективную шумовую температуру.

1.2.2 Коэффициент шума

Для приемников, нечувствительных к паразитным шумам, коэффициент шума системы определяется как:

$$f = f_a + (f_c - 1) + l_c (f_t - 1) + l_c l_t (f_r - 1), \quad (1)$$

где:

f_a : коэффициент внешнего шума, определяемый по формуле:

$$f_a = \frac{P_n}{k T_0 b}. \quad (2)$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – F_a – коэффициент внешнего шума, определяемый как:

$$F_a = 10 \log f_a \quad (\text{дБ})$$

P_n : допустимая мощность шума с выхода эквивалентной антенны без потерь;

k : постоянная Больцмана = $1,38 \times 10^{-23}$ Дж/К;

T_0 : эталонная температура (К), принятая равной 290 К;

b : ширина полосы приемной системы на уровне мощности шума (Гц);

l_c : потери в цепи антенны (входная номинальная мощность/выходная номинальная мощность);

l_t : потери в линии передачи (входная номинальная мощность/выходная номинальная мощность);

f_r : коэффициент внутреннего шума приемника.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – F_r – коэффициент шума приемника, определяемый как:

$$F_r = 10 \log f_r \quad (\text{дБ})$$

f_c : коэффициент шума, связанный с потерями в цепи антенны,

$$f_c = 1 + (l_c - 1) \left(\frac{T_c}{T_0} \right) \quad (3)$$

f_t : коэффициент шума, связанный с потерями в линии передачи,

$$f_t = 1 + (l_t - 1) \left(\frac{T_t}{T_0} \right), \quad (4)$$

где:

T_c : реальная температура (К) антенны и около земной поверхности;

и

T_t : реальная температура (К) линии передачи.

Если $T_c = T_t = T_0$, то уравнение (1) принимает вид:

$$f = f_a - 1 + f_c f_t f_r. \quad (5)$$

Уравнение (2) можно записать как:

$$P_n = F_a + B - 204 \quad (\text{дБВт}), \quad (6)$$

где:

$P_n = 10 \log p_n$: номинальная мощность (Вт);

$$B = 10 \log b \text{ и } -204 = 10 \log k T_0.$$

1.2.3 Среднеквадратичное значение напряженности шумового поля

Определив F_a , можно найти соответствующие значения E_n , используя либо уравнение (7), либо уравнение (8), в зависимости от типа применяемой антенны.

Для коротких вертикальных несимметричных вибраторов ($h \ll \lambda$) над идеально проводящей плоской земной поверхностью вертикальная составляющая среднеквадратичного значения напряженности поля определяется как:

$$E_n = F_a + 20 \log f_{\text{МГц}} + B - 95,5 \quad (\text{дБ(мкВ/м)}), \quad (7)$$

где:

E_n : напряженность поля в ширине полосы b ; и

$f_{\text{МГц}}$: средняя частота (МГц).

Аналогично для эталонной изотропной антенны в свободном пространстве:

$$E_n = F_a + 20 \log f_{\text{МГц}} + B - 96,8 \quad (\text{дБ(мкВ/м)}). \quad (8)$$

1.2.4 Шумовая температура

Коэффициент внешнего шума также обычно определяется как температура, T_a , где f_a по определению равно:

$$f_a = \frac{T_a}{T_0}, \quad (9)$$

T_a – эффективная температура антенны, обусловленная внешним шумом.

1.2.5 Изменчивость уровня шума

Мощность шума, хотя и необходима, например, для определения отношения сигнал/шум, редко является достаточной для определения рабочих характеристик системы (белый гауссовский базовый шум – это единственное исключение). Здесь нужны соответствующие вероятностные описания формы волны принимаемого случайного шума. Поскольку для шумов, которые рассматриваются в настоящей Рекомендации, фаза принимаемой огибающей обычно распределена равномерно, вероятностное распределение амплитуд (ВРА) (вероятность превышения) принимаемой огибающей задается.

Для импульсных шумов на более высоких частотах (т. е. > примерно 1 ГГц) значения F_a достаточно низки, и только импульсы большей величины могут превысить пороговое значение шума на входе приемника. В этом случае вероятностные характеристики могут иметь вид пикового значения для данного периода времени, вероятности превышения на этих более высоких уровнях, количества импульсов для заданного уровня и т. д.

Методы анализа радиошума описаны в Отчете МСЭ-Р Р.2089.

ЧАСТЬ 2

Уровни шума как функция от частоты

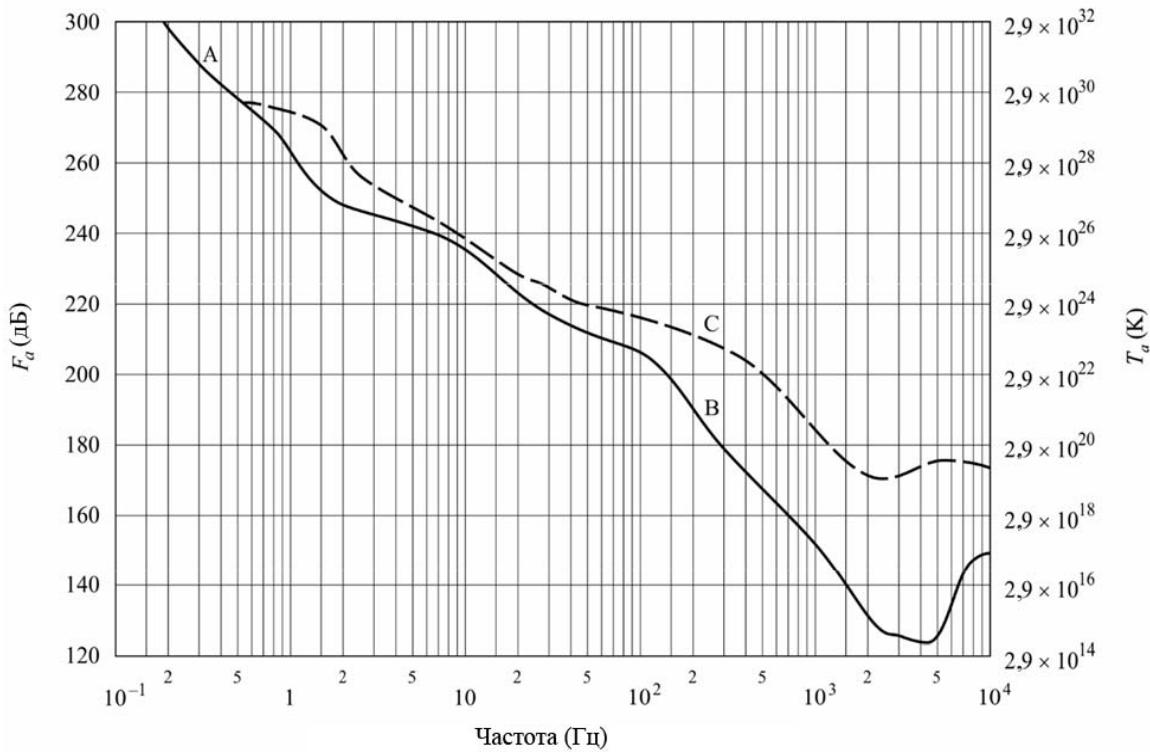
2.1 Приводимые ниже три рисунка и соответствующие пояснения к ним позволяют определить ожидаемые значения F_a в частотном диапазоне 0,1 Гц – 100 ГГц, а также другие уровни шумов, представляющие интерес. На этих трех рисунках показана относительная величина шумов различного типа, описанных в пункте 1. Дополнительные сведения для различных типов шумов приведены в других разделах настоящей Рекомендации.

Рис. 1 охватывает частоты от 0,1 Гц до 10 кГц. Сплошная кривая – это минимальные ожидаемые часовые медианные значения F_a , полученные с помощью измерений (учитывающие земную поверхность в целом, все времена года и время суток), а пунктирная линия – максимальные ожидаемые

значения. Заметим, что в указанном частотном диапазоне сезонные, суточные или географические изменения очень незначительны. Более сильная изменчивость наблюдается в диапазоне 100–10 000 Гц из-за изменения частоты среза волновода Земля-ионосфера.

РИСУНОК 1

Минимальные и максимальные значения F_a в зависимости от частоты (10^{-1} – 10^4 Гц)



А: микропульсации

В: минимальное ожидаемое значение атмосферных помех

С: максимальное ожидаемое значение атмосферных помех

Р.0372-01

Рис. 2 охватывает частотный диапазон 10^4 – 10^8 Гц, т. е. от 10 кГц до 100 МГц, для шума различных категорий. Минимальный ожидаемый шум показан сплошной линией. За минимальные ожидаемые значения атмосферных помех, обусловленных грозовыми разрядами, принимаются значения, превышаемые в течение 99,5% времени, а за максимальные – значения, превышаемые в течение 0,5% времени. Учтено влияние времени суток, времени года и земной поверхности в целом.

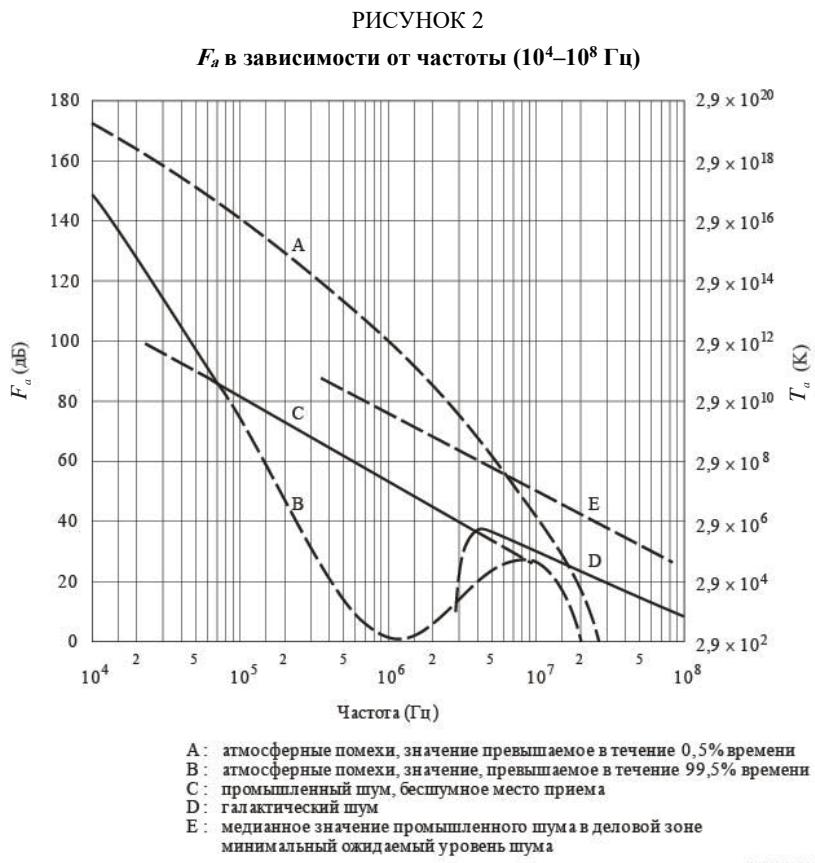
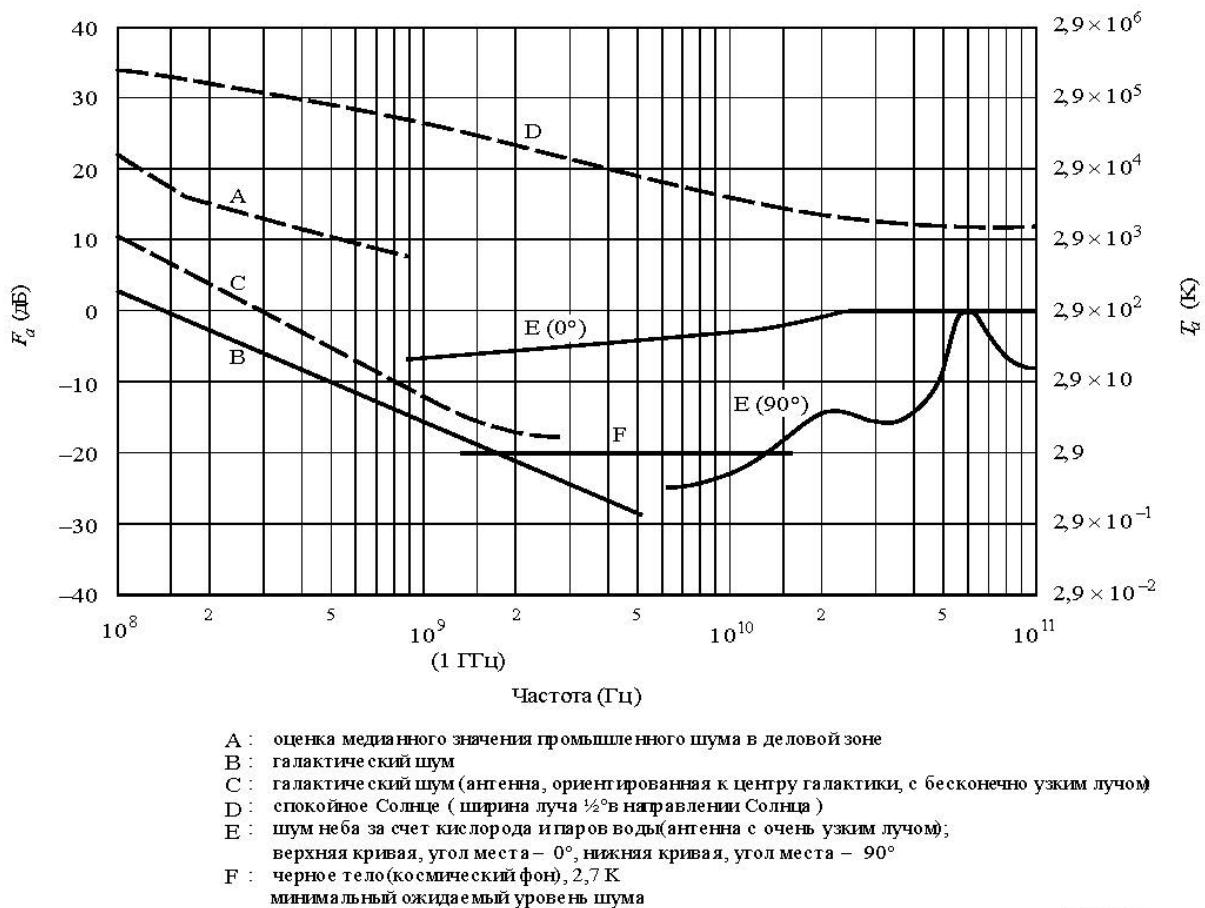


Рис. 3 охватывает частотный диапазон от 10^8 до 10^{11} Гц, т. е. от 100 МГц до 100 ГГц. Опять-таки, минимальный уровень шума представлен сплошной кривой, а другие представляющие интерес уровни шума – пунктирной линией.

Большинство результатов, представленных на этих трех рисунках, относятся к ненаправленным антеннам (за исключением случаев, отмеченных на рисунках). Что касается направленных антенн, то исследования показали, что, например, на ВЧ в случае антенн с очень узкой диаграммой направленности уровень атмосферных помех, обусловленных грозовыми разрядами, может колебаться в пределах 10 дБ (5 дБ выше и 5 дБ ниже показанного среднего значения F_a) в зависимости от направления ориентации антенны, частоты и географического местоположения.

Среднее значение галактического шума (усредненное по всему небосводу) представлено сплошной кривой с соответствующей пометкой (рис. 2 и 3). Измерения показывают, что колебания относительно этой кривой составляют ± 2 дБ, причем ионосферное экранирование не учитывается. Минимальное значение галактического шума (узконаправленная антenna, ориентированная на галактический полюс) на 3 дБ меньше значения, представленного на рис. 3 сплошной кривой. Максимальный галактический шум для узконаправленной антенны показан на рис. 3 пунктирной линией.

РИСУНОК 3
 F_a в зависимости от частоты (10^8 – 10^{11} Гц)



ЧАСТЬ 3

Шум от атмосферных газов и земной поверхности

3.1 Шум от отдельных источников, таких как Солнце, атмосферные газы, земная поверхность и т. д., обычно выражается через яркостную температуру, T_b . Температура антенны, T_a , является сверткой диаграммы направленности антенны и яркостной температуры неба и земной поверхности. Для антенн, диаграмма направленности которых охватывает только один источник, температура антенны и яркостная температура совпадают (например, кривые C, D и E на рис. 3).

На рис. 4 и 5 показана яркостная температура атмосферы для расположенного на земной поверхности приемника, без учета вклада от космического шума порядка 2,7 К или других внеземных источников, для частот от 1 до 340 ГГц в первом случае и от 1 до 60 ГГц – во втором. Кривые рассчитаны для семи различных углов места и средней атмосферы (плотность паров воды у поверхности 7,5 г, температура у поверхности – 288 К и приведенная высота для паров воды – 2 км.) с помощью программы расчета распространения излучения. Сухая атмосфера описывается Стандартной атмосферой США 1976 года. Выше тропопаузы добавляется вклад за счет паров воды в виде его типичного значения.

РИСУНОК 4

Яркостная температура (ясное небо) при концентрации паров воды 7.5 г/м^3 (температура и давление у поверхности равны 15°C и 1023 мб); θ – угол места

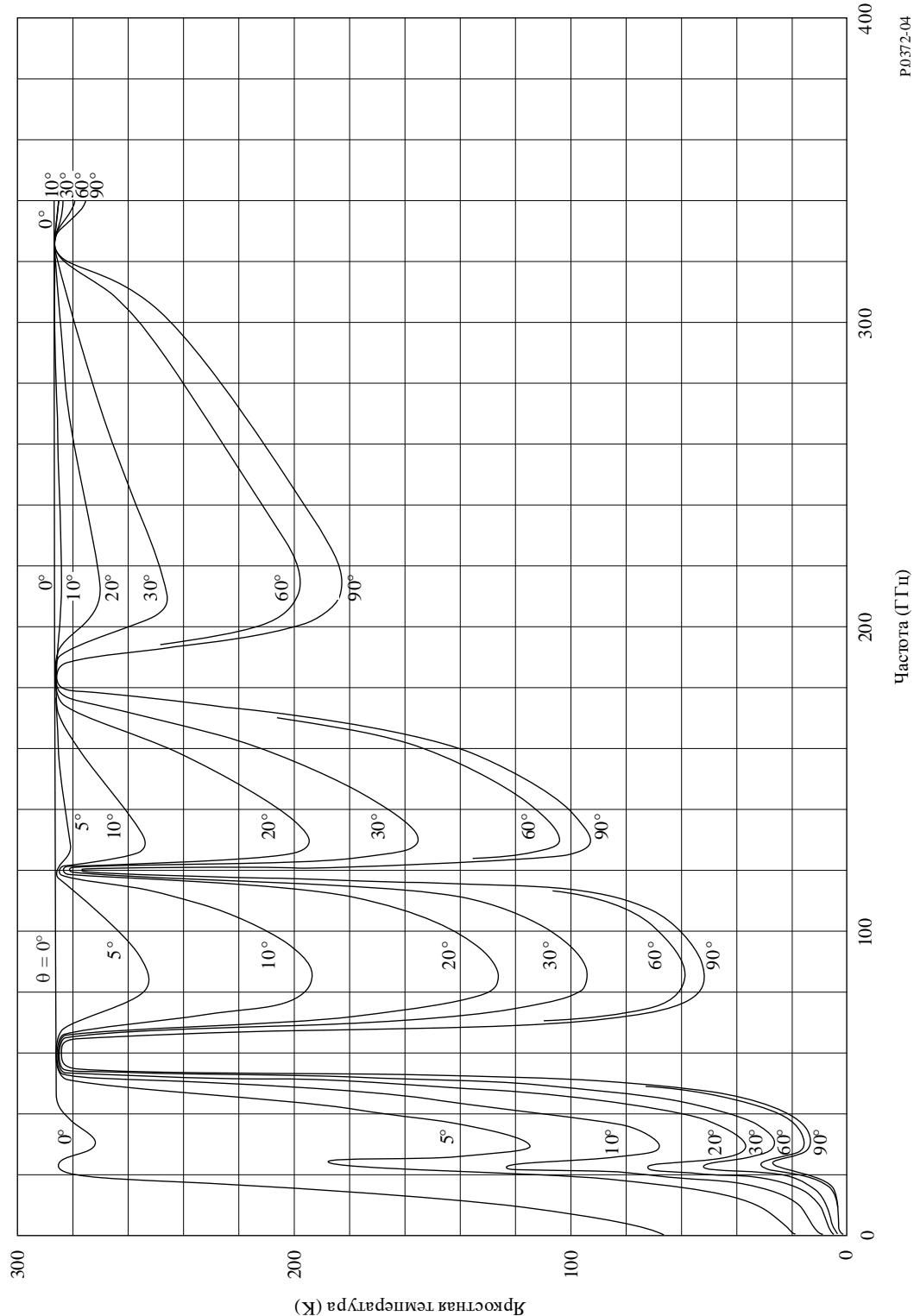
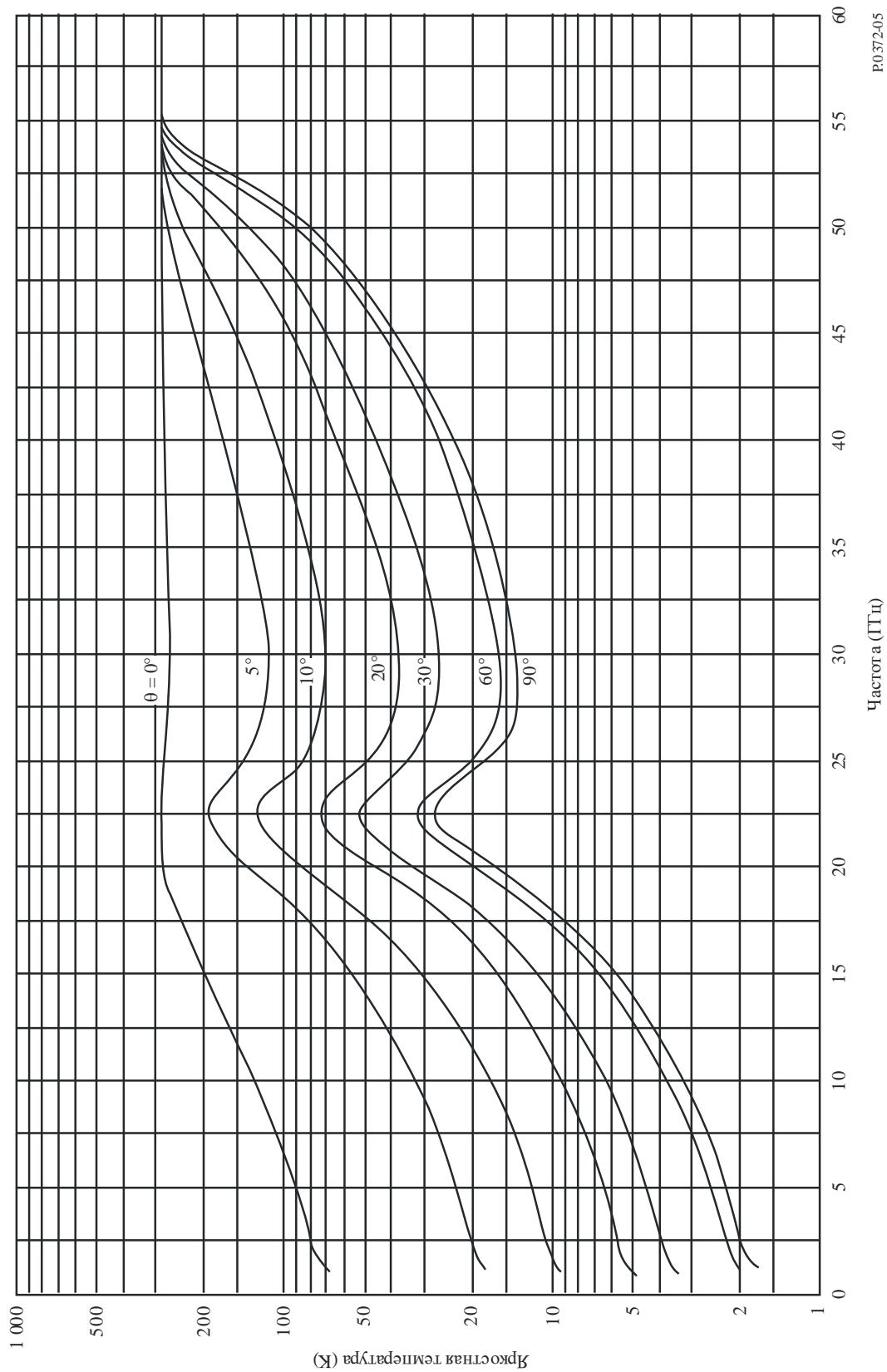


РИСУНОК 5

Яркостная температура при ясном небе при концентрации паров воды $7,5 \text{ г/м}^3$
(увеличенный масштаб по оси абсцисс рис. 4); θ – угол места



3.2 Радиошум, обусловливаемый атмосферой Земли, который влияет на земные станции

При связи Земля-космос, если ослабление сигнала, передаваемого с установленного на борту космического аппарата передатчика на находящийся рядом с поверхностью Земли приемник, известно, то приемлемую оценку яркостной температуры (то есть шума неба) на частотах от 2 до 30 ГГц в направлении трассы распространения от передатчика до установленного на борту космического аппарата передатчика можно получить с помощью следующей формулы:

$$T_b = T_{mr} \left(1 - 10^{-A/10}\right) + 2,7 \times 10^{-A/10} \quad (\text{К}), \quad (10)$$

где:

- T_b : яркостная температура (К) на антенну станции, находящейся на земной поверхности;
- A : общее ослабление в атмосфере, исключая замирание из-за мерцания (дБ);
- T_{mr} : средняя температура атмосферного излучения (К).

Если температура у поверхности T_s (К) известна, средняя температура излучения, T_{mr} , может быть определена для ясной и облачной погоды следующим образом:

$$T_{mr} = 37,34 + 0,81 \times T_s \quad (\text{К}). \quad (11)$$

В отсутствие местных данных может использоваться средняя температура атмосферного излучения, T_{mr} , равная 275 К, для ясной и дождливой погоды.

В Соединенных Штатах Америки было проведено исследование распространения излучения, включая влияние облаков. С помощью компьютера по метеорологическим данным для типичного года, выбранного из базы данных, включающей информацию за 15 лет для каждого из 15 мест, была рассчитана яркостная температура в зените. Результаты для двух мест в США, городов Юма, штат Аризона (годовой уровень осадков 5,5 см), и Нью-Йорка (годовой уровень осадков 98,5 см), для пяти различных частот приведены на рис. 6а) и 6б). Из этих кривых видно, что температура шума в зените на частоте 90 ГГц может быть ниже, чем на частоте 44 ГГц. Это характерно для случая очень низких яркостных температур в зените и означает, что содержание паров воды очень невелико (ниже 3 г/м³). Однако из рис. 4 (концентрация паров воды 7,5 г/м³) можно видеть, что яркостные температуры на частоте 90 ГГц и 44 ГГц практически одинаковы.

3.3 Радиошум, обусловливаемый атмосферой Земли и поверхностью Земли, который влияет на космические станции

Яркостную температуру земной поверхности под определенным углом со стороны надира можно рассчитать с помощью уравнения распространения излучения, описывающего процесс отражения падающего атмосферного излучения и эмиссию излучения от земной поверхности.

Этот расчет заключается в интегрировании падающего излучения по всем углам и учитывает ослабление в атмосфере.

Уравнение можно упростить до следующего выражения:

$$T = \epsilon T_{surf} + \rho T_{atm}, \quad (12)$$

где:

- ϵ : эффективная эмиссионная способность земной поверхности;
- ρ : эффективный коэффициент отражения;
- T_{surf} : физическая температура земной поверхности (К);
- T_{atm} : взвешенное среднее значение яркостной температуры неба.

Вплоть до частоты 100 ГГц, но особенно на частотах ниже 10 ГГц, коэффициент отражения ρ обычно высок, а эмиссионная способность ϵ мала.

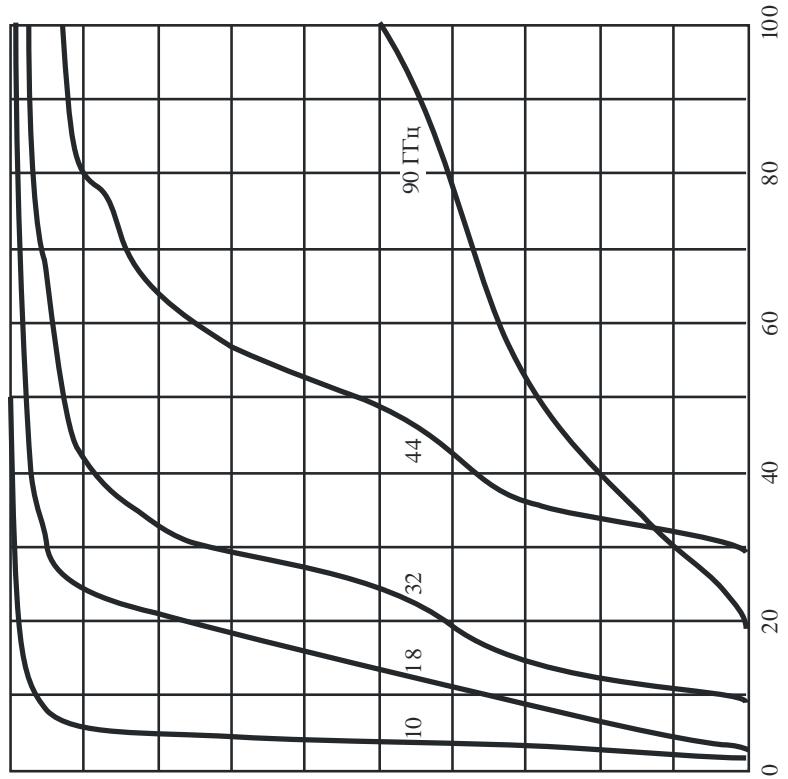
На рис. 7а) показана эмиссионная способность и яркостная температура гладкой поверхности водоема для вертикальной и горизонтальной поляризации для двух углов падения излучения. Следует отметить, что на частотах более 5 ГГц пресная и соленая вода имеют одинаковые характеристики.

На рис. 7б) показана яркостная температура морской поверхности в надире для трех частот в виде функции от физической температуры морской поверхности при солености, равной 36 частям на тысячу.

На рис. 7с) и 7д) показано, как увеличивается яркостная температура морской поверхности при увеличении скорости ветра. Эти рисунки могут быть полезным инструментом при прогнозировании штормов.

РИСУНОК 6

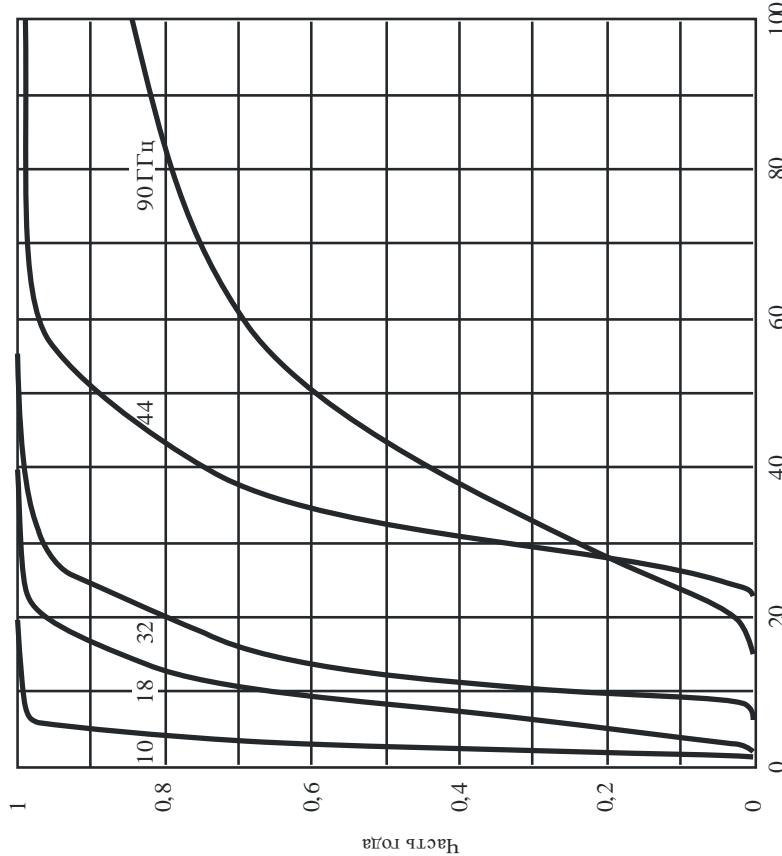
Период времени, в течение которого температура шума неба в зените (яркостная) равна или меньше значения абсциссы для типичного года



Температура атмосферного шума в зените (К)

а) Юма, штат Аризона, США (1961 г.; общий уровень дождевых осадков: 55 мм)

б) Нью-Йорк, штат Нью-Йорк, США (1959 г.; общий уровень дождевых осадков: 985 мм)



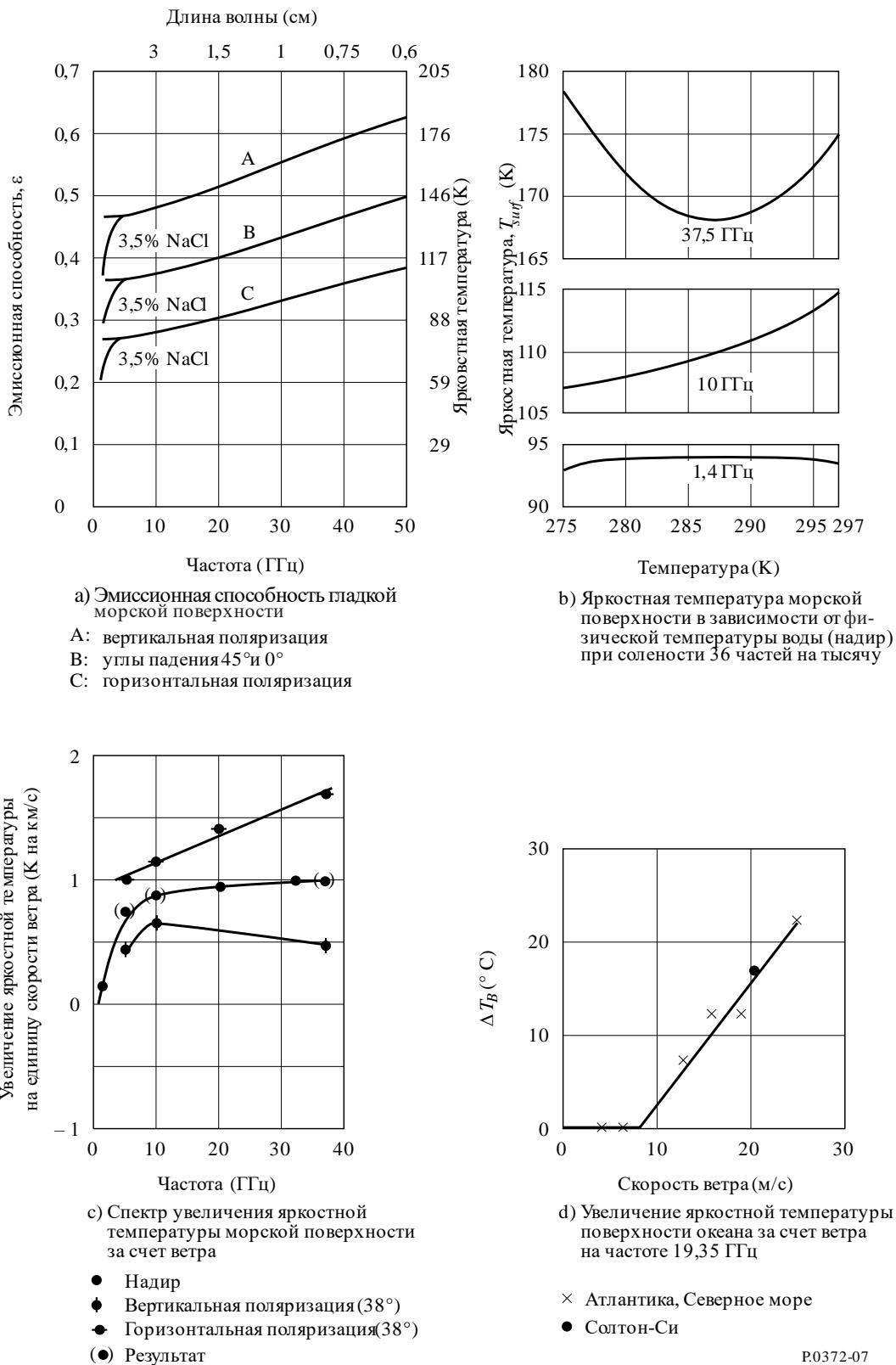
Температура атмосферного шума в зените (К)

P.0372-06

P.0372-06

РИСУНОК 7

Изменения эмиссионной способности и яркостной температуры морской поверхности



Эмиссионная способность (и, следовательно, яркостная температура) поверхности суши выше, чем у водоемов, так как диэлектрические константы суши меньше по величине. На рис. 8а) показана яркостная температура ровной земной поверхности с различным содержанием влаги; на рис. 8б) представлена яркостная температура для земной поверхности с различной степенью неровности. Эти кривые получены для вертикальной горизонтальной и круговой поляризации. При увеличении содержания влаги яркостная температура уменьшается; при увеличении неровности яркостная температура увеличивается.

На рис. 9 приведены расчеты яркостной температуры, наблюдавшейся с геостационарной орбиты спутником, использующим луч, покрывающий Землю (Земля заполняет основной луч между точками на уровне 3 дБ). По мере движения спутника по орбите можно наблюдать влияние большого участка суши (горячего) на 30° восточной долготы, коим является Африка, коим является Африка, и Тихого океана (холодного) между 180° и 150° западной долготы. Яркостная температура увеличивается при увеличении частоты в основном за счет поглощения газами. Кривые получены для стандартной атмосферы США при плотности водяных паров $2,5 \text{ г/м}^3$ 50-процентной облачности. Диаграмма направленности антенны с зоной покрытия, в которую попадет Земля, определяется как $G(\phi) = -3(\phi/8,715)^2 \text{ дБ}$ при $0 \leq \phi \leq 8,715$, где ϕ – угол отклонения от точки прицеливания.

РИСУНОК 8

Яркостная температура земной поверхности на частоте 1430 МГц в зависимости от угла места

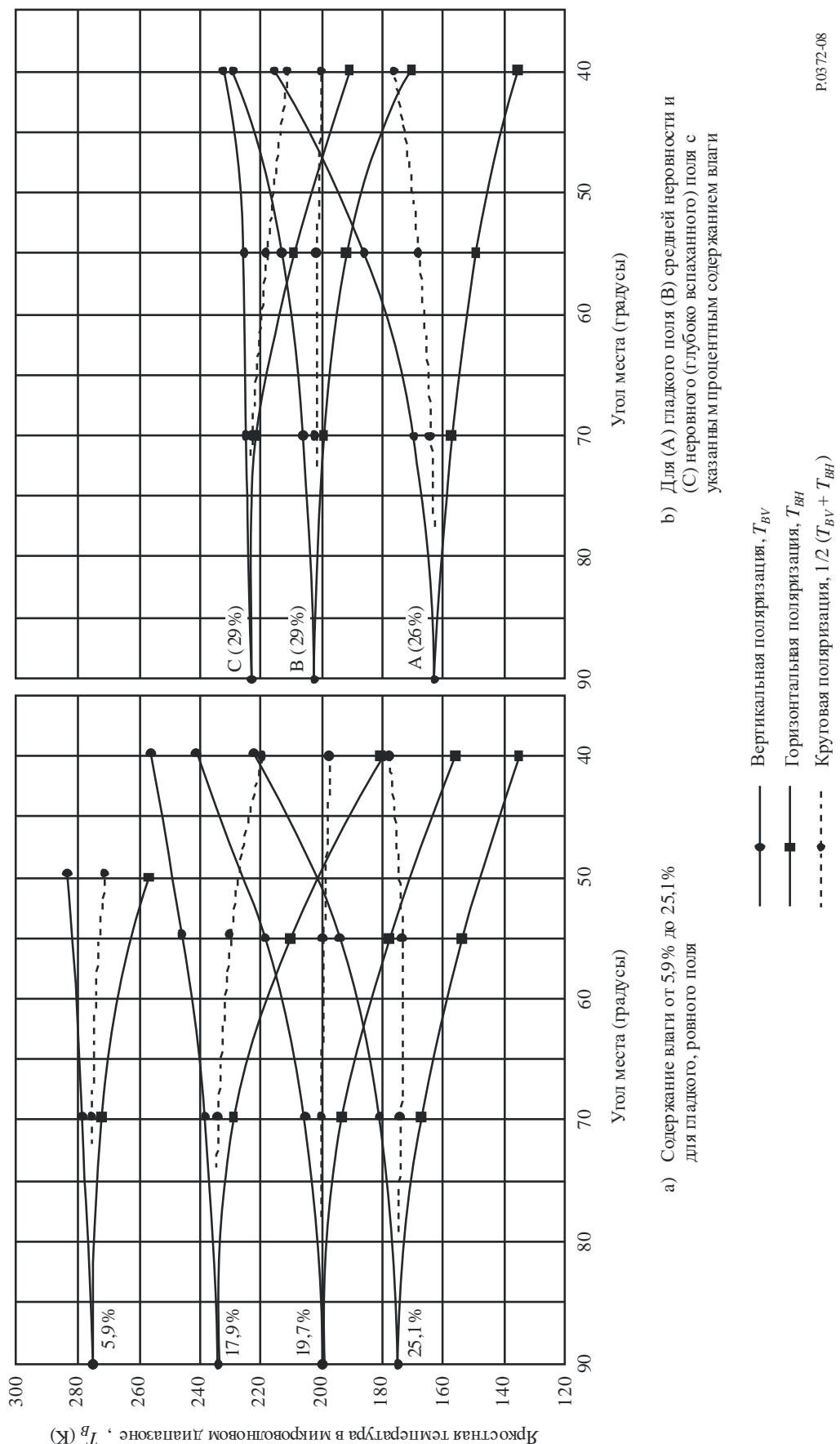
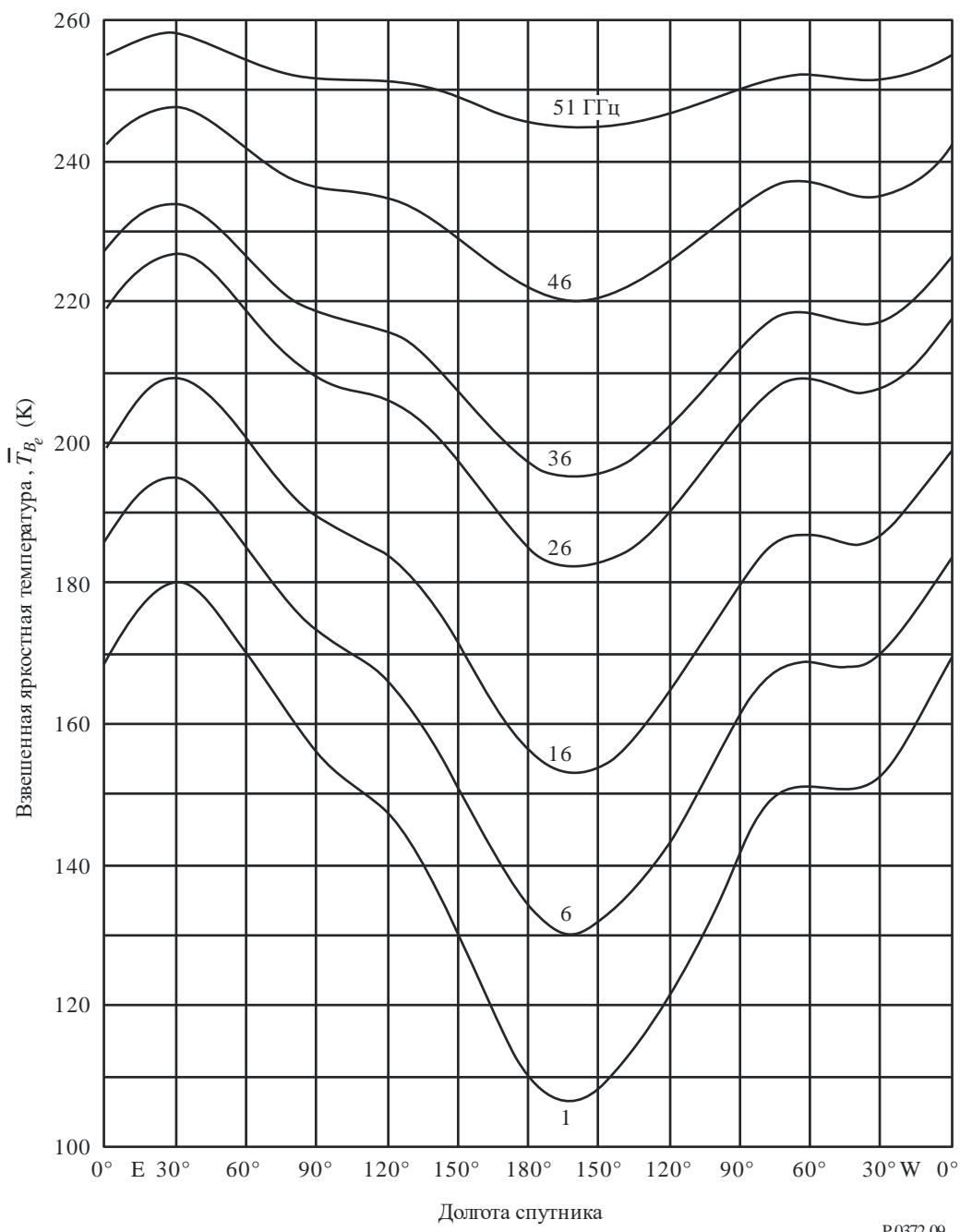


РИСУНОК 9

Взвешенные значения яркостной температуры Земли в зависимости от долготы, наблюдаемой с геостационарной орбиты, на частотах от 1 до 51 ГГц



ЧАСТЬ 4

Яркостная температура, обусловливаемая внеземными источниками**4.1 Яркостная температура, обусловливаемая внеземными источниками**

Как правило, для связи на частотах ниже 2 ГГц необходимо учитывать влияние Солнца и галактики (Млечный путь), которое проявляется в виде широкого пояса с сильным излучением. На частотах приблизительно до 100 МГц медианное значение коэффициента галактического шума для вертикальной антенны, без учета ионосферного экранирования, определяется по формуле:

$$F_{am} = 52 - 23 \log f, \quad (13)$$

где:

f : частота (МГц).

Отклонение децибел средней мощности галактического шума составляет ± 2 дБ.

В этих условиях варьирование как верхних, так и для нижних децибел для галактического шума составляет 2 дБ.

Галактический шум не будет наблюдаться на частотах ниже $foF2$ и будет меньше, чем определяется уравнением (14), для частот, приблизительно в три раза превышающих $foF2$.

Выше 2 ГГц следует рассматривать только Солнце и несколько очень сильных нетепловых источников, таких как Кассиопея А, Лебедь А и Х и туманность Рака, поскольку вклад от космического фона составляет только 2,7 К, а Млечный путь проявляет себя как узкая зона несколько большей интенсивности. На рис. 10 показан диапазон изменения яркостной температуры известных внеземных источников шума на частотах 0,1–100 ГГц.

На рис. 11а, 11б, 11с и 11д представлены сглаженные кривые общей радиотемпературы неба на частоте 408 МГц с угловым разрешением 5° . Рис. 11 даны в экваториальных координатах – склонение, δ (широта) и прямое восхождение, α (в часах, начиная от весеннего равноденствия, по направлению на восток вокруг экватора). Контуры дают температуру в К выше 2,7 К. Точность составляет 1 К. Интервалы между контурами следующие:

- 2 К ниже 60 К;
- 4 К от 60 К до 100 К;
- 10 К от 100 К до 200 К;
- 20 К выше 200 К.

Стрелки на непомеченных контурах показывают направление движения по часовой стрелке вокруг минимального значения в распределении яркостной температуры.

Пунктирная синусоидальная кривая между $\pm 23,5^\circ$ на рис. 11а и 11д определяет эклиптику, которая пересекает Млечный путь вблизи центра галактики. Это означает, что если в межпланетном пространстве находится космический корабль, то возможно этот факт необходимо учитывать. Наиболее сильные точечные источники дают острые пики в распределении температуры, тогда как влияние более слабых отражено не так явно из-за недостаточного углового разрешения.

Интенсивность фонового галактического излучения зависит от частоты. Для того чтобы получить яркостную температуру фонового излучения на других частотах, f_i , используется формула

$$T_b(f_i) = T_b(f_0) (f_i/f_0)^{-2,75} + 2,7 \quad (\text{К}). \quad (14)$$

Таким образом, для $T_b = 200$ К, $f_0 = 408$ МГц и $f_i = 1$ ГГц такая экстраполяция даст значение:

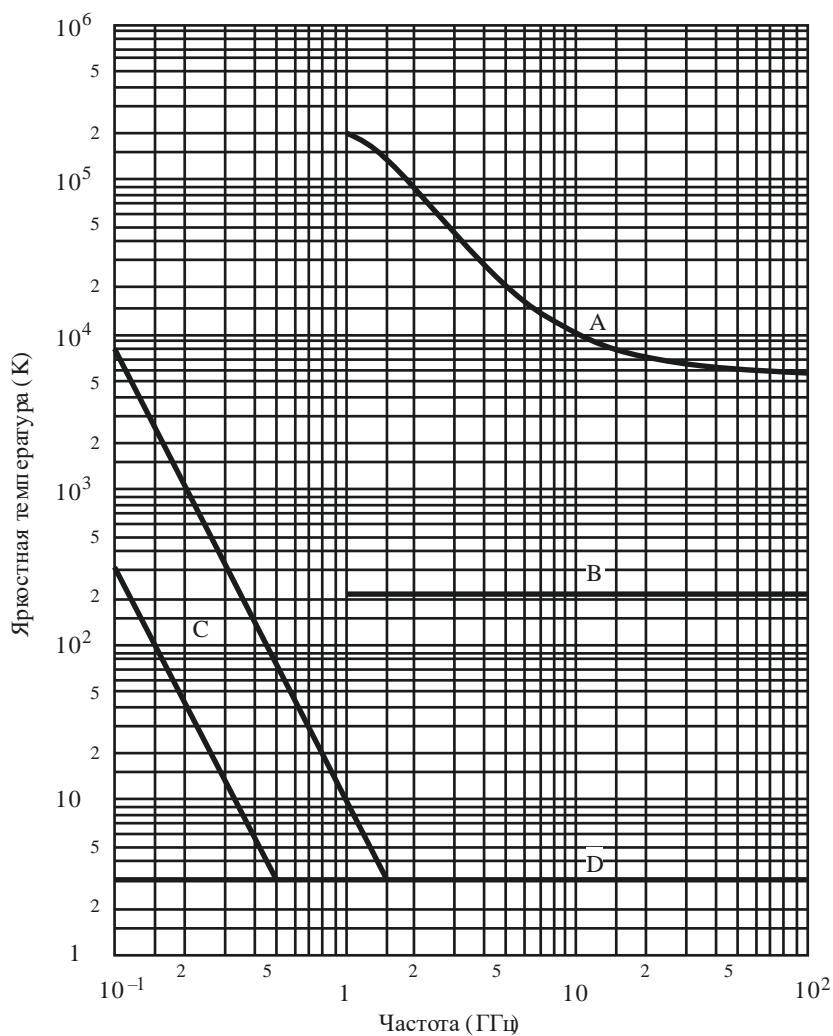
$$T_b = 19,7 \quad \text{К.}$$

Более точная экстраполяция с использованием этой формулы требует учета изменений экспоненты в зависимости от частоты и местоположения на небосводе. Для точечных источников изменение интенсивности излучения с частотой зависит от их физических условий.

Для электросвязи с использованием спутников на геостационарной орбите особый интерес представляет ограниченный участок небосвода, как показано на рис. 12а. Соответствующий диапазон склонений ($\pm 8,7^\circ$) показан на рис. 12б с указанием наиболее сильных источников излучения.

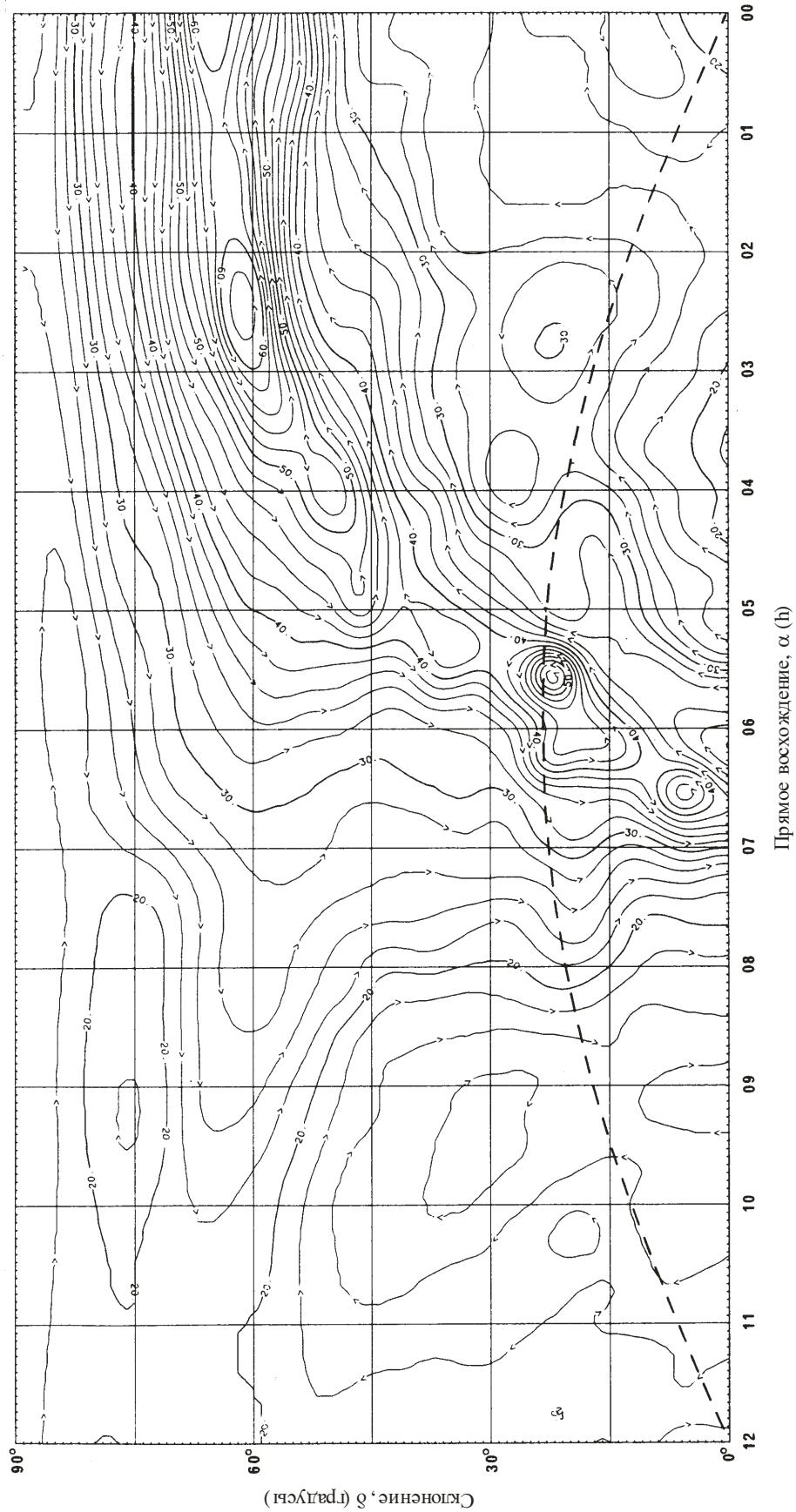
Солнце является мощным источником шума, температура которого меняется от примерно 10⁶ К на частотах от 50 до 200 МГц до, по крайней мере, 10⁴ К на частоте 10 ГГц при спокойном Солнце. Сильные всплески интенсивности шума возникают в периоды солнечной активности. Яркостная температура Луны почти не зависит от частоты, если она выше 1 ГГц; она колеблется от 140 К во время новолуния до 280 К при полнолунии. Траектория Солнца проходит через плоскость эклиптики (пунктирная кривая на рис. 11). Луну можно наблюдать в пределах $\pm 5^\circ$ склонения плоскости эклиптики.

РИСУНОК 10
Внеземные источники шума



A: спокойное Солнце }
B: Луна
C: диапазон галактического шума
D: космический фон

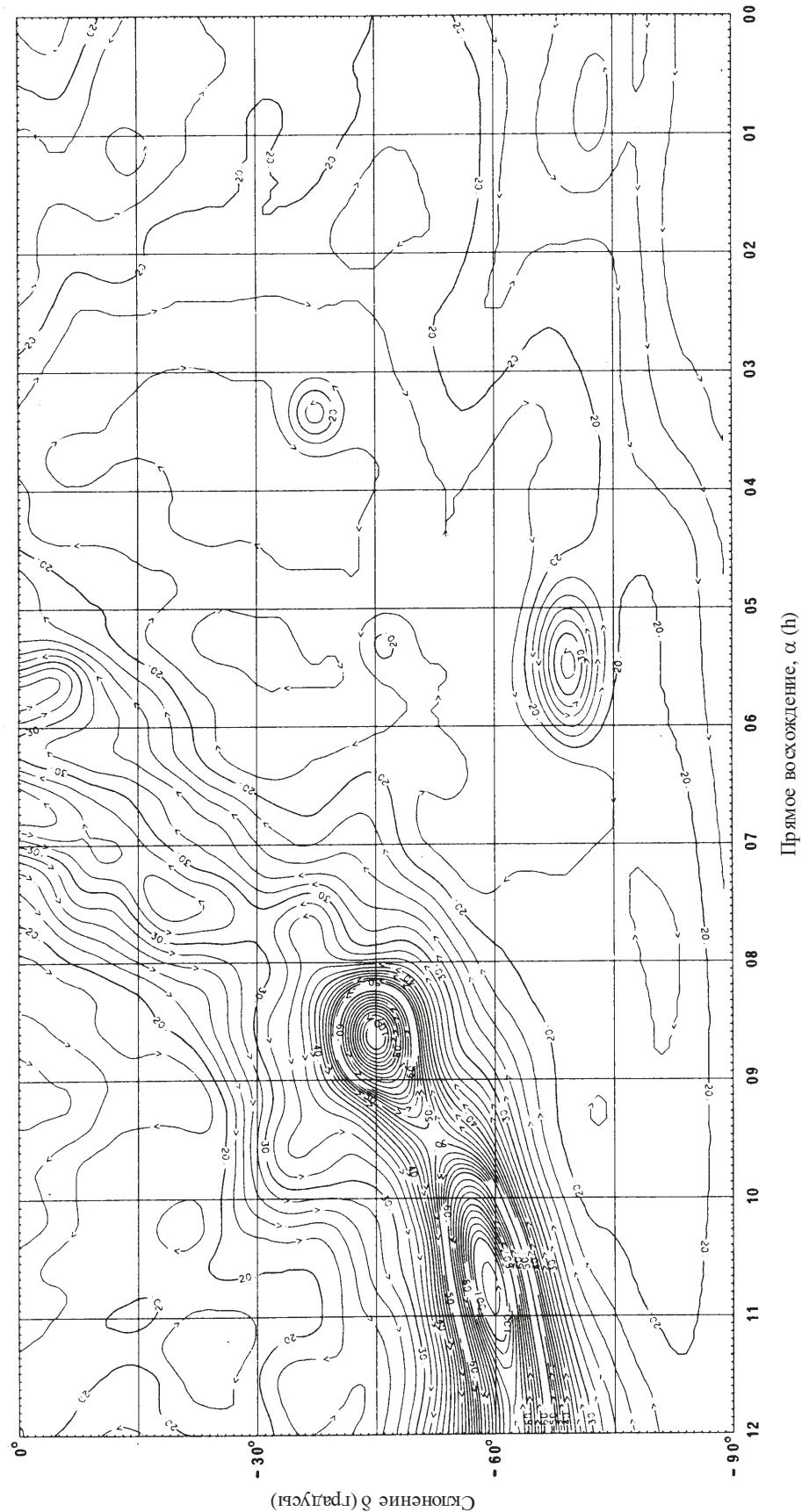
РИСУНОК 11а
Радиотемпература неба на частоте 408 МГц



Прямое восхождение от 0000 ч до 1200 ч, склонение от 0° до +90°, пунктирая кривая; эклиптика

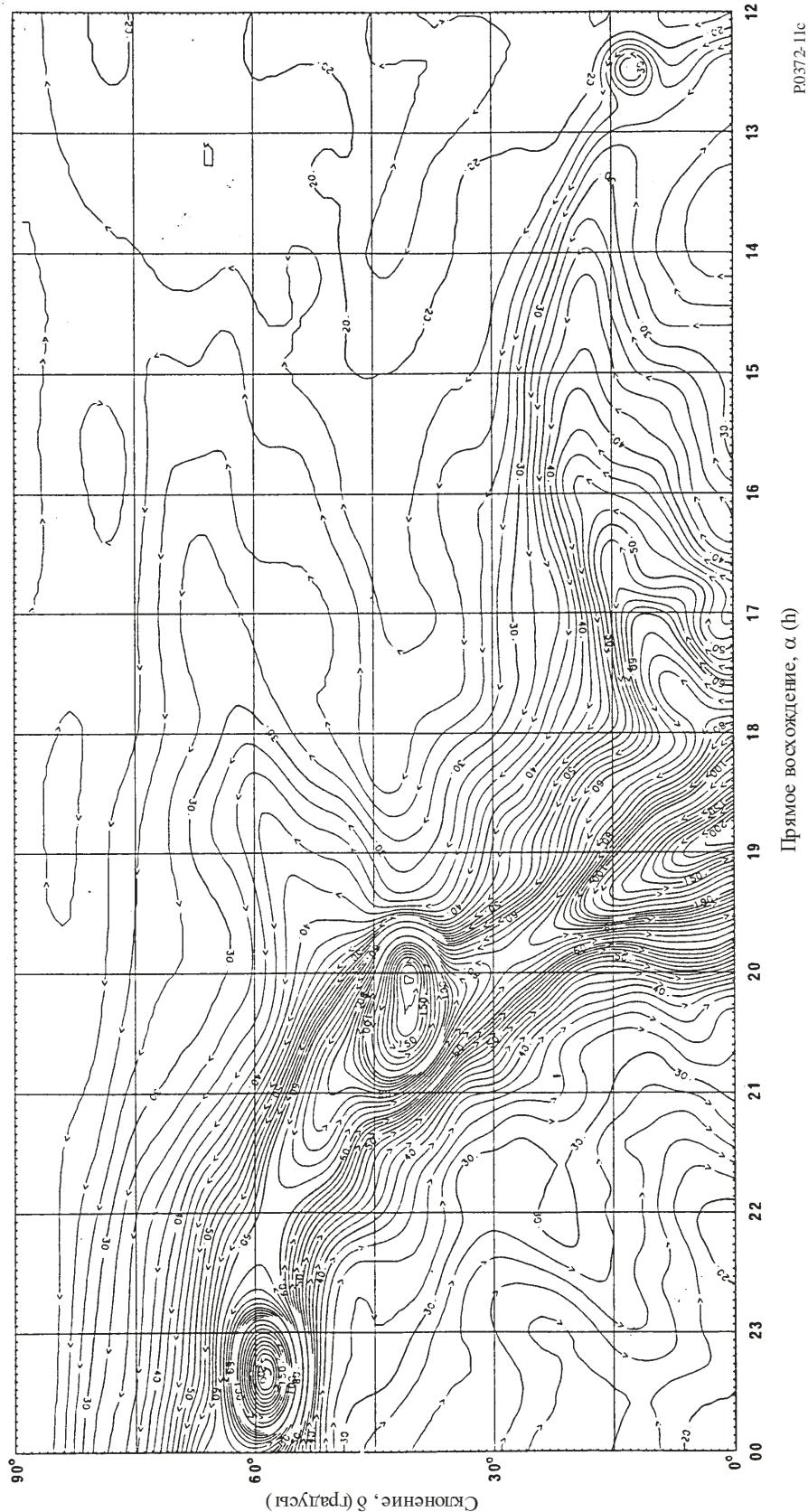
Р.0372-11а

РИСУНОК 11б
Радиотемпература неба на частоте 408 МГц



П.0372-11б
Прямое восхождение от 0000 ч до 1200 ч, склонение от 0° до -90°

РИСУНОК 11с
Радиотемпература неба на частоте 408 МГц



Прямое восхождение от 1200 ч до 2400 ч, склонение от 0° до $+90^{\circ}$

РИСУНОК 11д
Радиотемпература неба на частоте 408 МГц

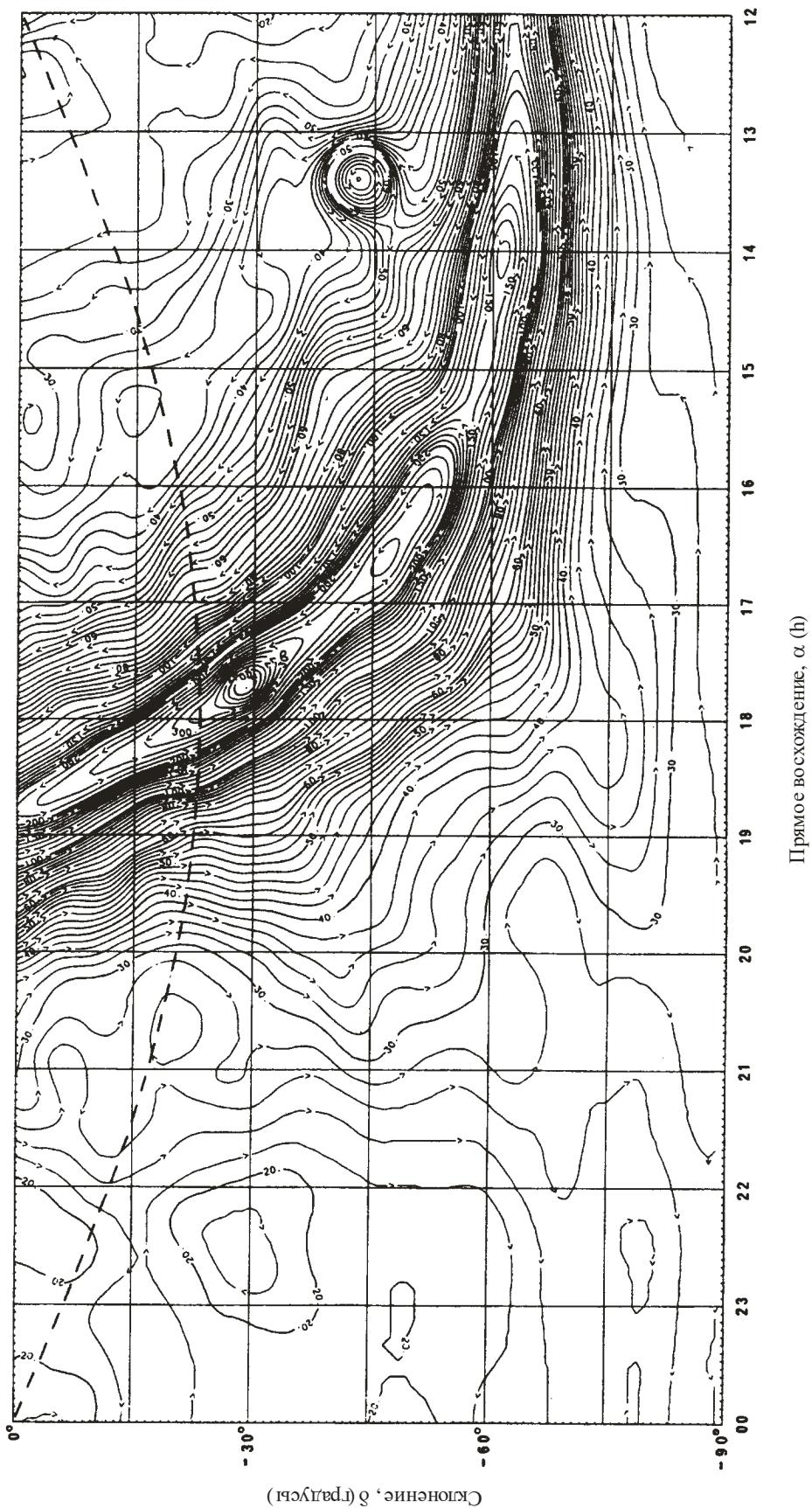
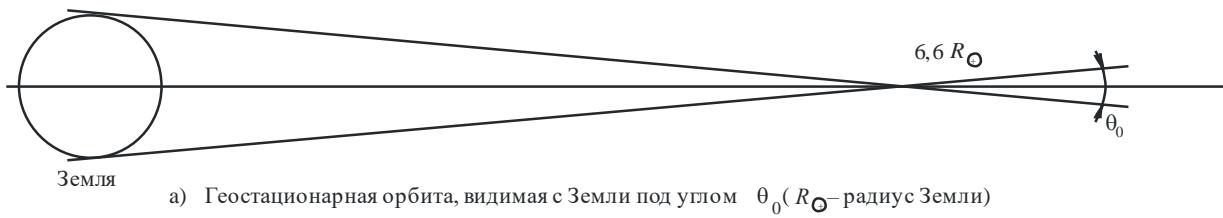


РИСУНОК 12
Участок небосвода, представляющий интерес для электросвязи
с использованием спутников на геостационарной орбите



а) Геостационарная орбита, видимая с Земли под углом θ_0 (R_{\odot} – радиус Земли)



б) Местоположения наиболее сильных (○) источников излучения для полосы $\pm 8.7^{\circ}$ относительно небесного экватора. Цифры относятся к обозначениям, используемым в каталоге, например 3С обозначает третий Кэмбридж

Р.0372-12

ЧАСТЬ 5

Атмосферные помехи, обусловливаемые грозовыми разрядами

5.1 Атмосферные помехи, обусловливаемые грозовыми разрядами

Карты мира фоновых атмосферных радиошумов, на которых приведены ожидаемые медианные значения средней мощности шума, F_{am} (дБ) выше $k T_0 b$, на частоте 1 МГц для каждого времени года при 4-часовых временных блоках, время местное, показаны на рис. 13а–36а. Изменение F_{am} с частотой для каждого блока сезон-время можно видеть на рис. 13б–36б, а изменение других параметров шума в зависимости от частоты – на рис. 13с–36с. В качестве эталонной антенны для этих атмосферных помех принят короткий вертикальный вибратор над идеально проводящей плоской земной поверхностью (влияние идеально проводящей плоской земной поверхности рассматривается в Рекомендации МСЭ-Р Р.341, Приложение 2). Оценки представляют собой оценки атмосферных помех, агрегированные по всем направлениям, и нецелесообразно принимать во внимание направленность конкретных антенн. Напряженность падающего поля можно определить с помощью формул, приводимых в пункте 2.

Можно заметить, что на рисунках указаны значения атмосферных помех ниже ожидаемых уровней промышленного шума и галактического шума. Этими значениями следует пользоваться с осторожностью, поскольку они являются всего лишь оценками возможных уровней атмосферных помех в отсутствие шума других типов. Однако анализ данных показал, что в некоторых редких случаях такие низкие уровни помех были действительно измерены.

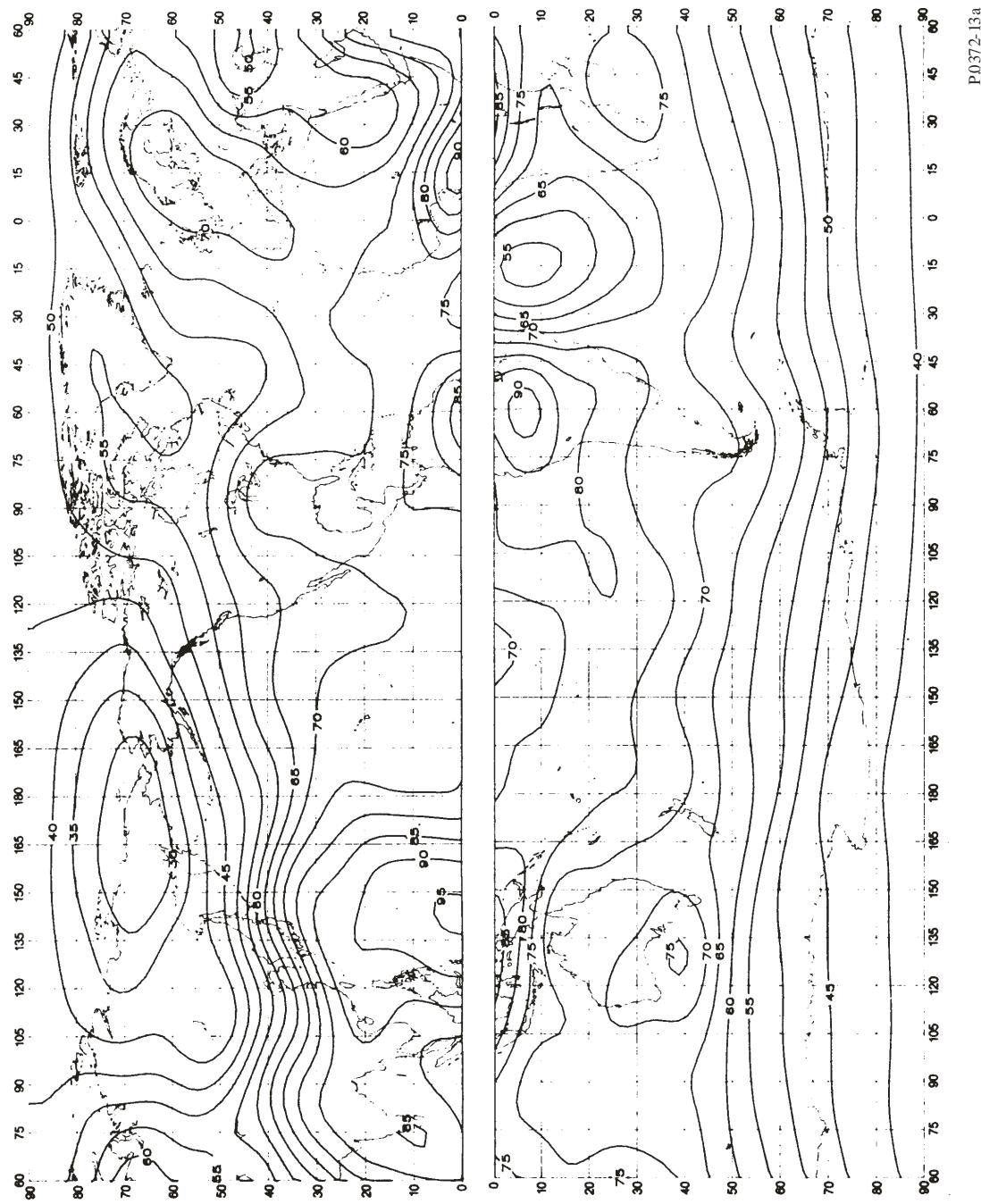
Атмосферные помехи, обусловленные грозовыми разрядами, как правило, по своему характеру не являются гауссовыми, и их функция плотности вероятности может быть важной при определении рабочих характеристик цифровых систем. Амплитуда распределения вероятности (APB) такого типа шума описывается в понятиях отклонения напряжения, V_d , коэффициента среднеквадратичного значения средней величины огибающей напряжения шума.

Кривые APB, соответствующие различным значениям V_d , приведены на рис. 37, где за эталонное принято среднеквадратичное значение огибающей напряжения A_{rms} . Измеренные значения V_d колеблются относительно предсказанного медианного значения, V_{dm} , и размах этих вариаций определяется параметром σV_d . Кривые APB можно использовать в широкой полосе частот. Приведенные оценки V_d (рис. 13с–36с) пригодны для ширины полосы 200 Гц, а с помощью рис. 39 можно преобразовать это значение V_d в значение, соответствующее V_d в другой ширине полосы. Строго говоря, рис. 39 справедлив лишь в диапазонах СЧ и ВЧ, поэтому использовать эти данные на более низких частотах (т. е. на НЧ, ВНЧ и КНЧ) следует с осторожностью.

Рисунки используются следующим образом. Значение F_{am} для частоты 1 МГц получено по диаграммам уровней шума (рис. 13а–36а) для рассматриваемого времени года. Используя это значение в качестве градиуровочного, можно по кривым частот на рис. 13б–36б определить F_{am} для требуемой частоты. Параметры, характеризующие изменчивость, σ_{Fam} , D_u , σ_{D_u} и др., получают для требуемой частоты с помощью рис. 13с–36с. Значения D и σ_D для других процентов времени можно получить, сделав предположение о том, что распределение по обе стороны от медианы следует логарифмически нормальному закону.

РИСУНОК 13а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (зима; 00 час. 00 мин. – 04 час. 00 мин. местного времени)



P0372-13a

Изменчивость уровня радиопути в зависимости от частоты (зима; 00 час. 00 мин. – 04 час. 00 мин. местного времени)

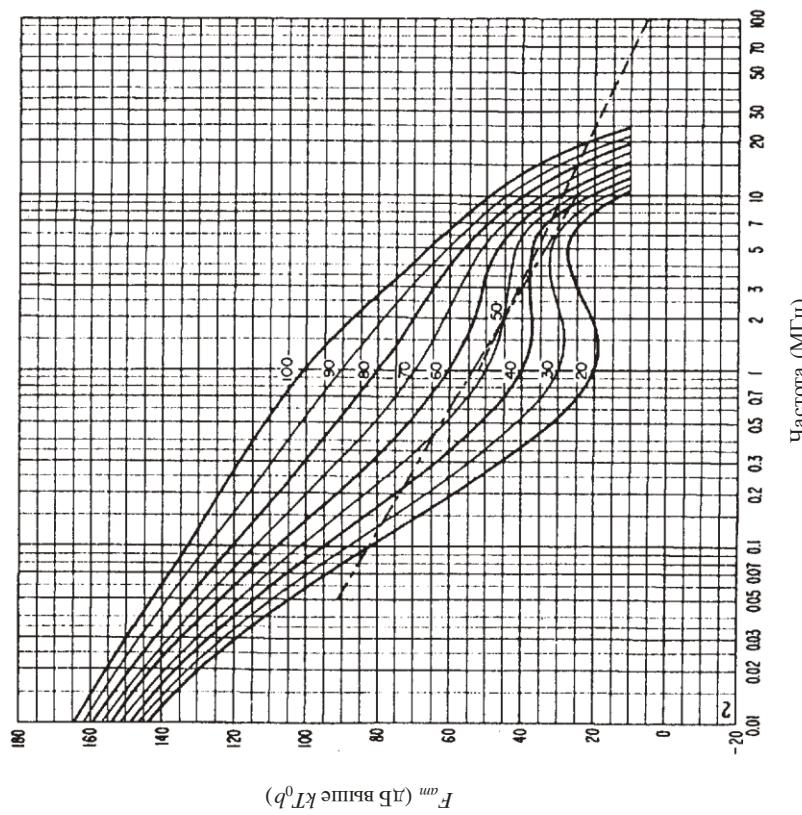
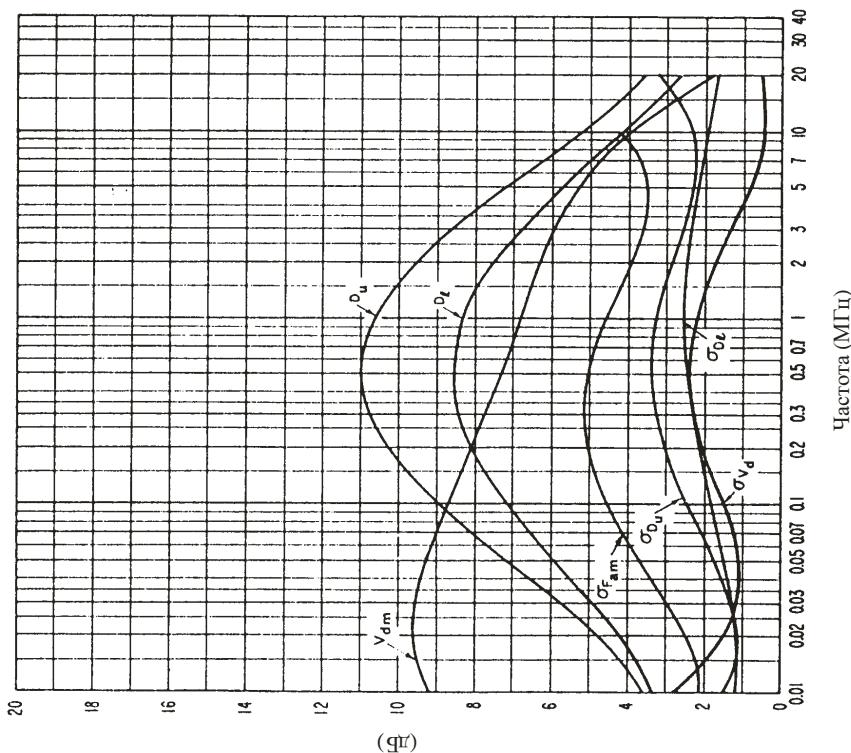


РИСУНОК 13с
Данные об изменчивости и характере шума
(зима; 00 час. 00 мин. – 04 час. 00 мин. местного времени)



— Ожидаемы *е* значения атмосферных помех

Ожидаемые значения промышленного шума, когда приемник расположен в тихом месте

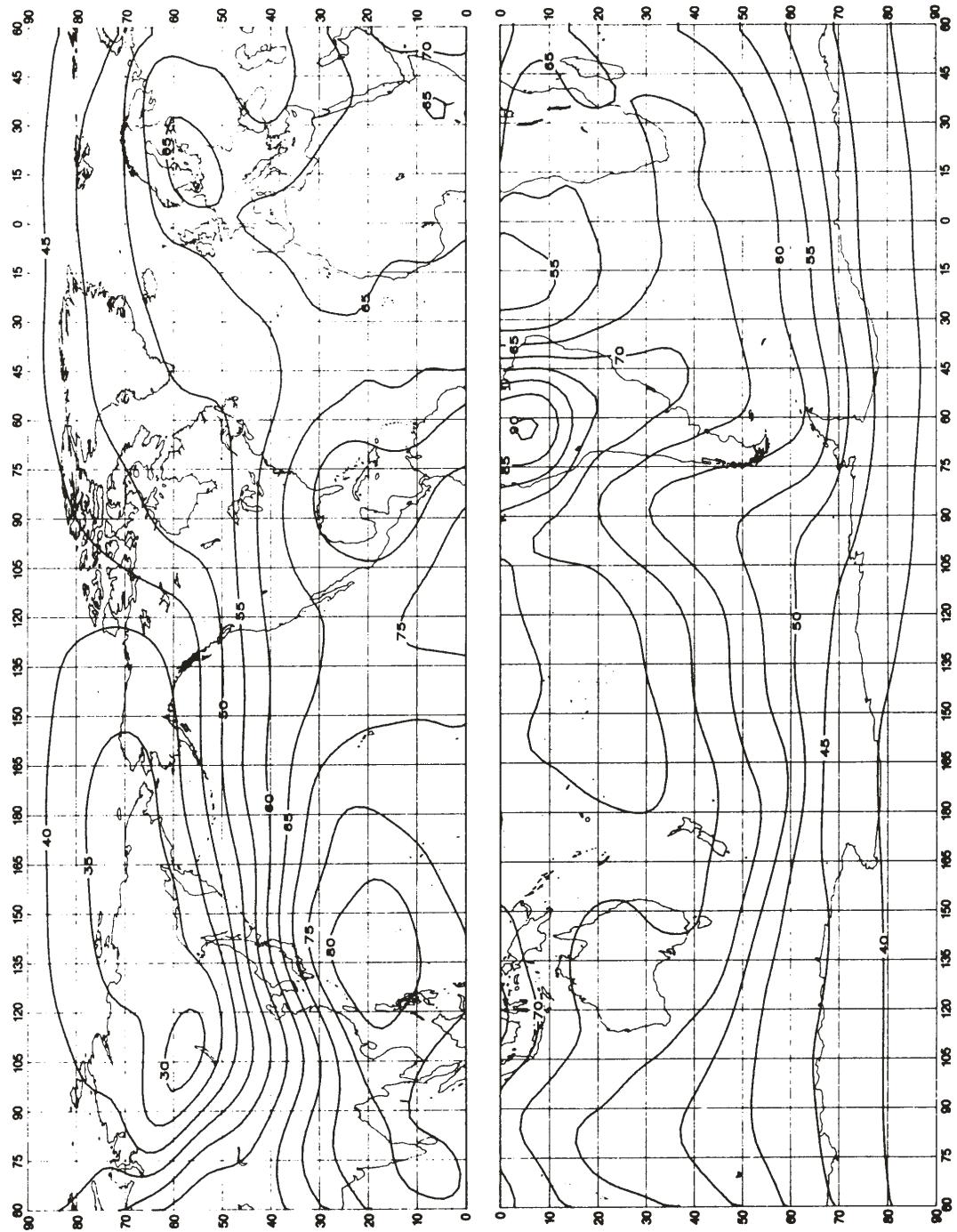
— — — Ожидаемые значения галактического шума

D_l : Стандартное отклонение величины D_l
 V_{dm} : Ожидаемое значение медианы отклонения среднего напряжения. Приведены значения для полосы 200 Гц

V_d : Стандартное отклонение V_d

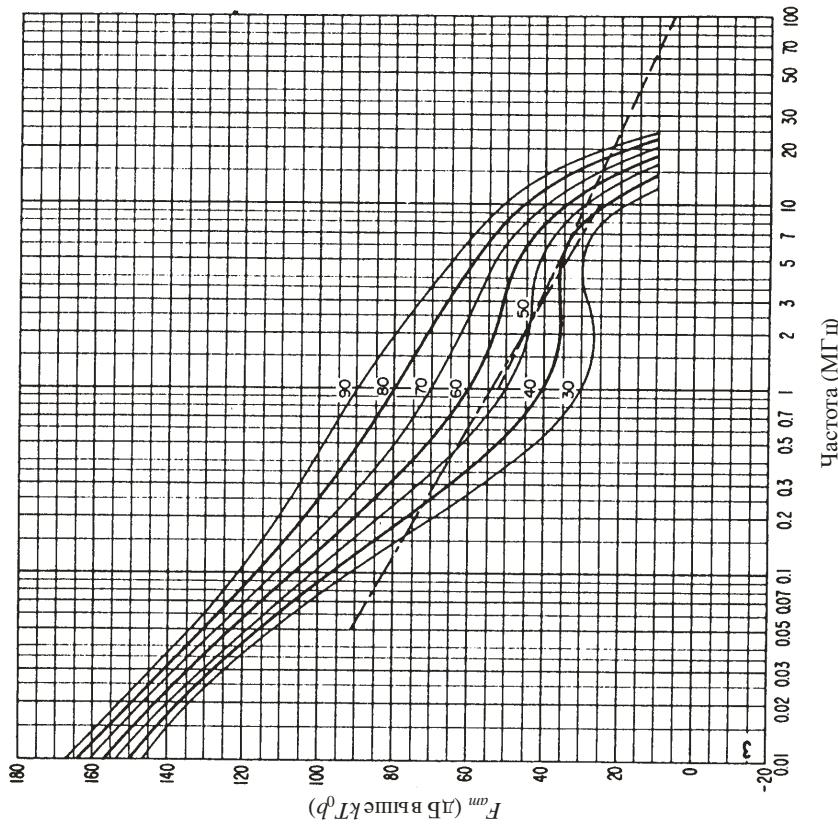
РИСУНОК 14а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (зима; 04 час. 00 мин. – 08 час. 00 мин. местного времени)



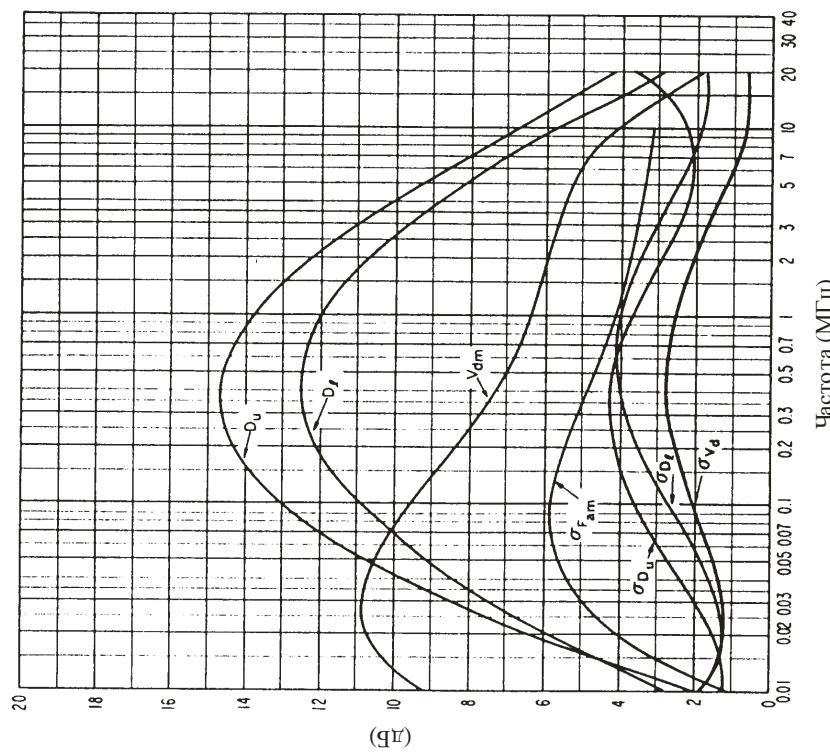
P.0372-14a

РИСУНОК 14b
Изменчивость уровня радиочуства в зависимости от частоты
(зима; 04 час. 00 мин. – 08 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13б

РИСУНОК 14c
Данные об изменчивости и характере шума
(зима; 04 час. 00 мин. – 08 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13с

Р0372-14b

РИСУНОК 15а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (зима; 08 час. 00 мин. – 12 час. 00 мин. местного времени)

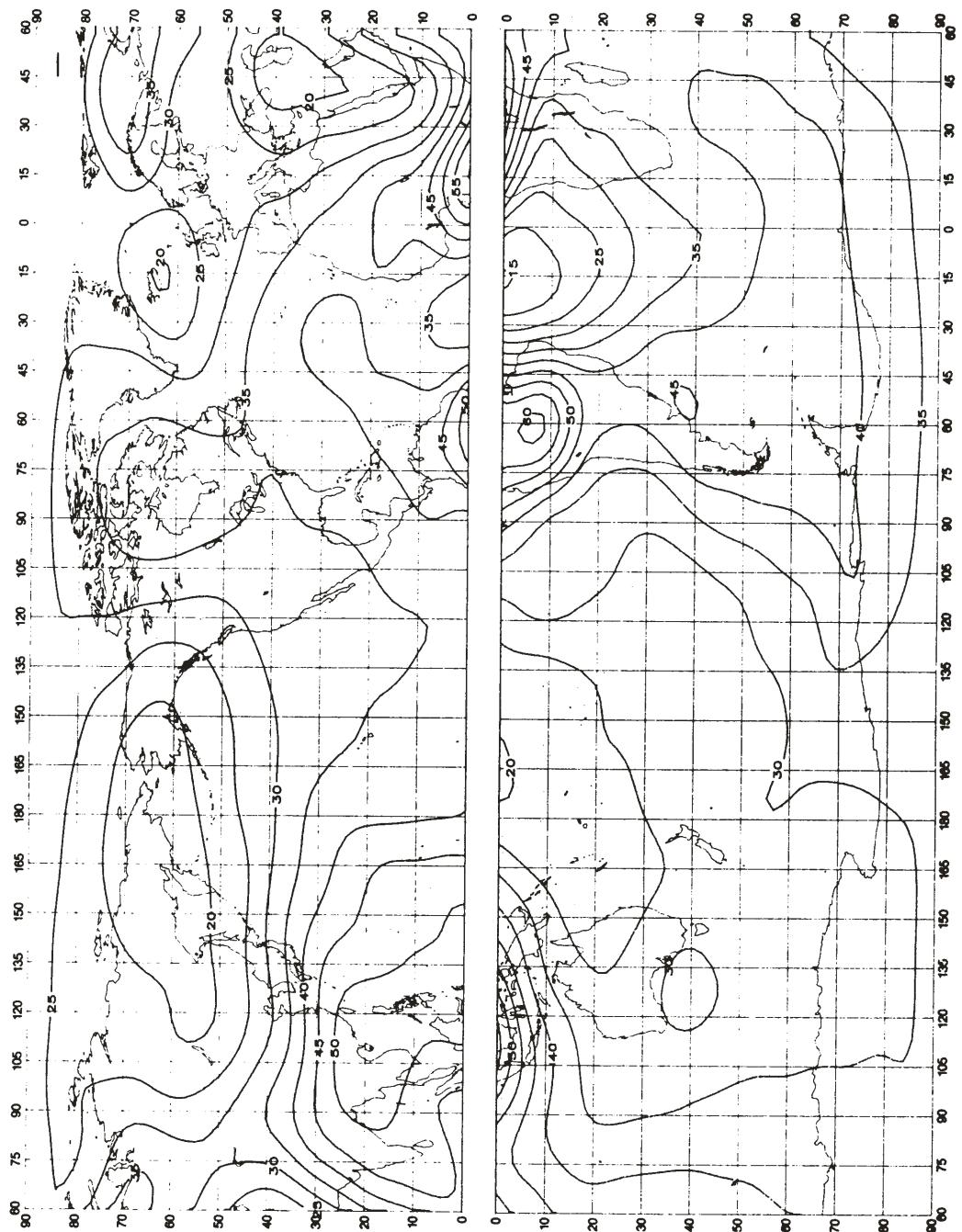
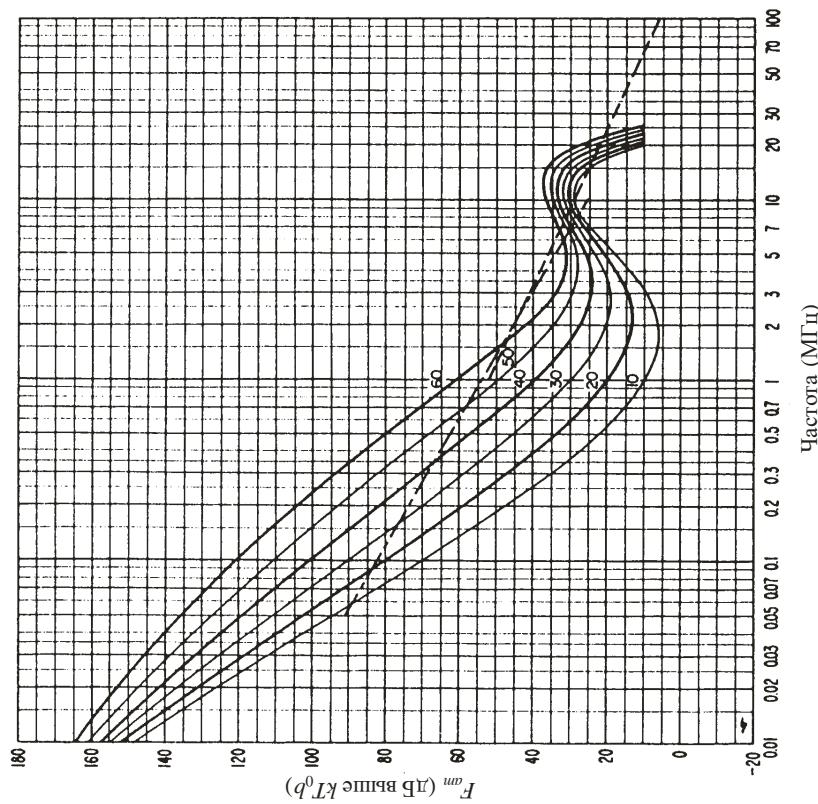


РИСУНОК 15б

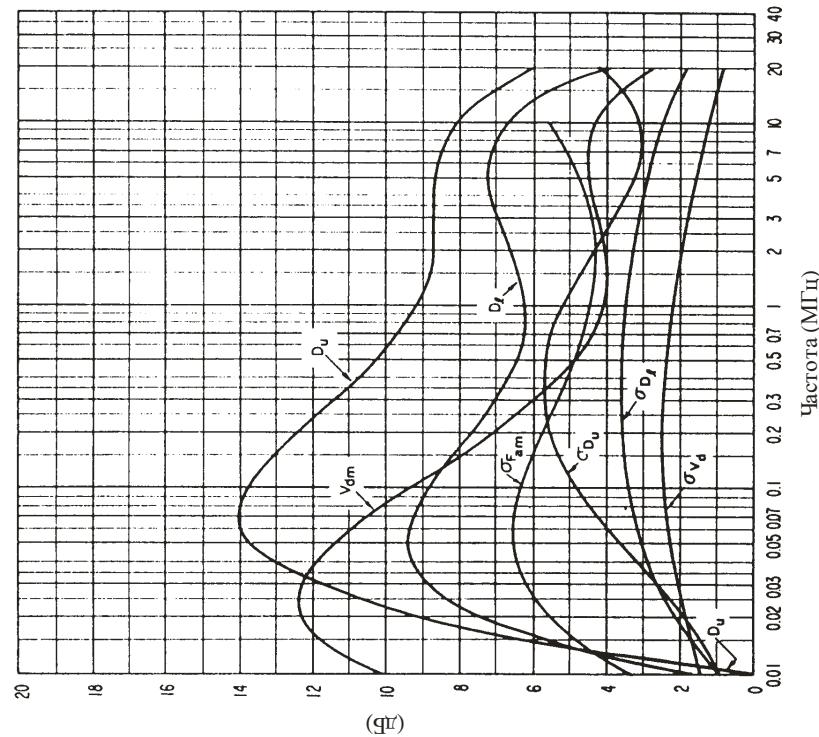
Изменчивость уровня радионуза в зависимости от частоты
(зима; 08 час. 00 мин. – 12 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13б

РИСУНОК 15с

Данные об изменчивости и характере шума
(зима; 08 час. 00 мин. – 12 час. 00 мин. местного времени)

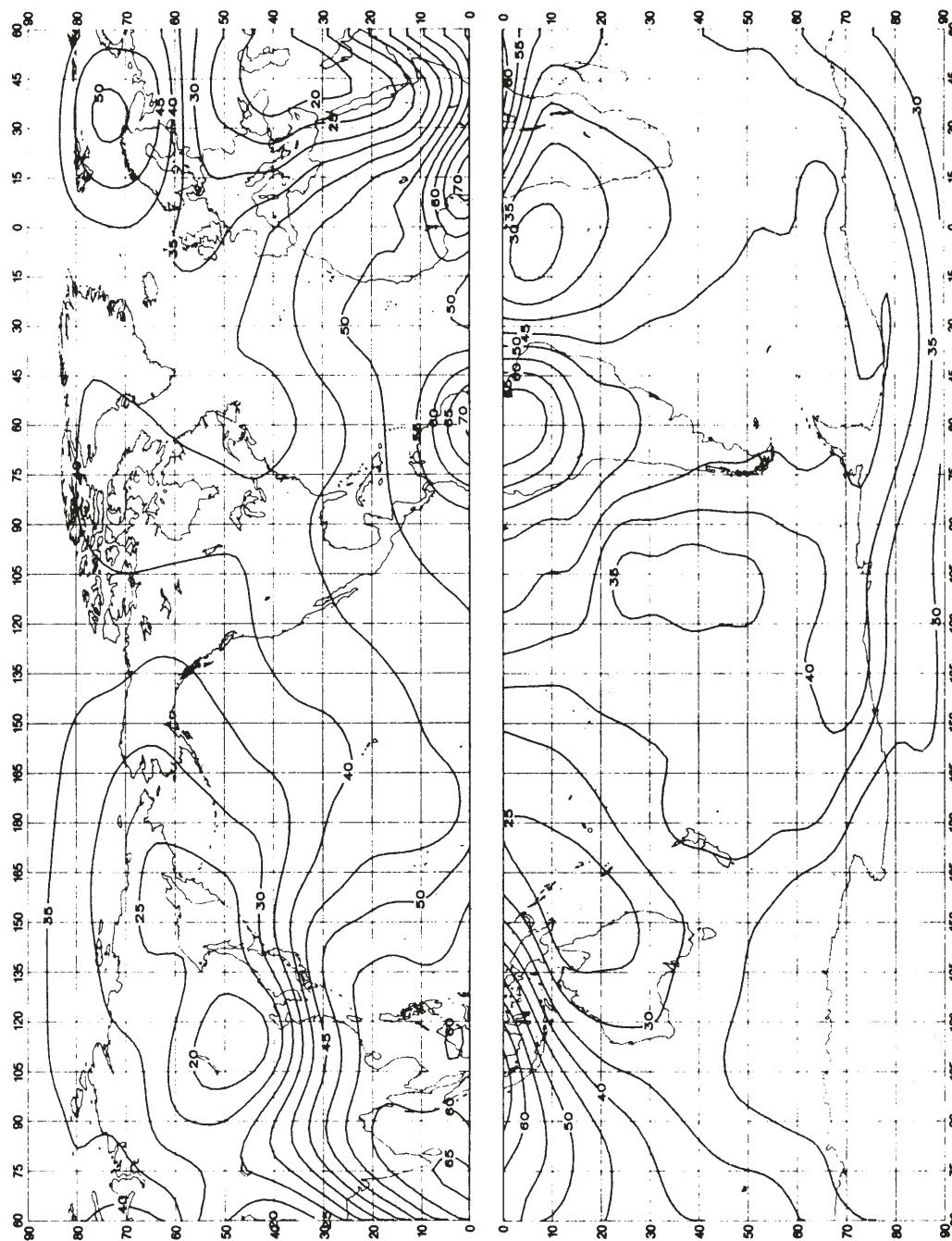


См. надпись на рис. 13с

Р.0372-15с

РИСУНОК 16а

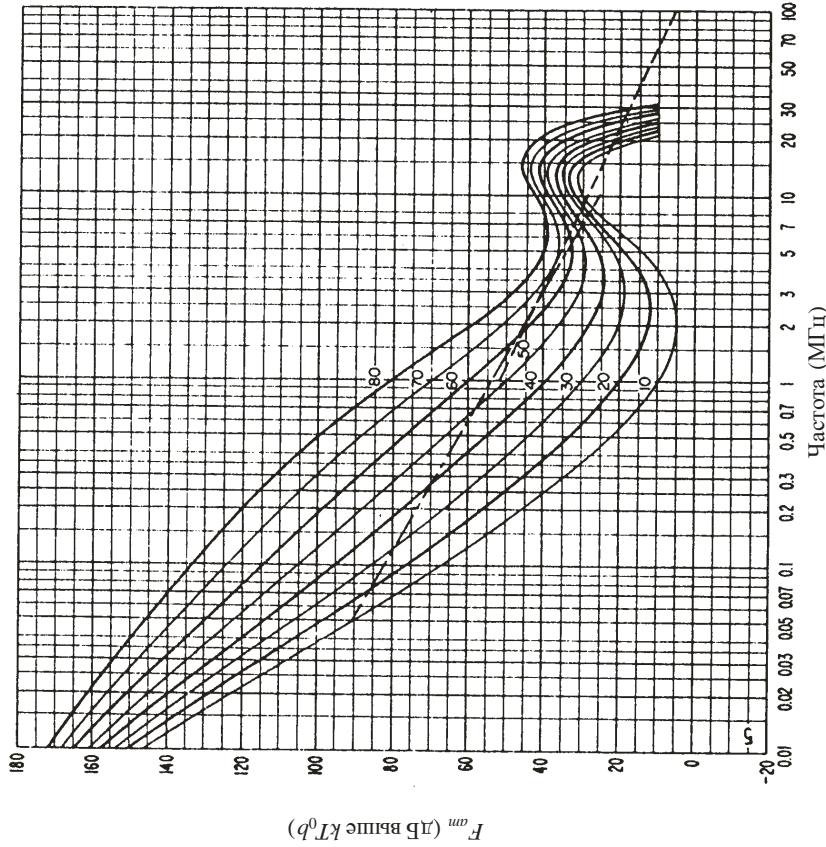
Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (зима; 12 час. 00 мин. – 16 час. 00 мин. местного времени)



Р.372-16а

РИСУНОК 16б

Изменчивость уровня радиошума в зависимости от частоты
(зима; 12 час. 00 мин. – 16 час. 00 мин. местного времени)

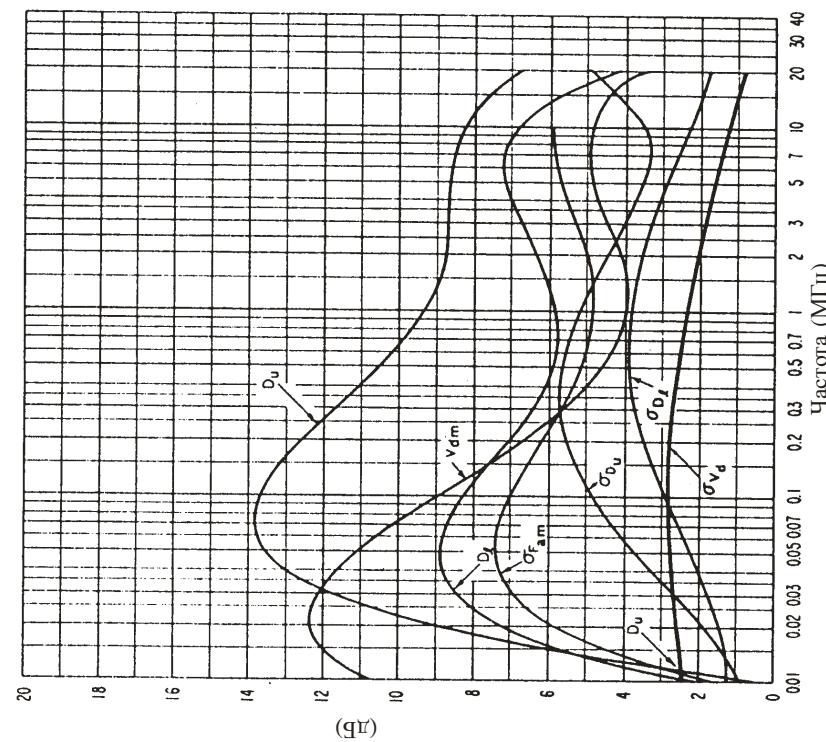


См. надпись на рис. 13б

См. надпись на рис. 13с

РИСУНОК 16с

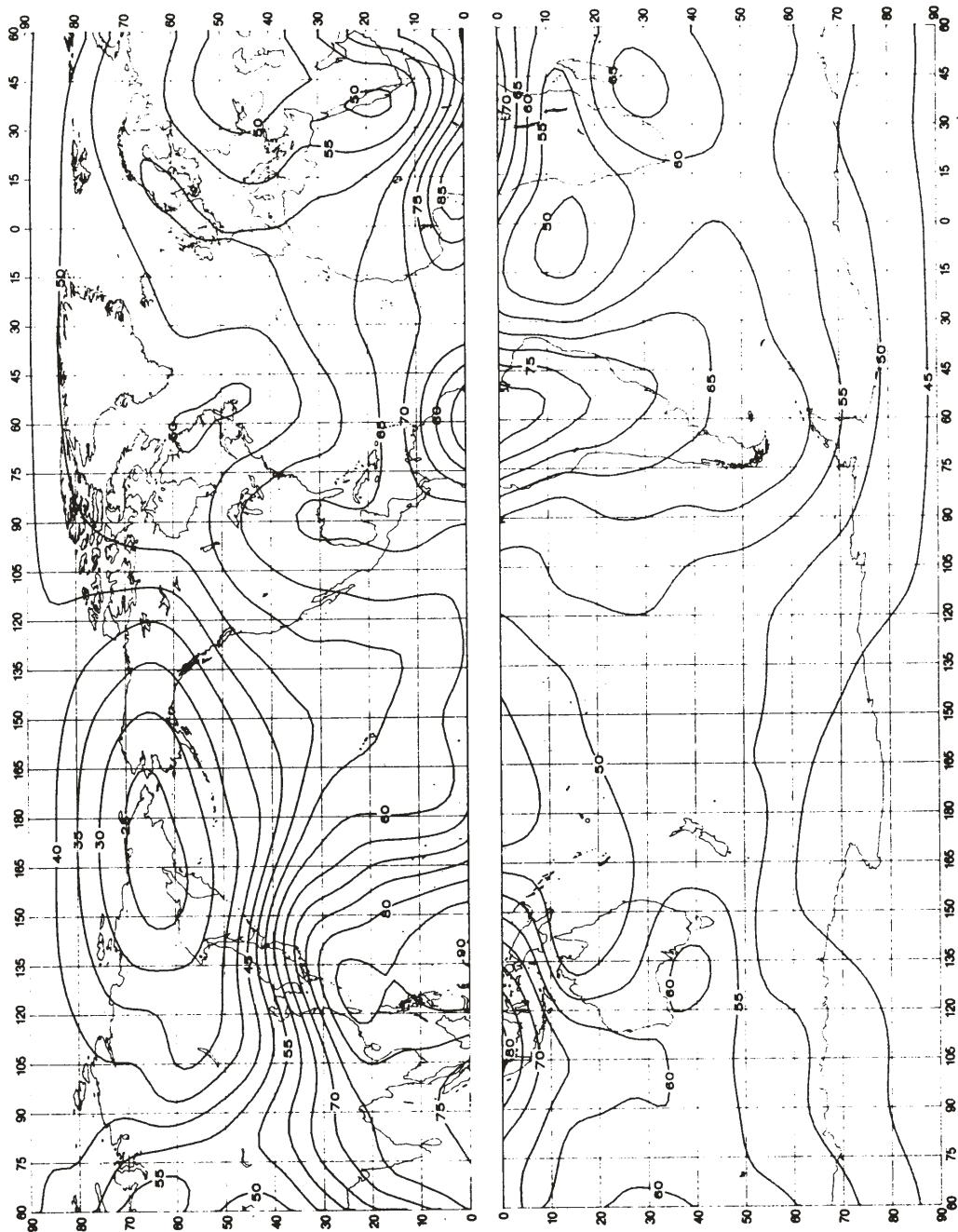
Данные об изменчивости и характере шума
(зима; 12 час. 00 мин. – 16 час. 00 мин. местного времени)



Р0372-16

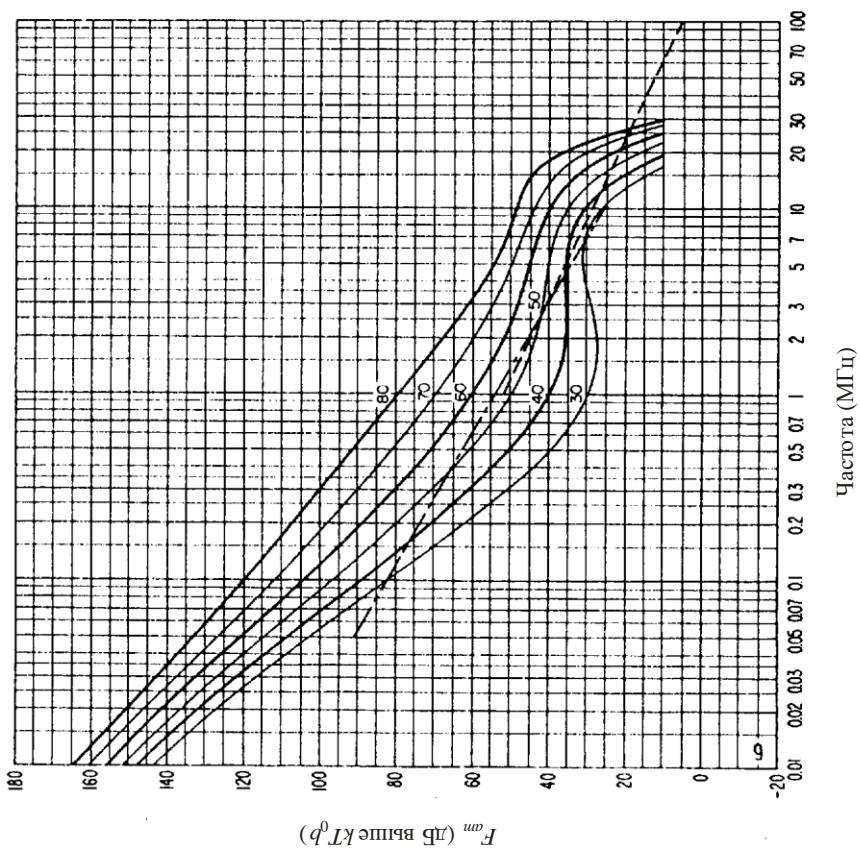
РИСУНОК 17а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (зима; 16 час. 00 мин. – 20 час. 00 мин. местного времени)



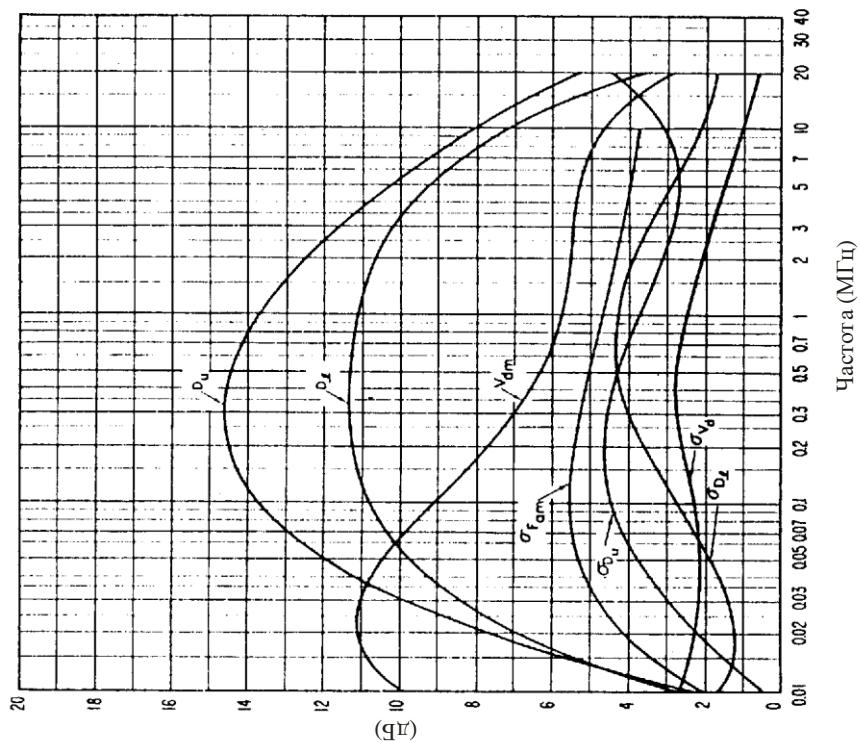
P0372-17a

РИСУНОК 17б
Изменчивость уровня радионуза в зависимости от частоты
(зима; 16 час. 00 мин. – 20 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13б

РИСУНОК 17с
Данные об изменчивости и характере шума
(зима; 16 час. 00 мин. – 20 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13с

Р0372-17б

РИСУНОК 18а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (зима; 20 час. 00 мин. – 24 час. 00 мин. местного времени)

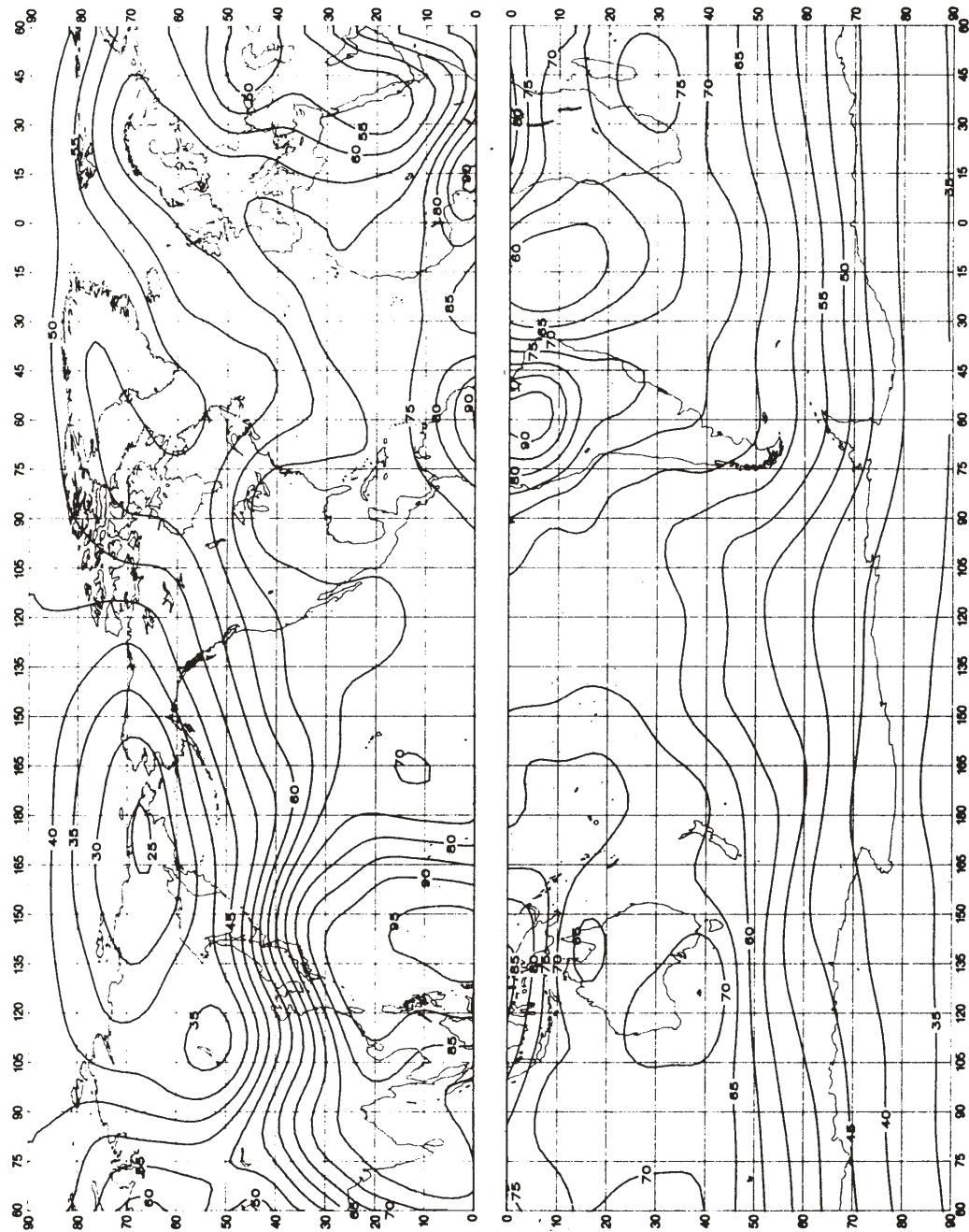
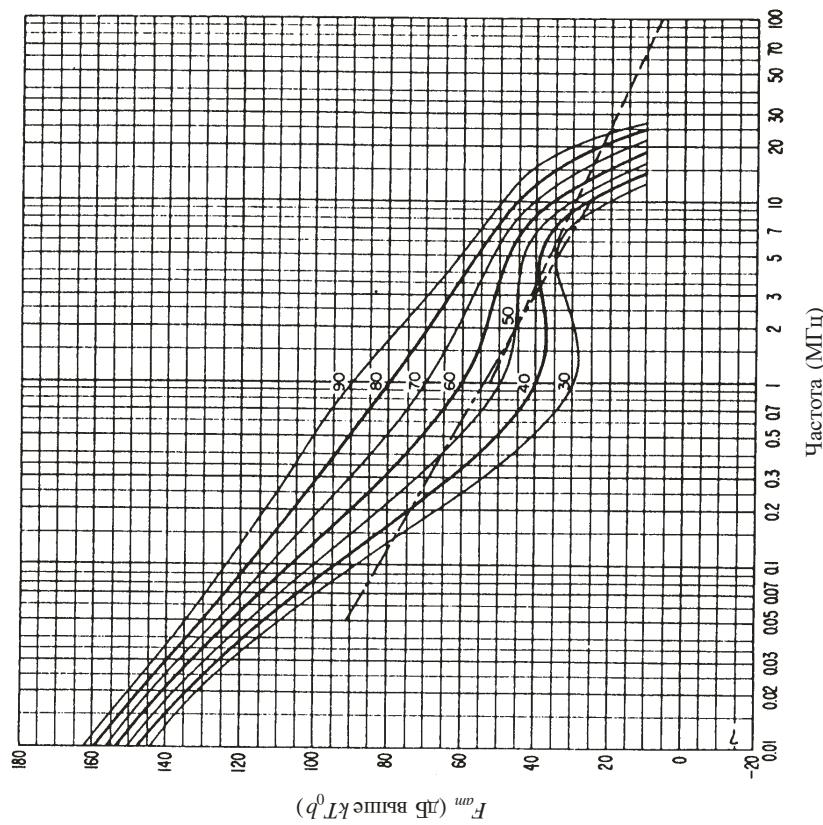


РИСУНОК 18b

Изменчивость уровня радиошума в зависимости от частоты
(зима; 20 час. 00 мин. – 24 час. 00 мин. местного времени)

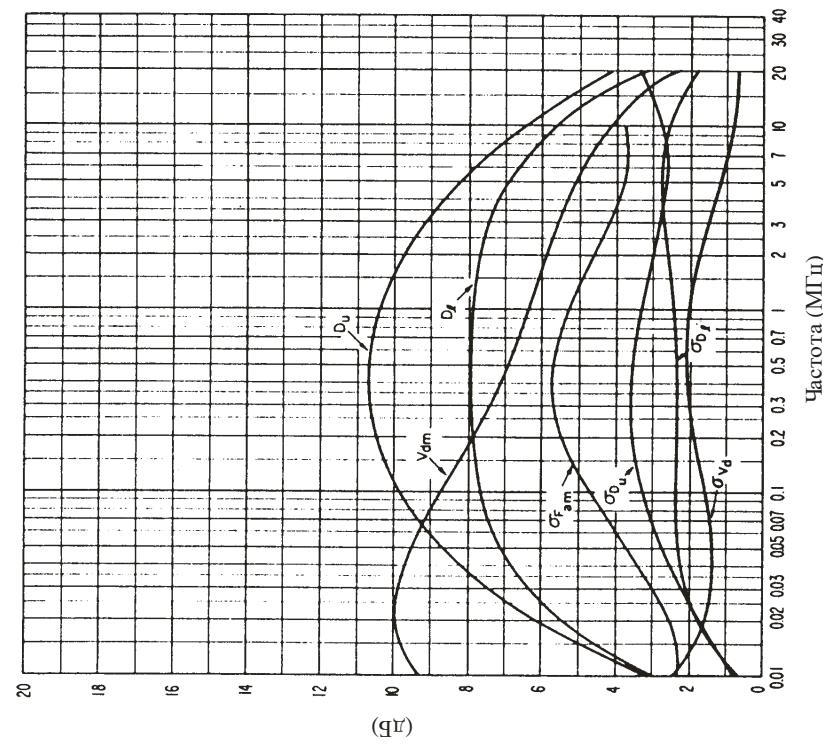


См. надпись на рис. 13б

См. надпись на рис. 13с

РИСУНОК 18c

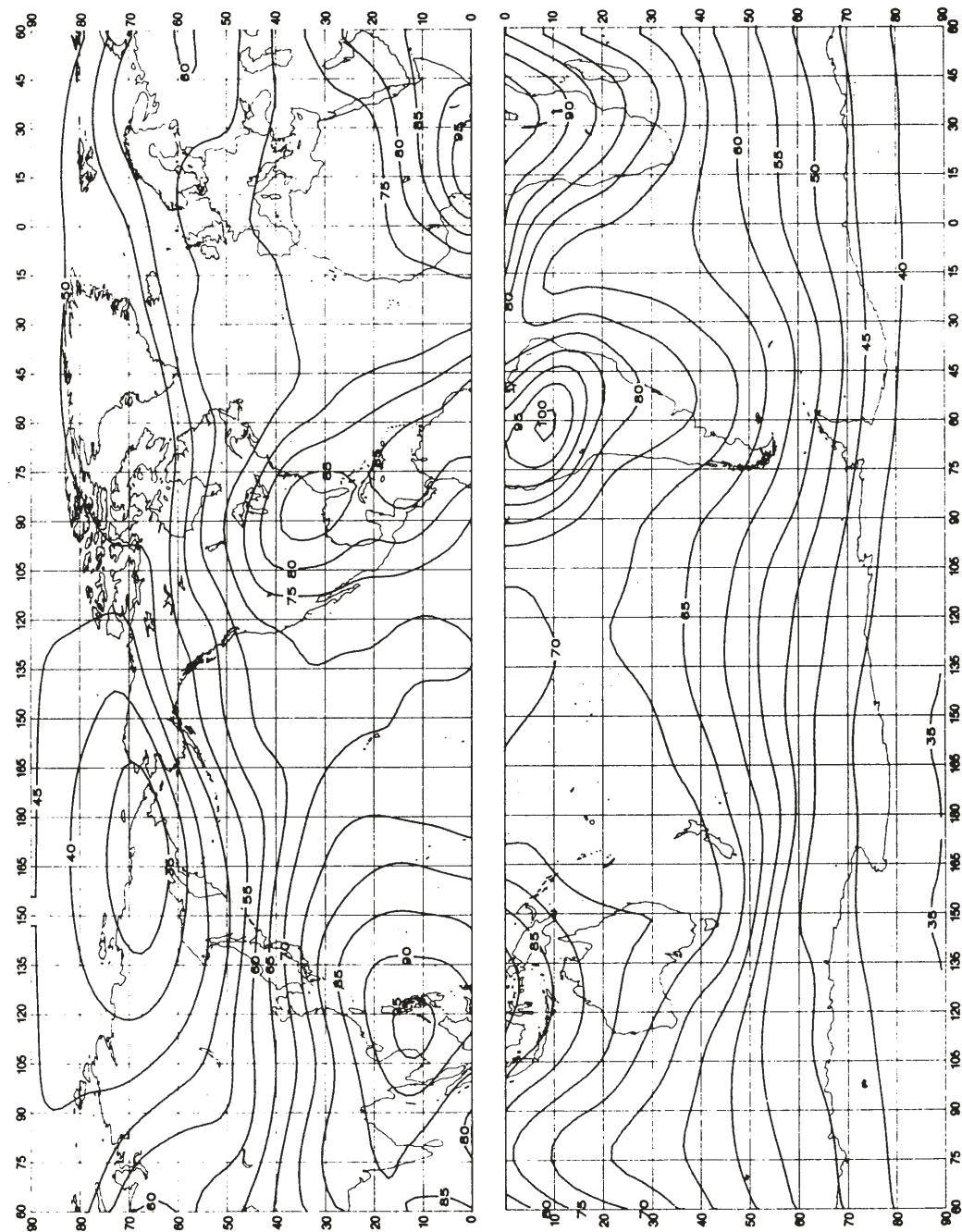
Данные об изменчивости и характере шума
(зима; 20 час. 00 мин. – 24 час. 00 мин. местного времени)



Р.0372-18б

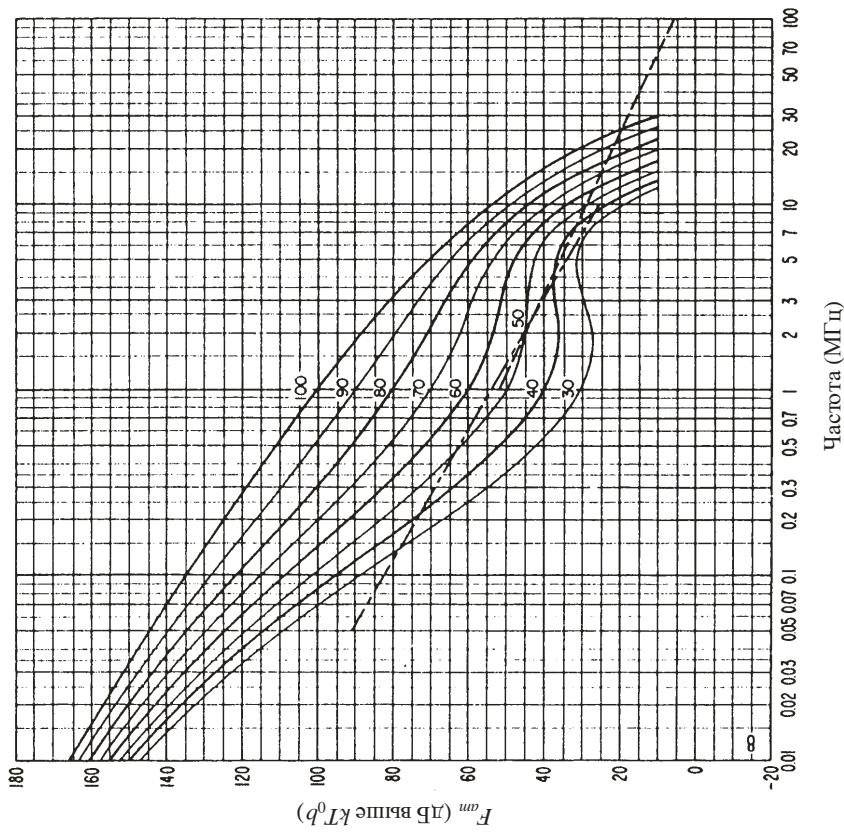
РИСУНОК 19а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (весна; 00 час. 00 мин. – 04 час. 00 мин. местного времени)



P.0372-19a

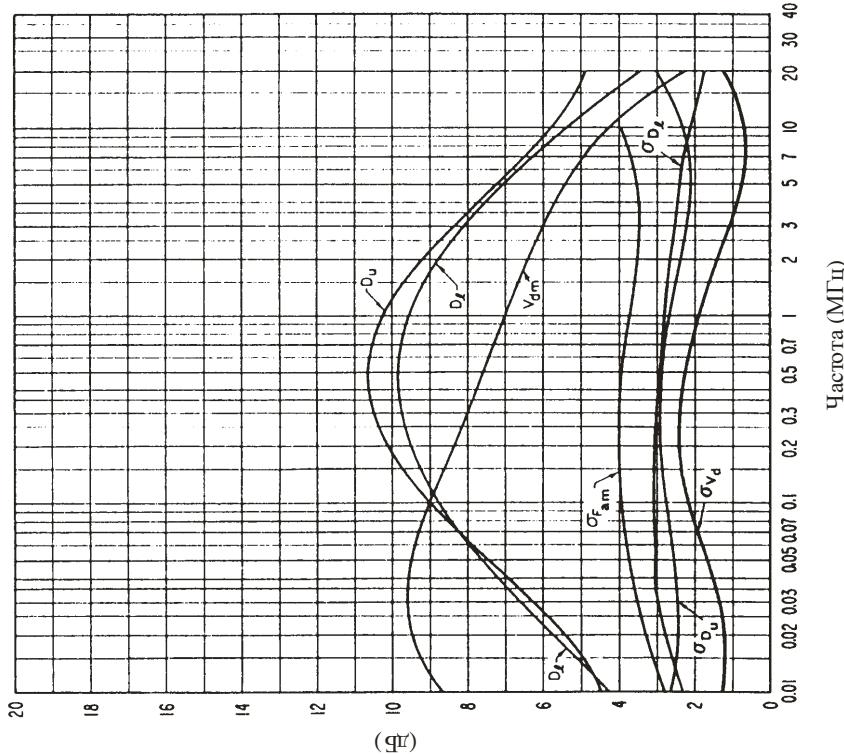
РИСУНОК 19б
Изменчивость уровня радионуизма в зависимости от частоты
(весна; 00 час. 00 мин. – 04 час. 00 мин. местного времени)



C_M. надпись на рис. 13б

РИСУНОК 19с

Данные об изменчивости и характере шума
(весна; 00 час. 00 мин. – 04 час. 00 мин. местного времени)

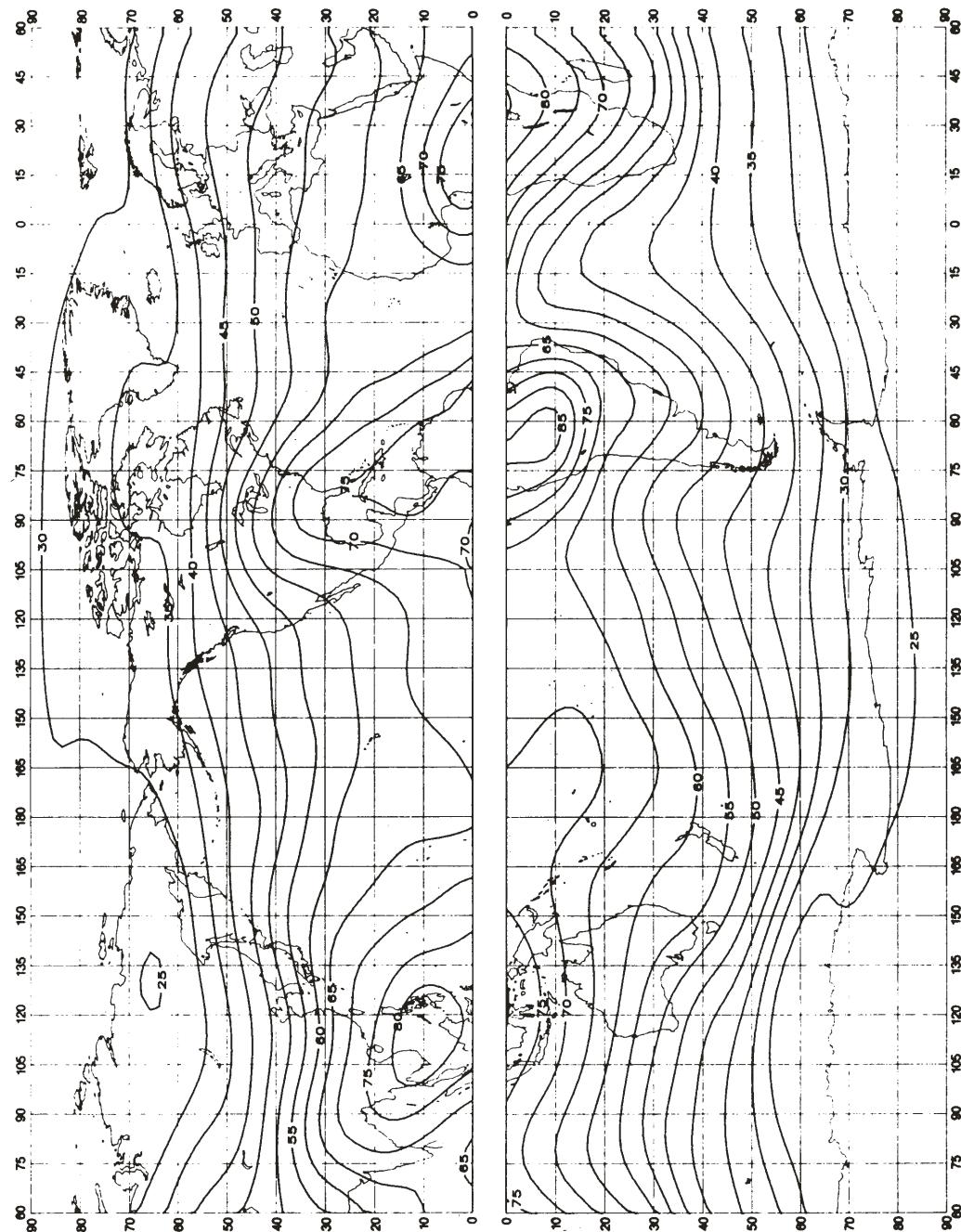


C_M. надпись на рис. 13с

P.0372-190

РИСУНОК 20а

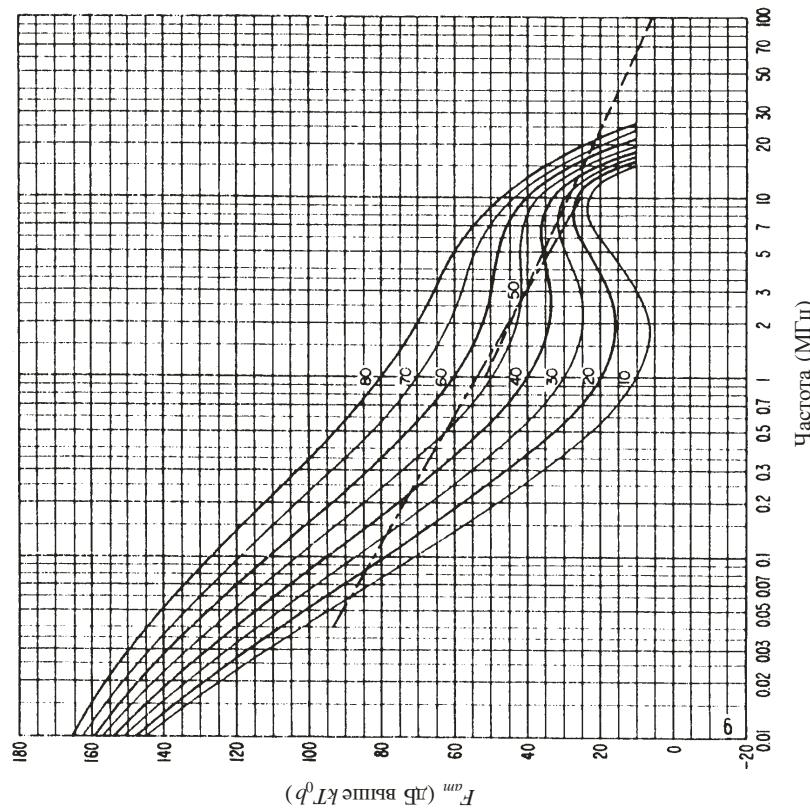
Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (весна; 04 час. 00 мин. – 08 час. 00 мин. местного времени)



Р.372-20а

РИСУНОК 20б

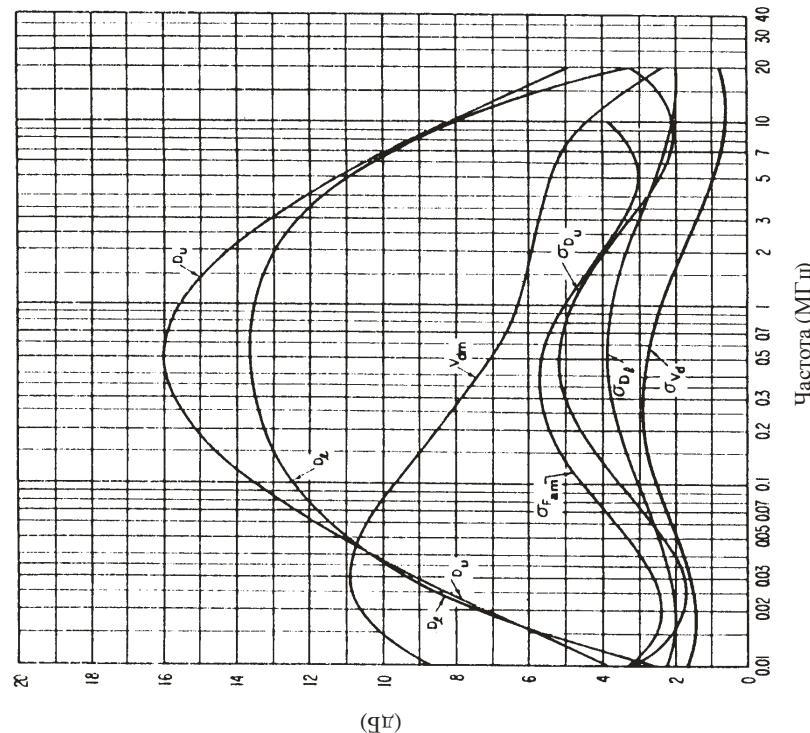
Изменчивость уровня радионуза в зависимости от частоты
(весна; 04 час. 00 мин. – 08 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13б

РИСУНОК 20с

Данные об изменчивости и характере шума
(весна; 04 час. 00 мин. – 08 час. 00 мин. местного времени)

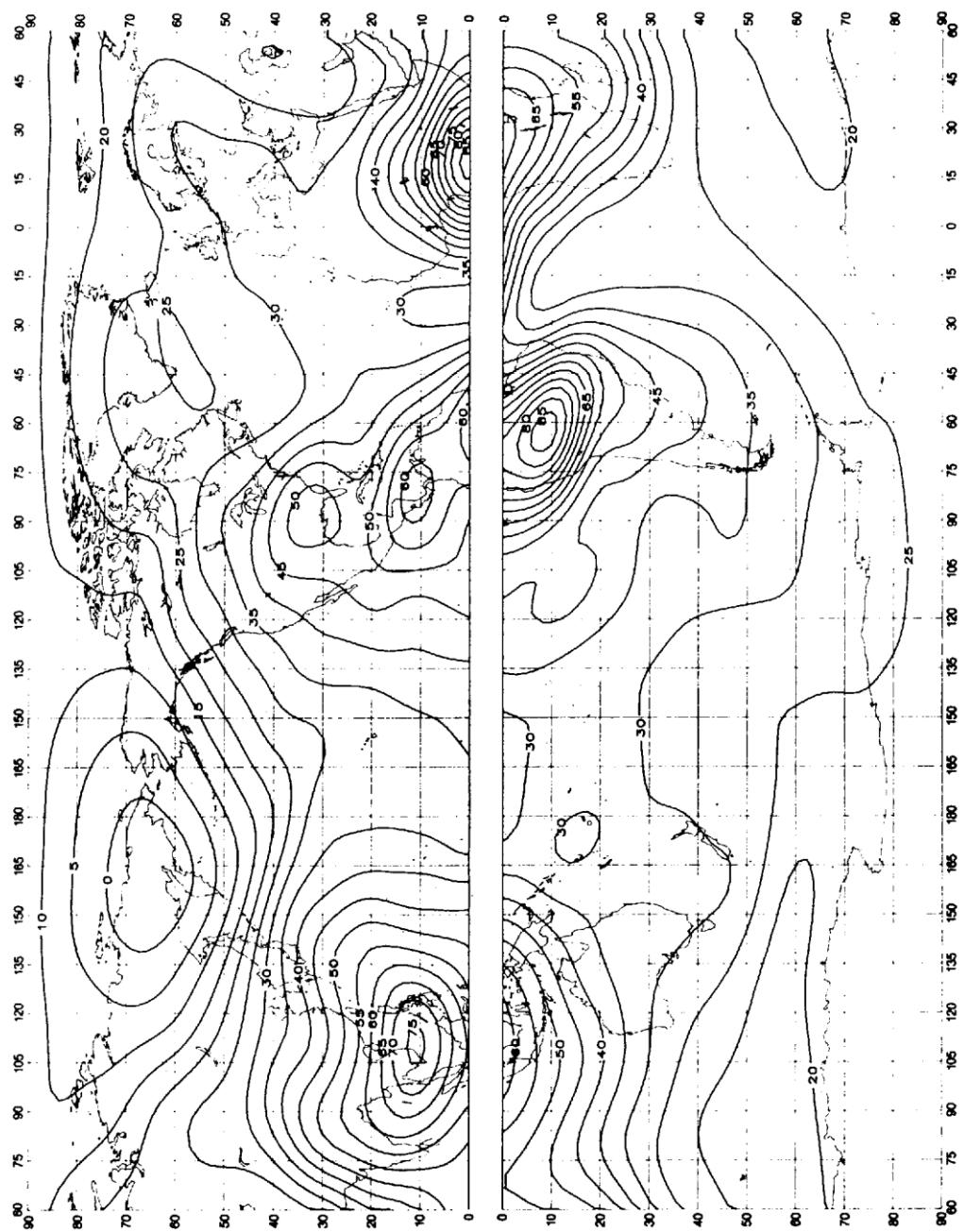


См. надпись на рис. 13с

P.0372-20б

РИСУНОК 21а

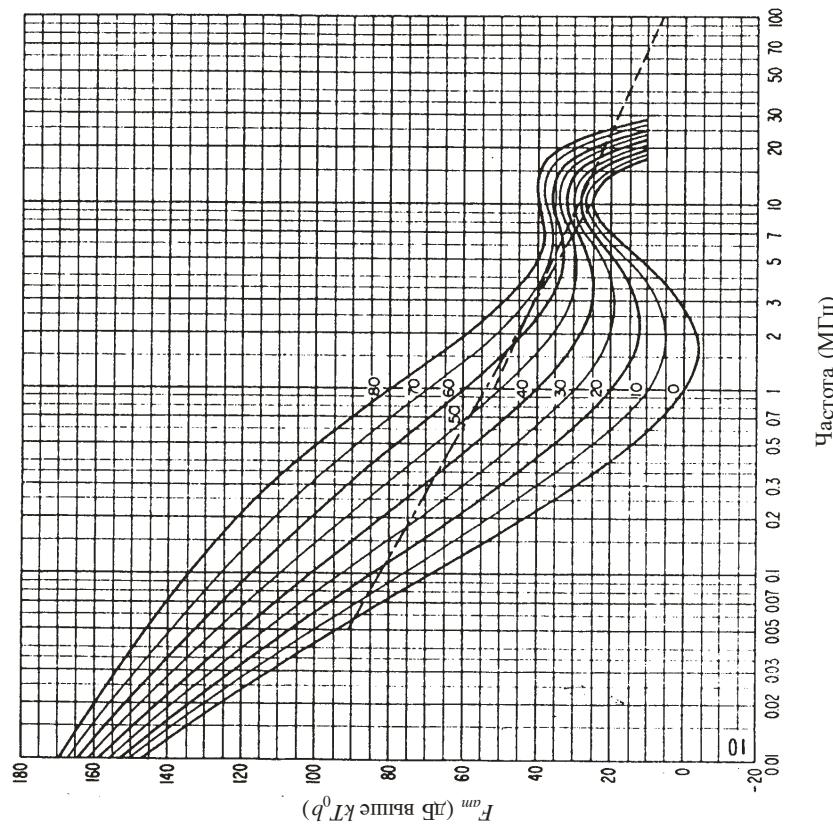
Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{atm}
(в дБ выше $K T_0 b$ на частоте 1 МГц) (весна; 08 час. 00 мин. – 12 час. 00 мин. местного времени)



P.03 72-21 a

РИСУНОК 21b

Изменчивость уровня радионуза в зависимости от частоты
(весна; 08 час. 00 мин. – 12 час. 00 мин. местного времени)



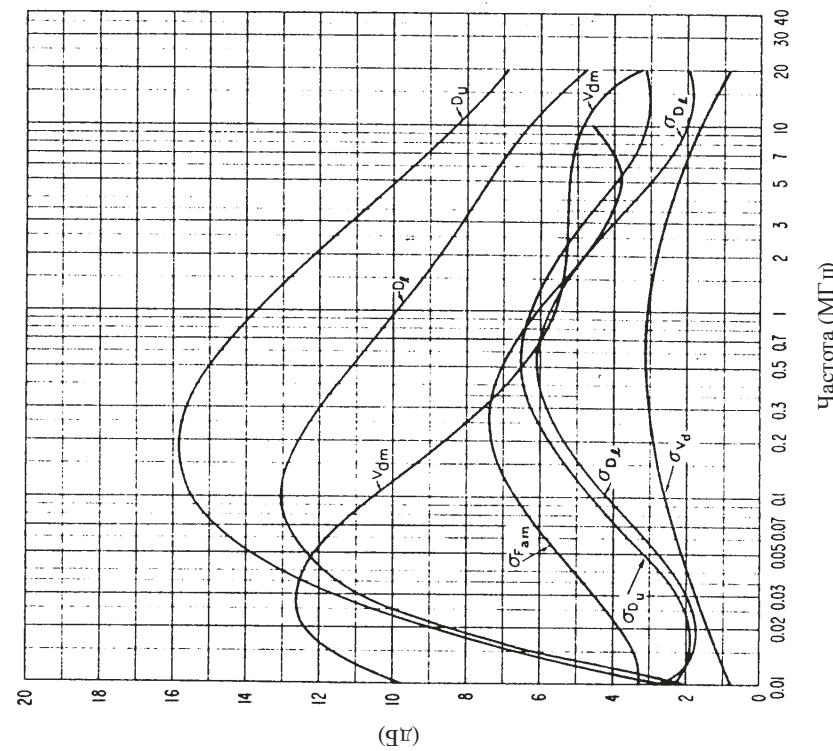
См. надпись на рис. 13b

См. надпись на рис. 13c

Р.0372-21b

РИСУНОК 21c

Данные об изменчивости и характере шума
(весна; 08 час. 00 мин. – 12 час. 00 мин. местного времени)

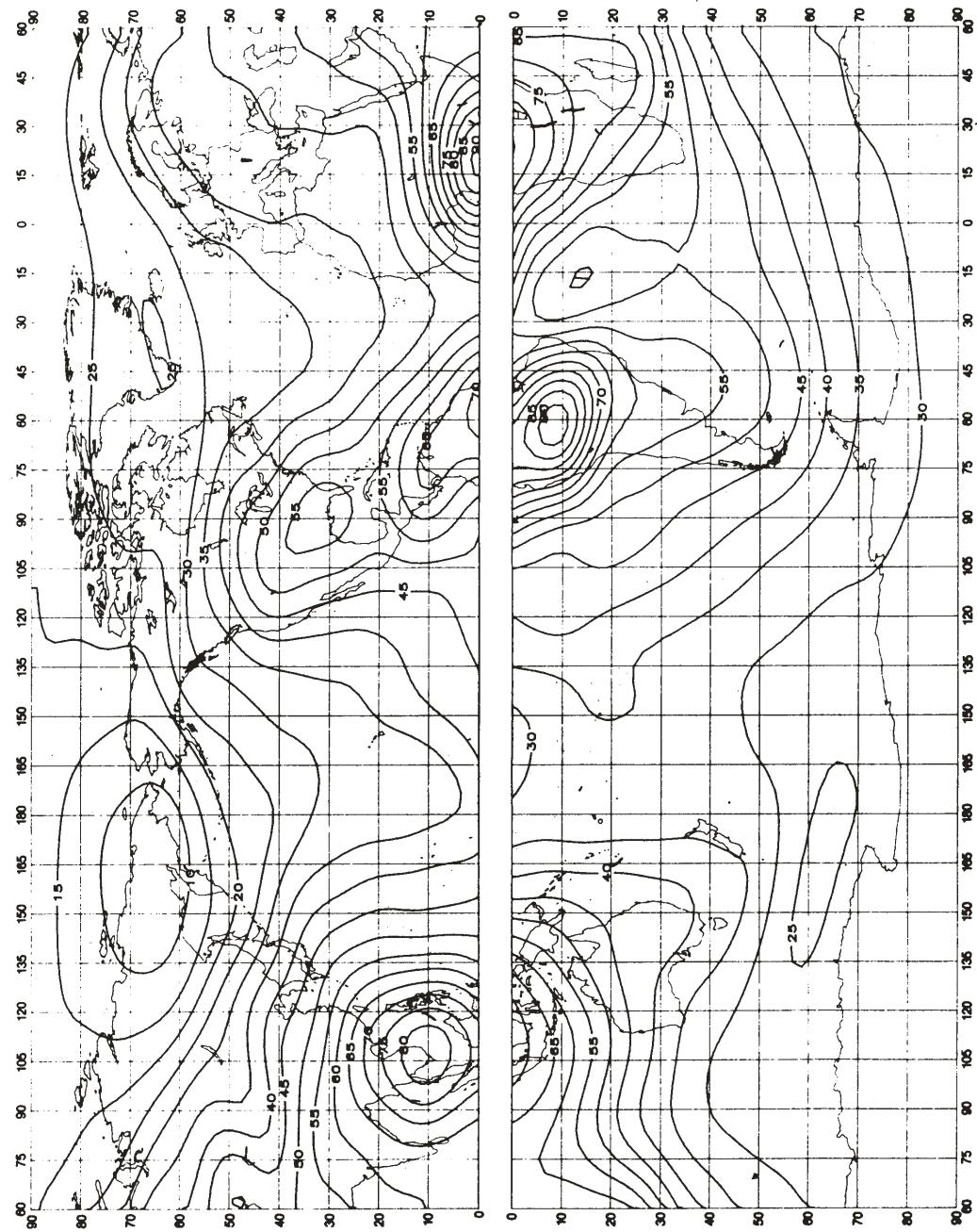


Частота (МГц)

Р.0372-21b

РИСУНОК 22а

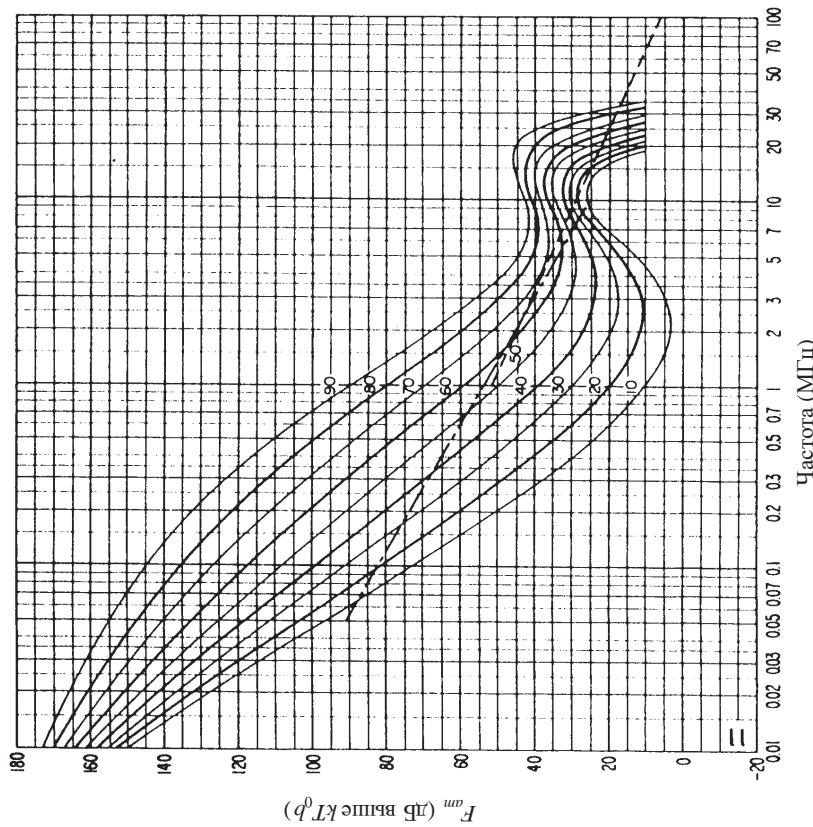
Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{atm}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (весна; 12 час. 00 мин. – 16 час. 00 мин. местного времени)



P.0372-22a

РИСУНОК 22б

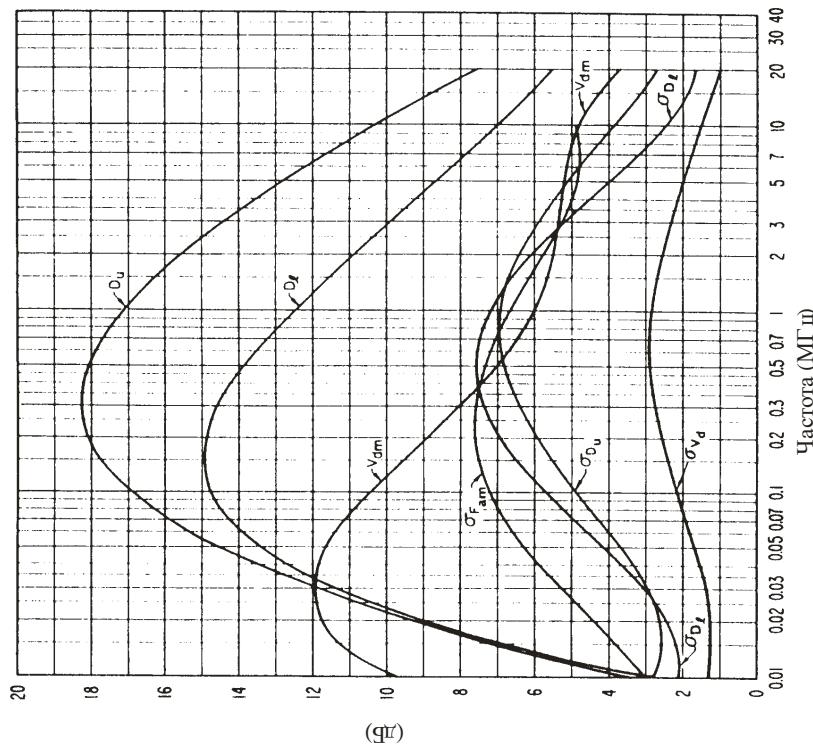
Изменчивость уровня радионуя в зависимости от частоты
(весна; 12 час. 00 мин. –16 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13б

РИСУНОК 22с

Данные об изменчивости и характере шума
(весна; 12 час. 00 мин. –16 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13с

Р.0372-22б

РИСУНОК 23а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (весна; 16 час. 00 мин. – 20 час. 00 мин. местного времени)

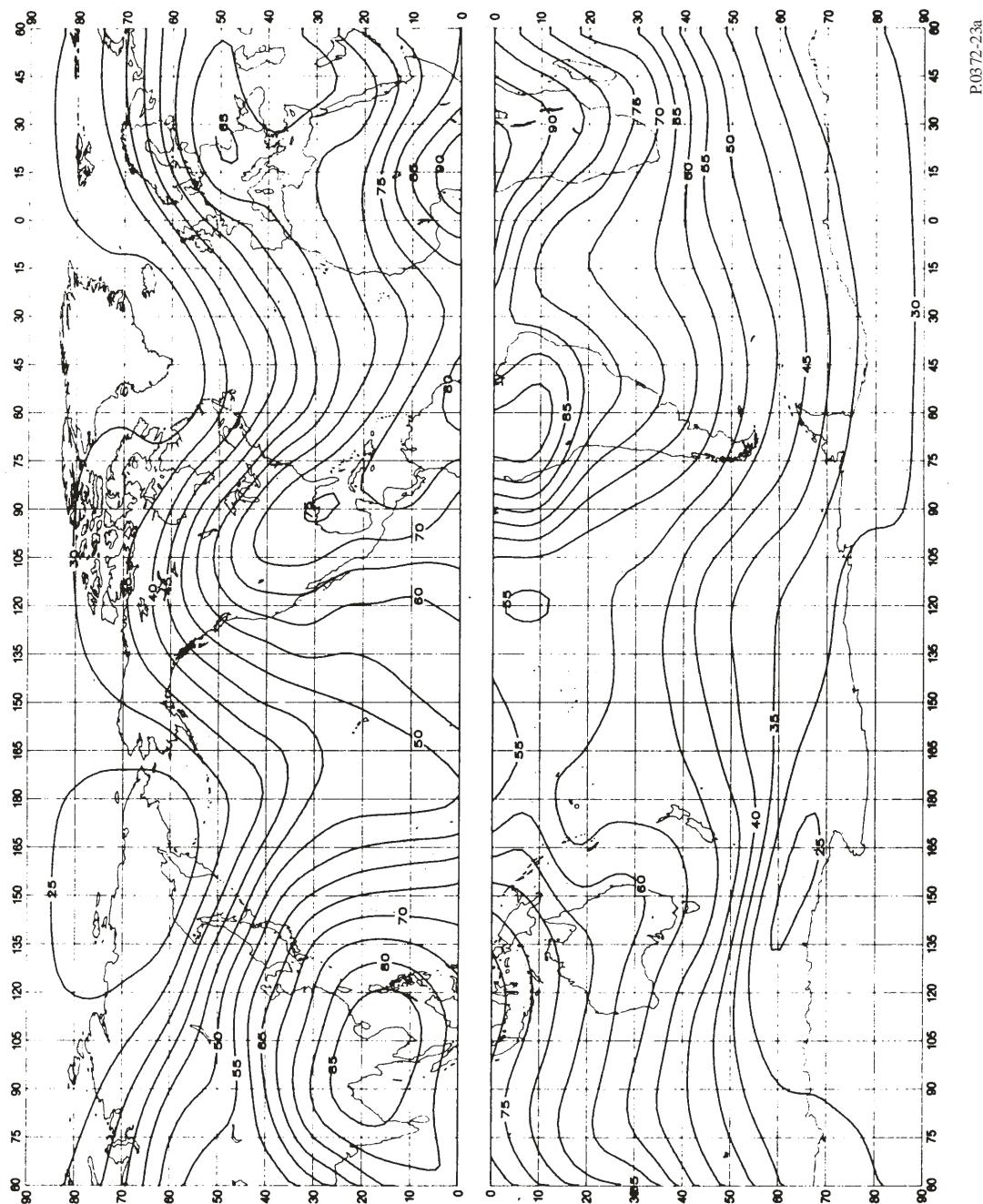
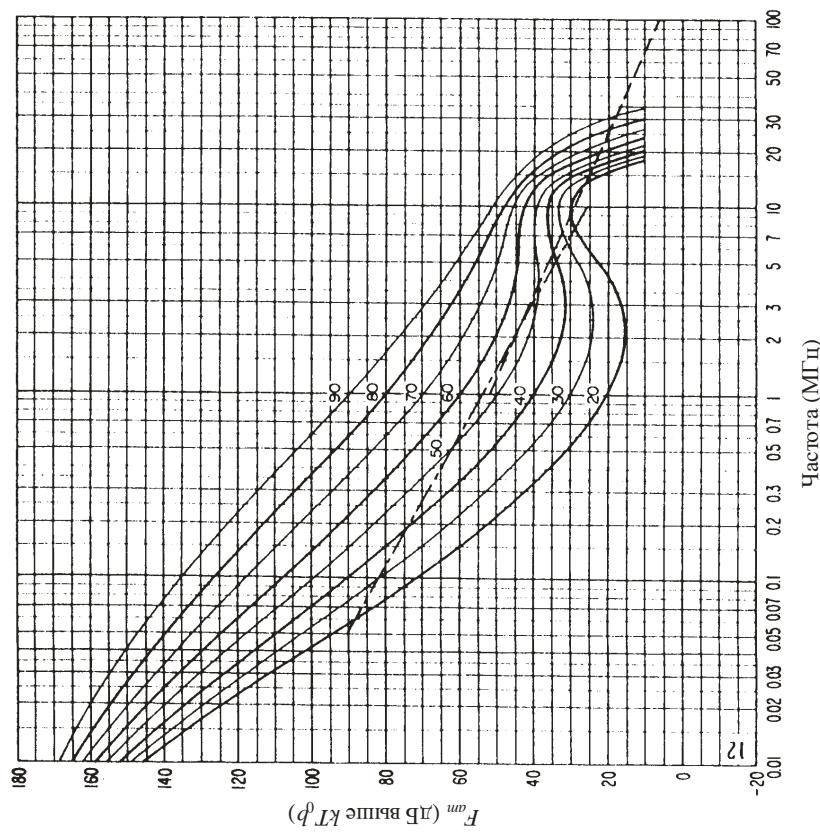


РИСУНОК 23б

Изменчивость уровня радионуза в зависимости от частоты
(весна; 16 час. 00 мин. – 20 час. 00 мин. местного времени)

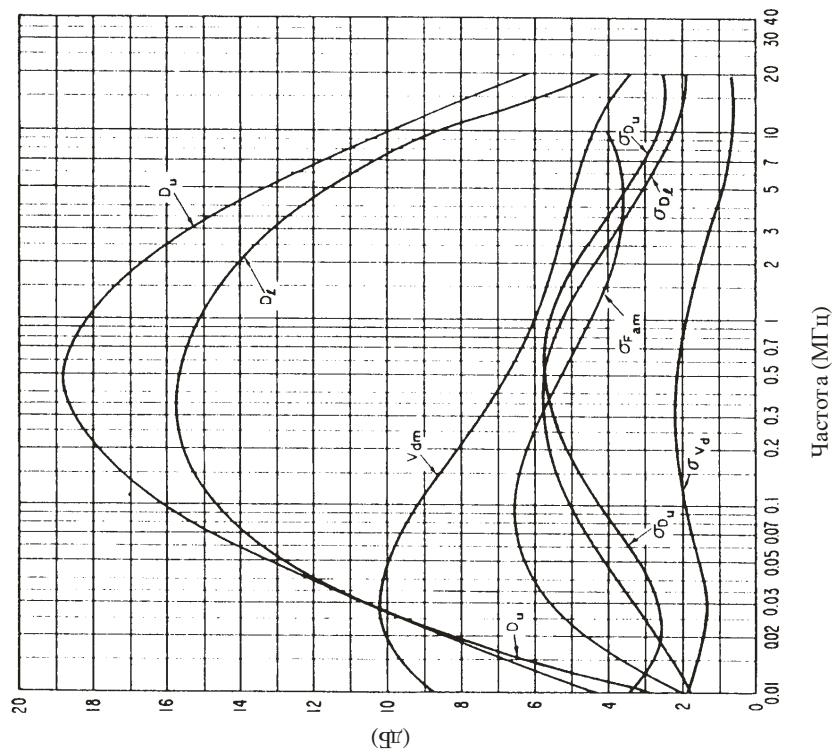


См. надпись на рис. 13б

См. надпись на рис. 13с

РИСУНОК 23с

Данные об изменчивости и характере шума
(весна; 16 час. 00 мин. – 20 час. 00 мин. местного времени)



Р.372-23б

РИСУНОК 24а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (весна; 20 час. 00 мин. – 24 час. 00 мин. местного времени)

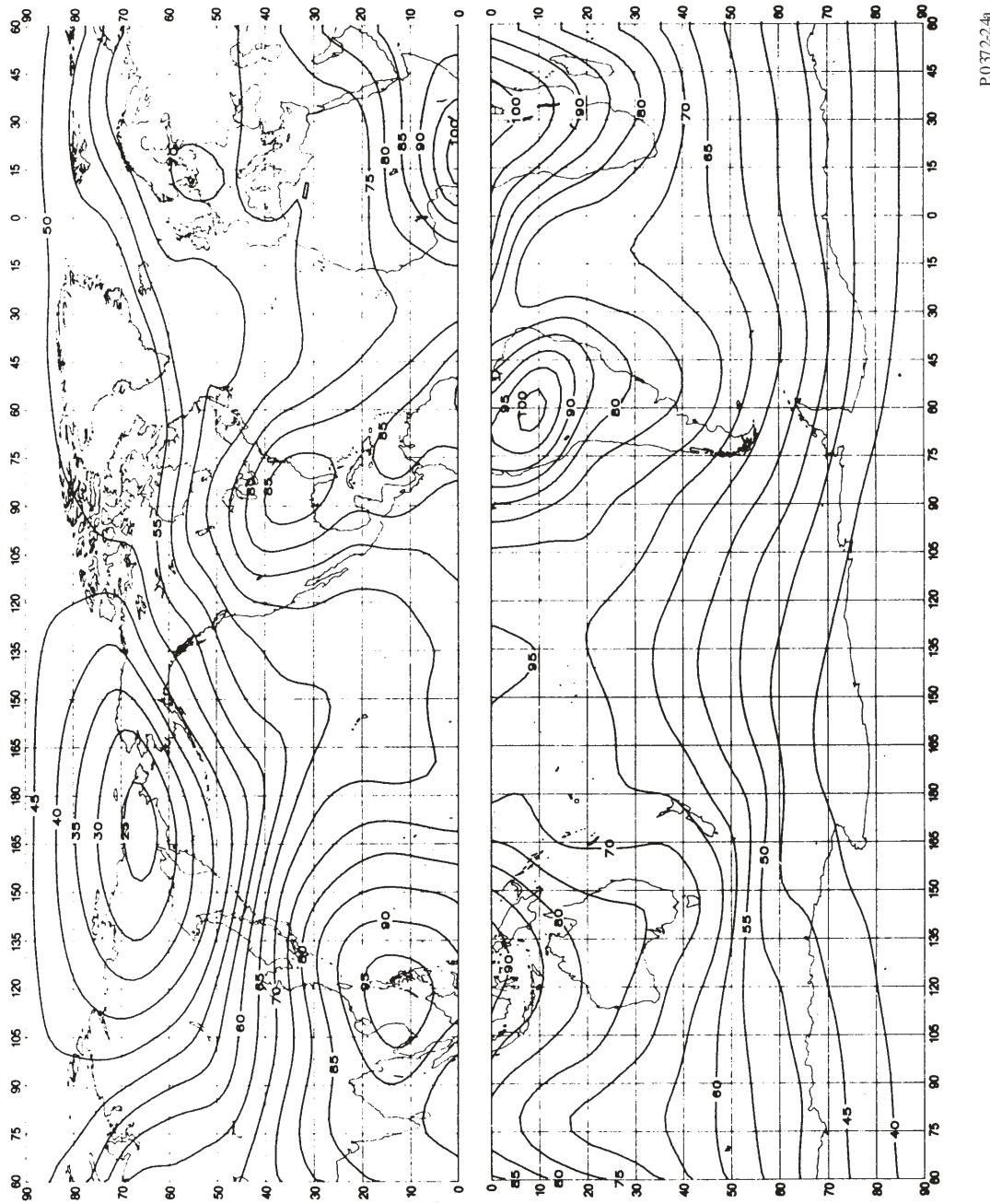
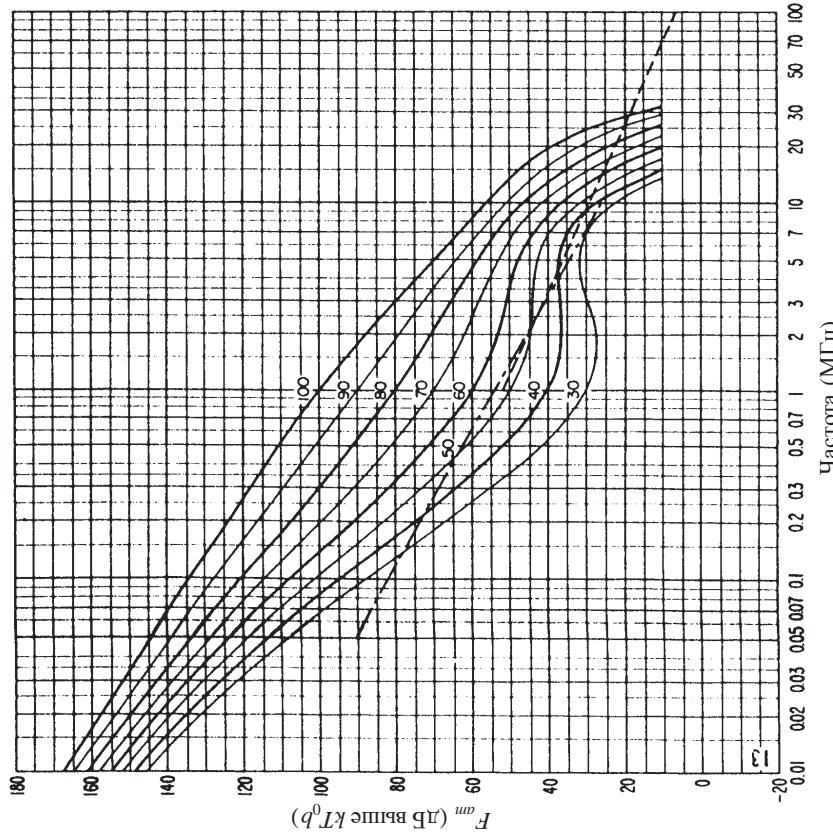


РИСУНОК 24б

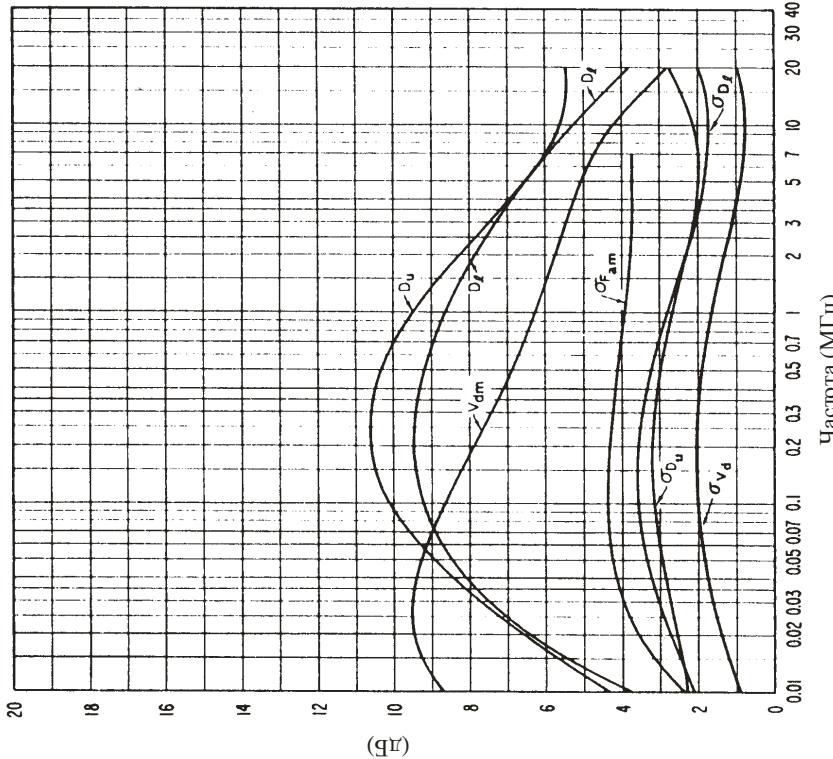
Изменчивость уровня радионутия в зависимости от частоты
(весна; 20 час. 00 мин. – 24 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13б

РИСУНОК 24с

Данные об изменчивости и характере шума
(весна; 20 час. 00 мин. – 24 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13с

Р.0372-24б

РИСУНОК 25а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (лето; 00 час. 00 мин. – 04 час. 00 мин. местного времени)

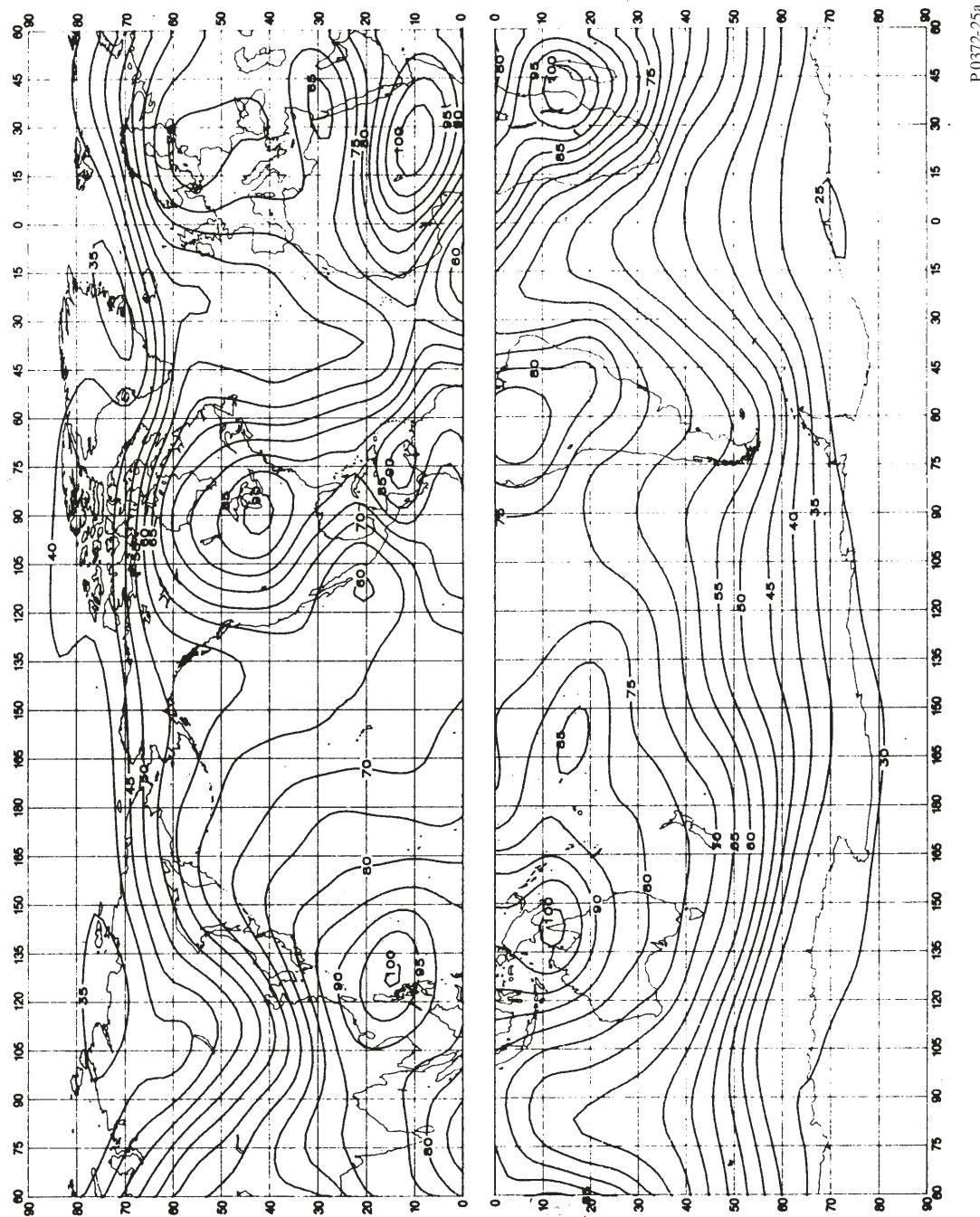
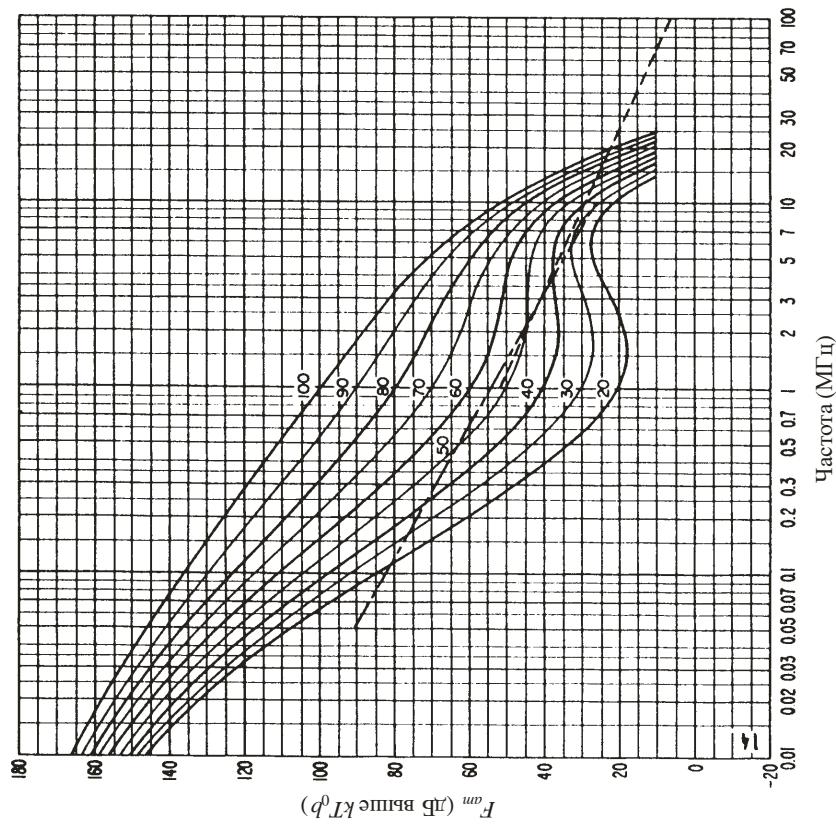


РИСУНОК 25б

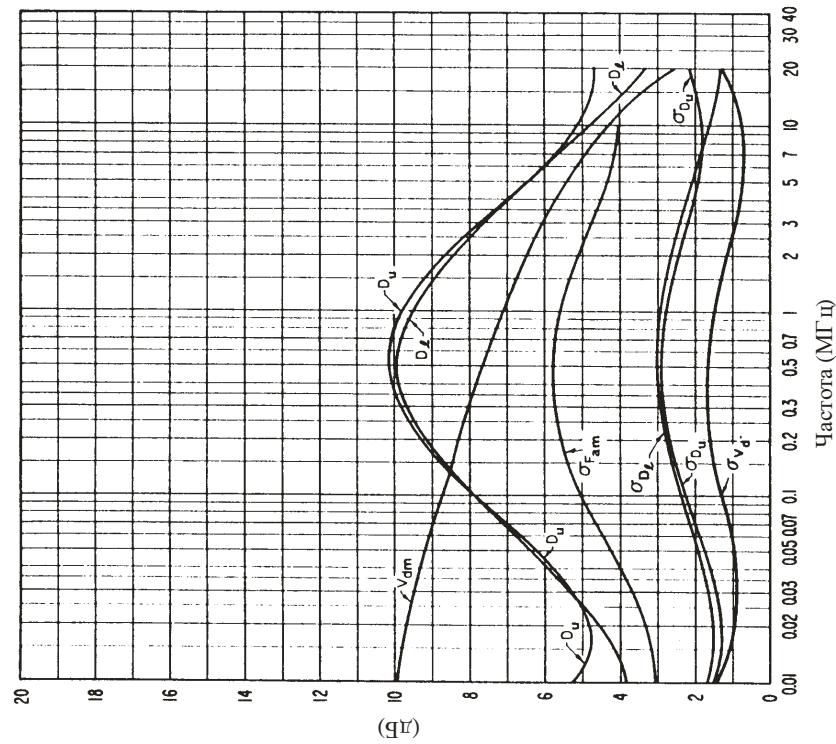
Изменчивость уровня радионуза в зависимости от частоты
(лето; 00 час. 00 мин. – 04 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13б

РИСУНОК 25с

Данные об изменчивости и характере шума
(лето; 00 час. 00 мин. – 04 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13с

0372-25б

РИСУНОК 26а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (лето; 04 час. 00 мин. – 08 час. 00 мин. местного времени)

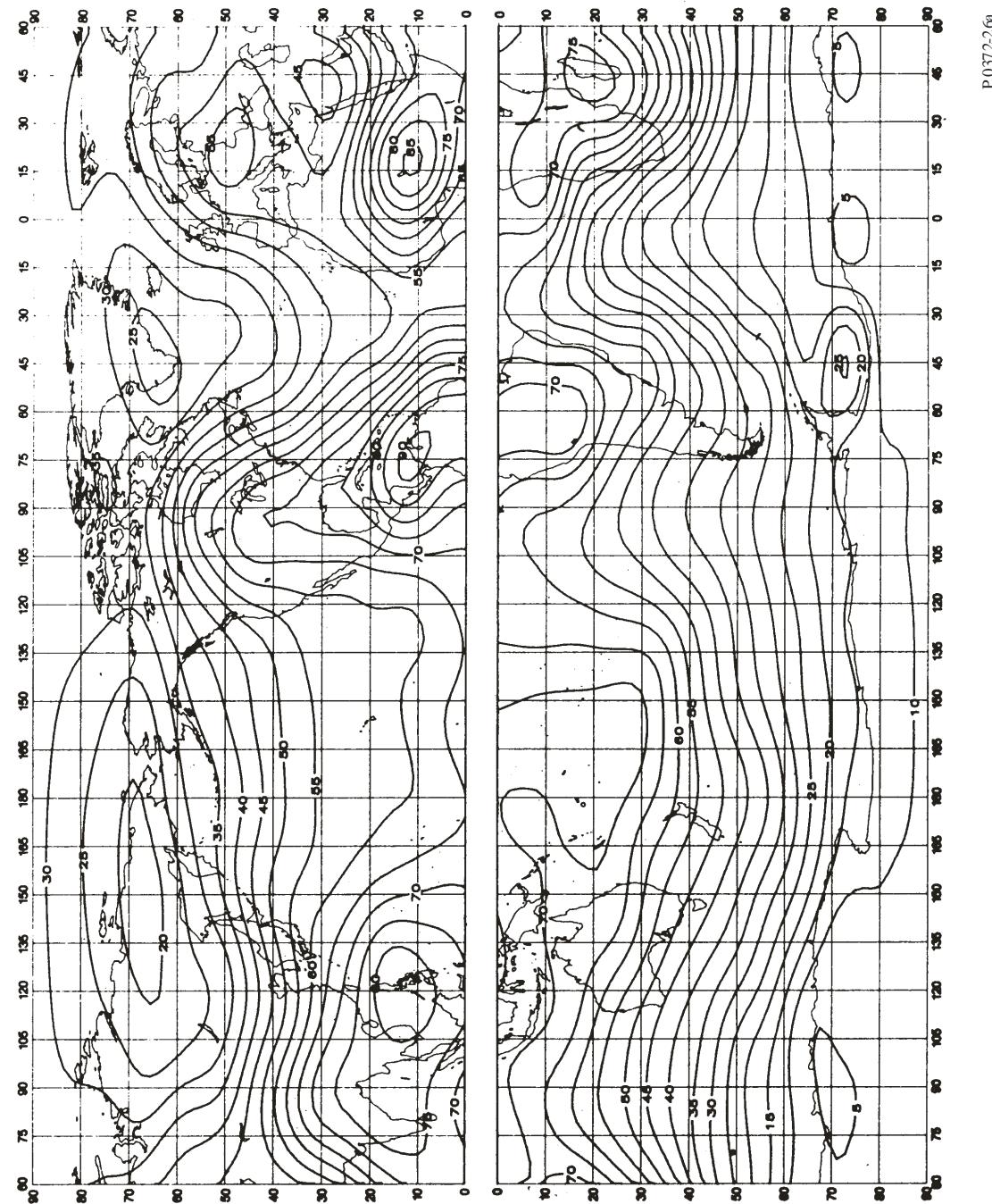
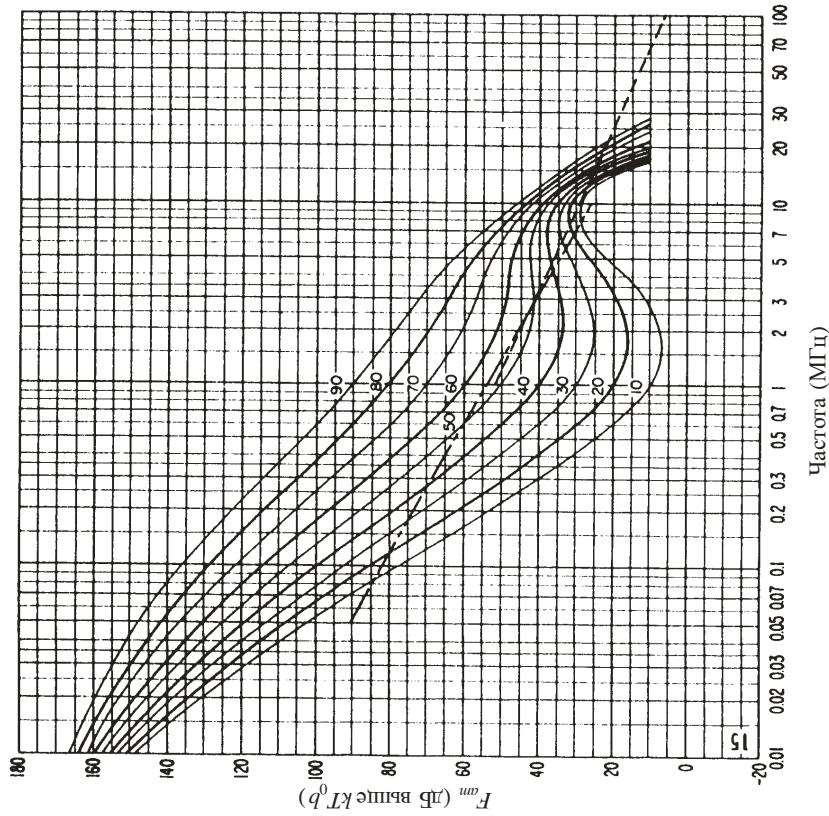


РИСУНОК 26б

Изменчивость уровня радионуза в зависимости от частоты
(лето; 04 час. 00 мин. – 08 час. 00 мин. местного времени)

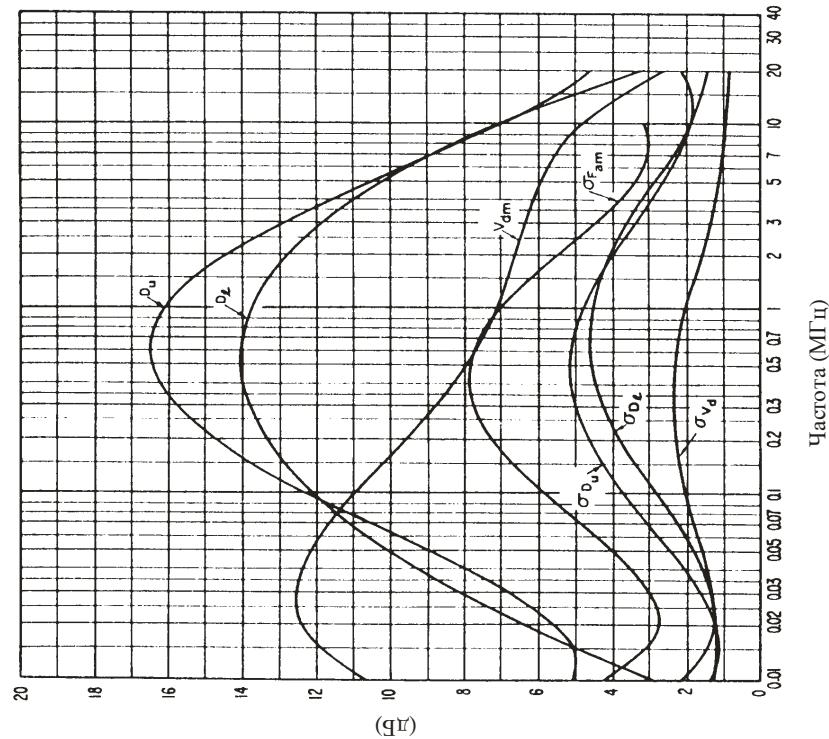


См. надпись на рис. 13б

P.0372-26б

РИСУНОК 26с

Данные об изменчивости и характере шума
(лето; 04 час. 00 мин. – 08 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13с

P.0372-26б

РИСУНОК 27а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (лето; 08 час. 00 мин. – 12 час. 00 мин. местного времени)

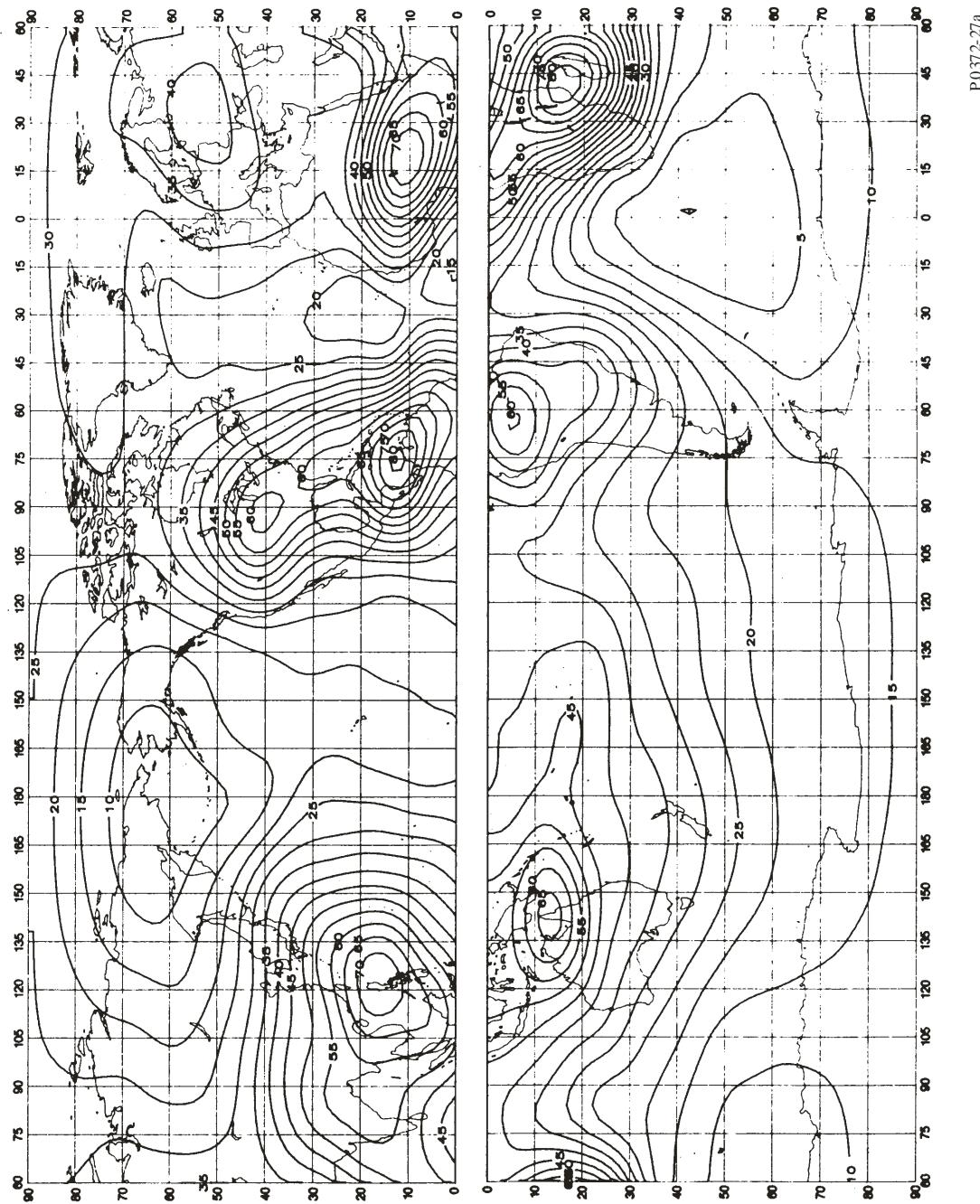
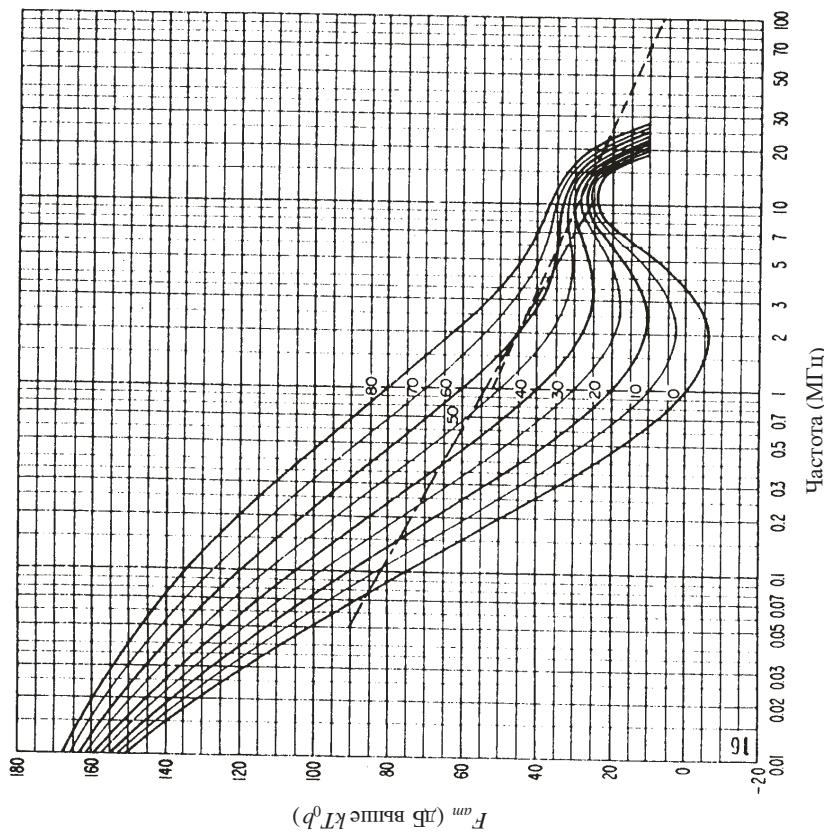


РИСУНОК 27б

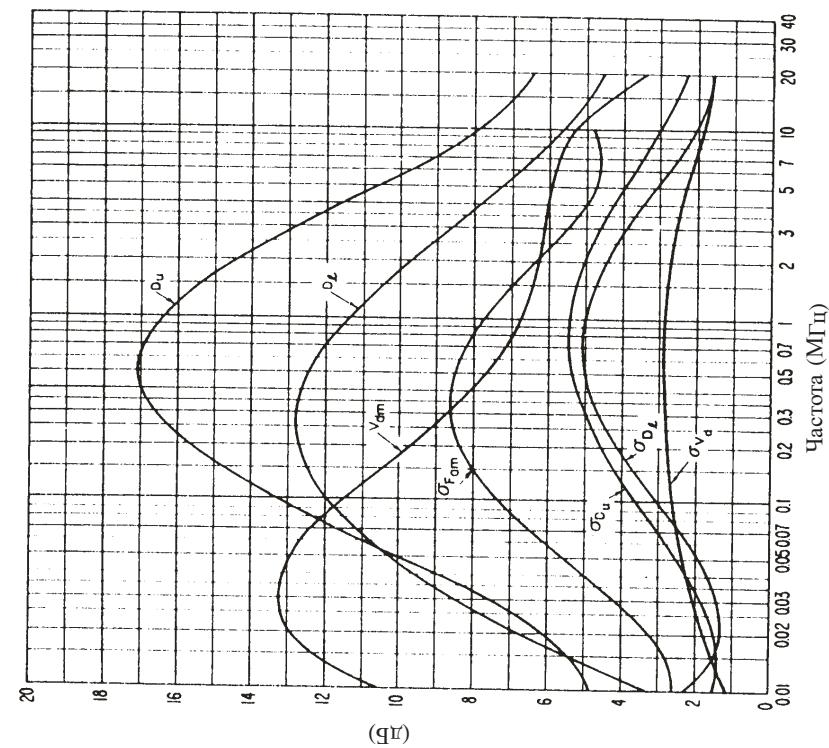
Изменчивость уровня радионуизма в зависимости от частоты
(лето; 08 час. 00 мин. – 12 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13б

РИСУНОК 27с

Данные об изменчивости и характере шума
(лето; 08 час. 00 мин. – 12 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13с

0372-27б

РИСУНОК 28а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (лето; 12 час. 00 мин. – 16 час. 00 мин. местного времени)

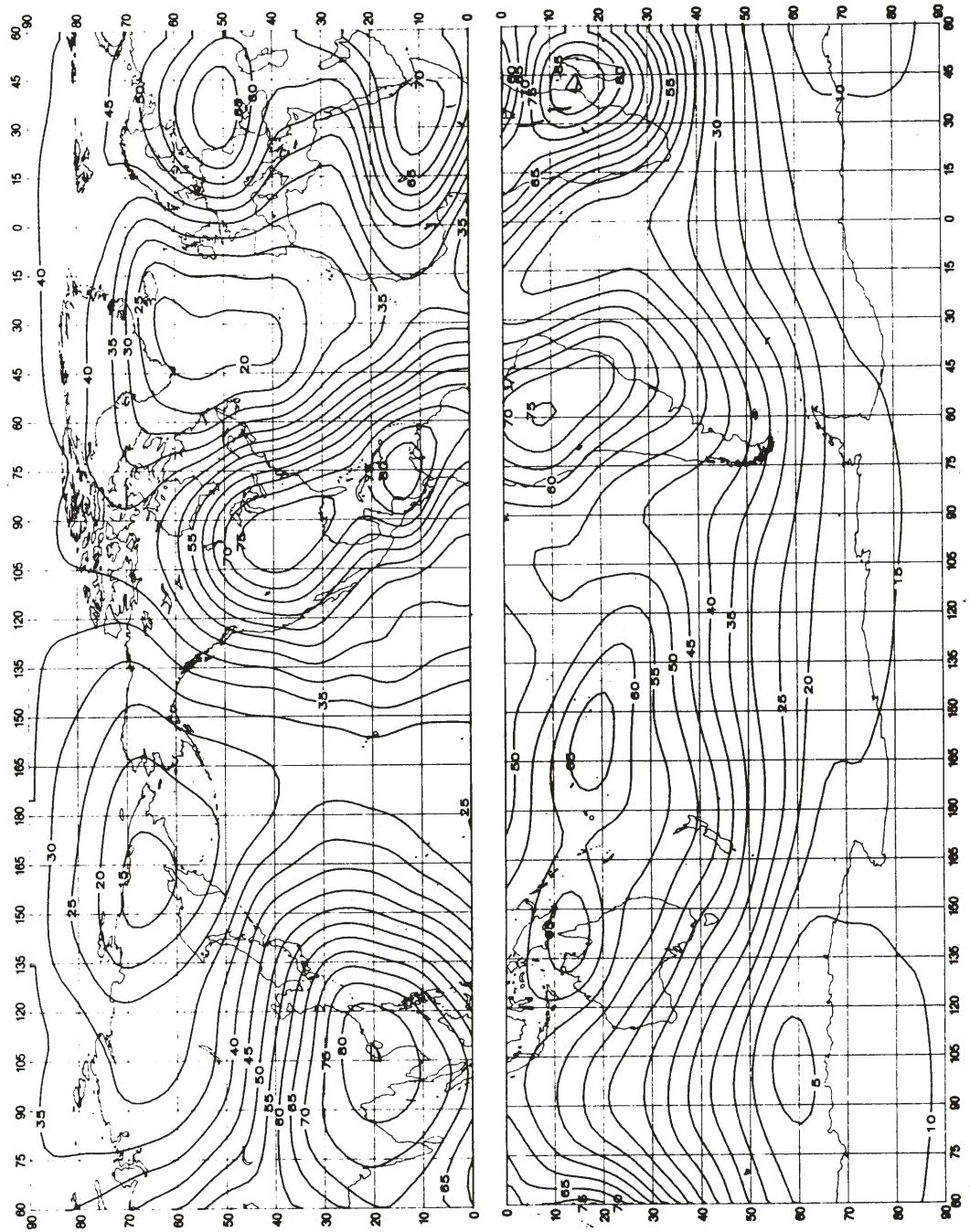
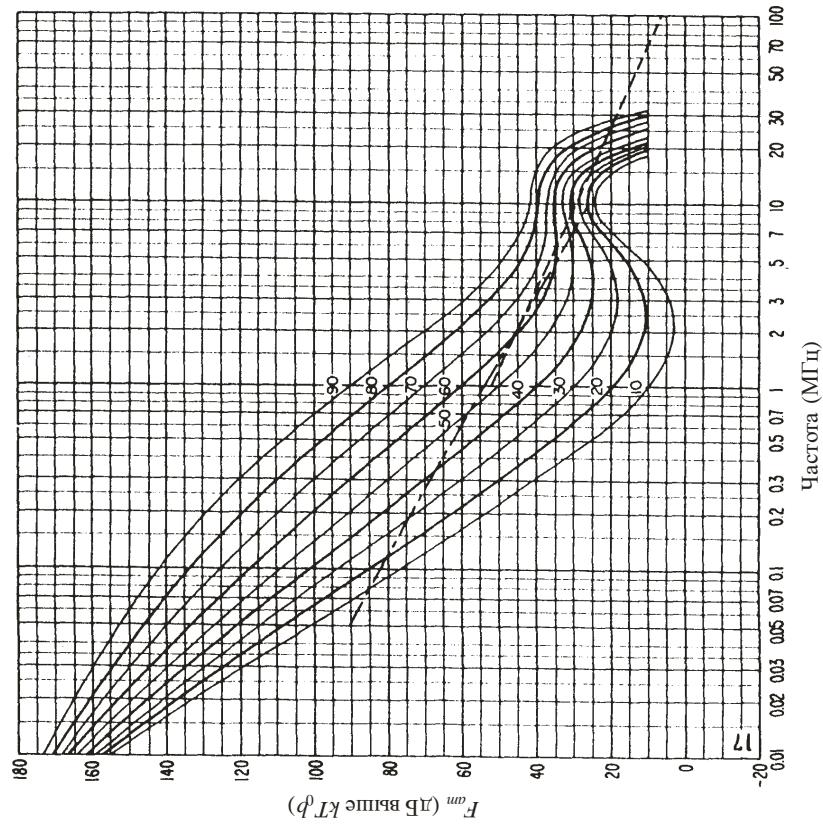


РИСУНОК 28б

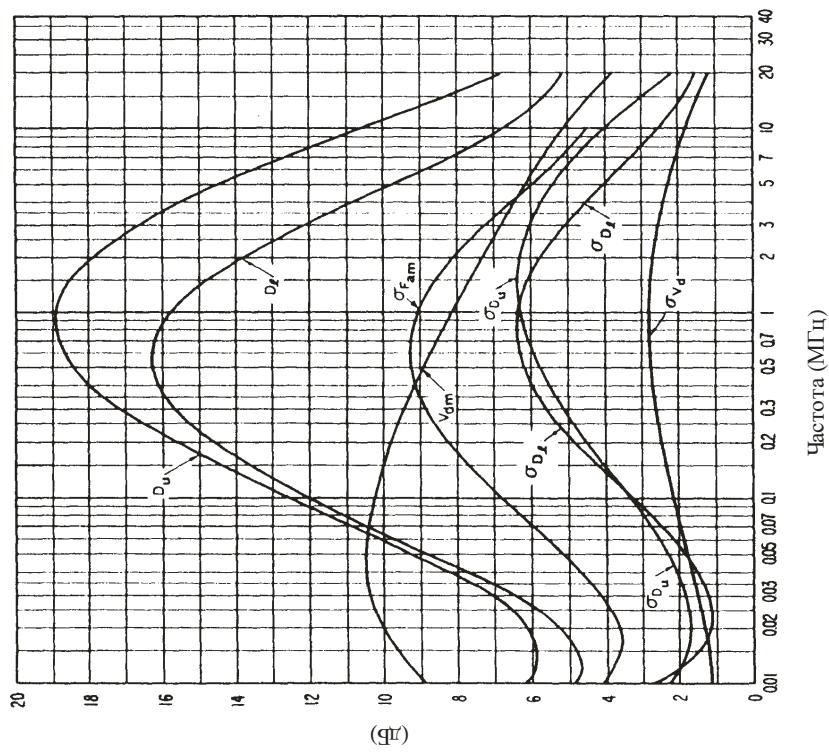
Изменчивость уровня радионула в зависимости от частоты
(лето; 12 час. 00 мин. – 16 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13б

РИСУНОК 28с

Данные об изменчивости и характере шума
(лето; 12 час. 00 мин. – 16 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13с

Р0372-28б

РИСУНОК 29а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (лето; 16 час. 00 мин. – 20 час. 00 мин. местного времени)

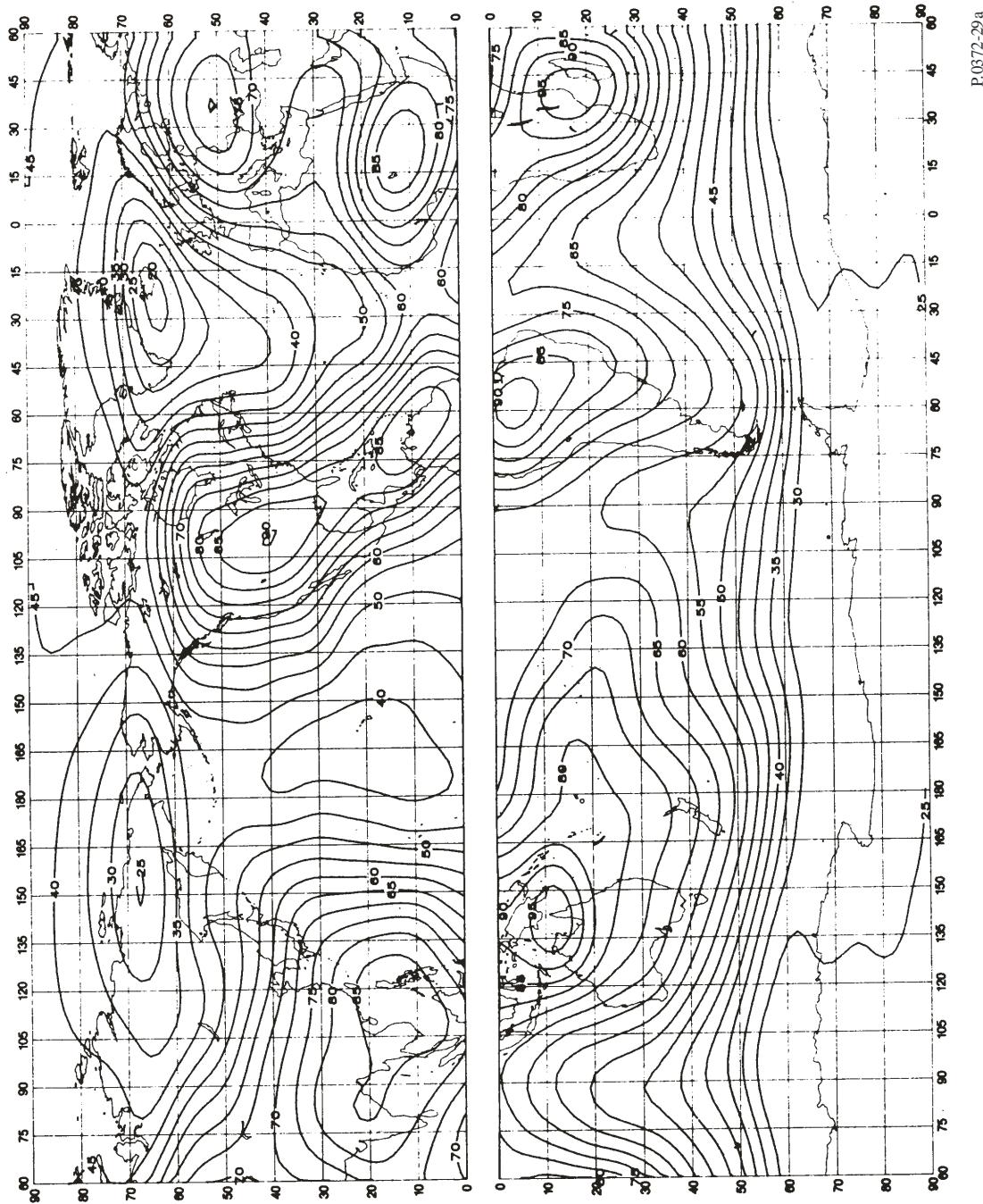
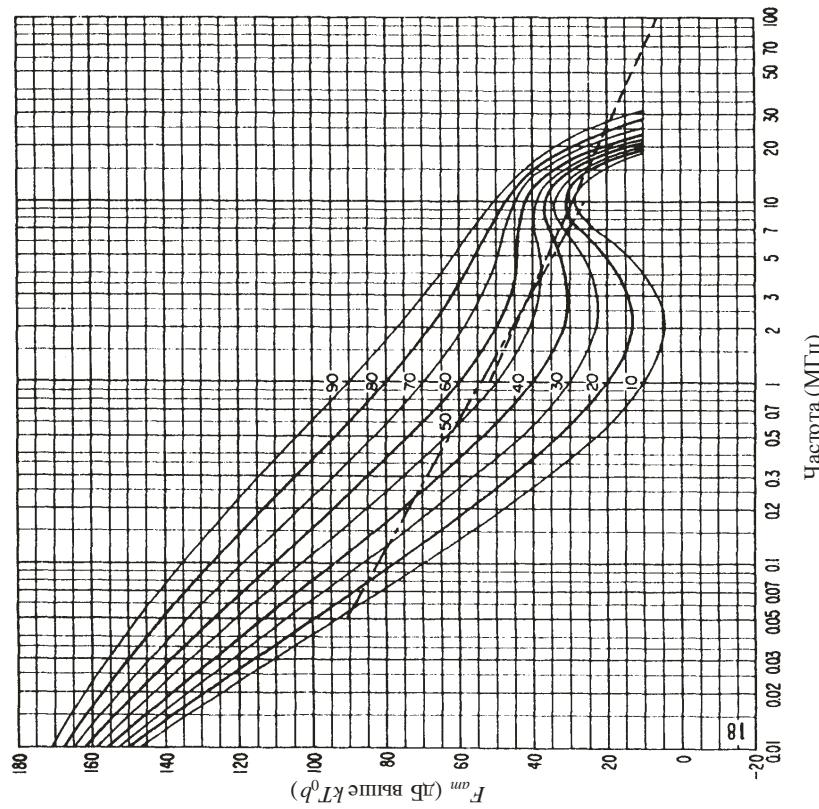


РИСУНОК 29б

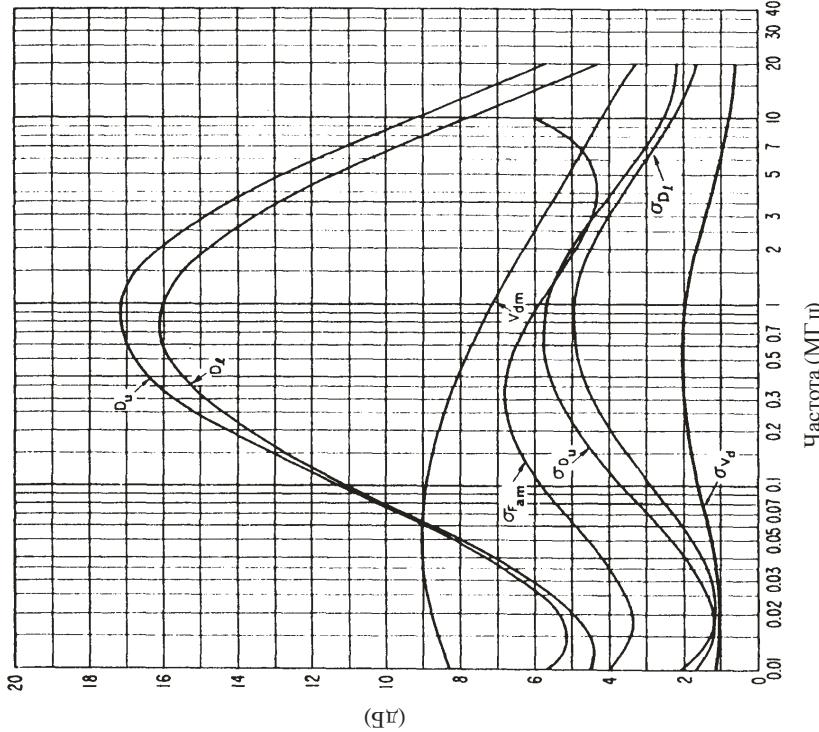
Изменчивость уровня радионуза в зависимости от частоты
(лето; 16 час. 00 мин. – 20 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13б

РИСУНОК 29с

Данные об изменчивости и характере шума
(лето; 16 час. 00 мин. – 20 час. 00 мин. местного времени)

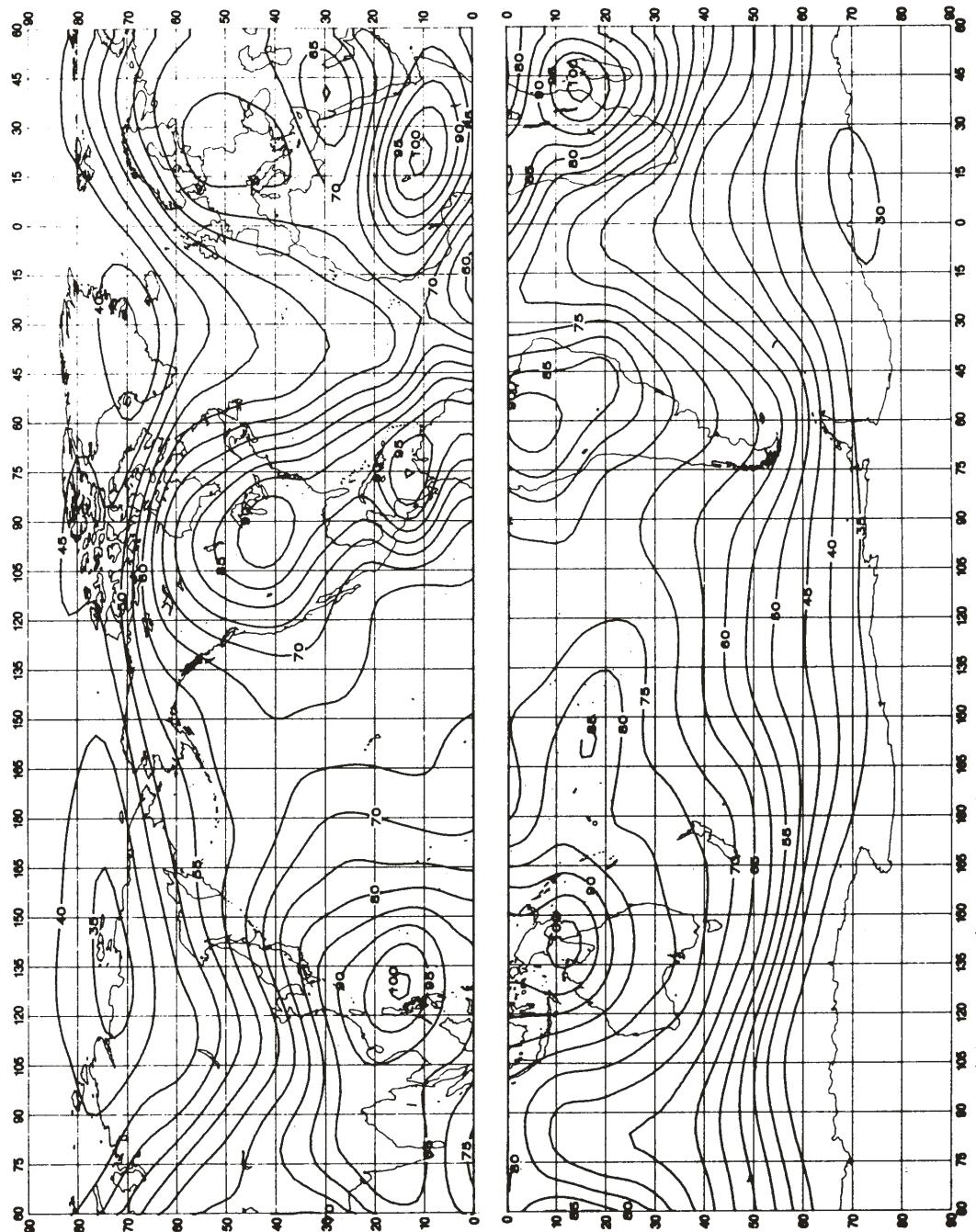


См. надпись на рис. 13с

Р.0372-29б

РИСУНОК 30а

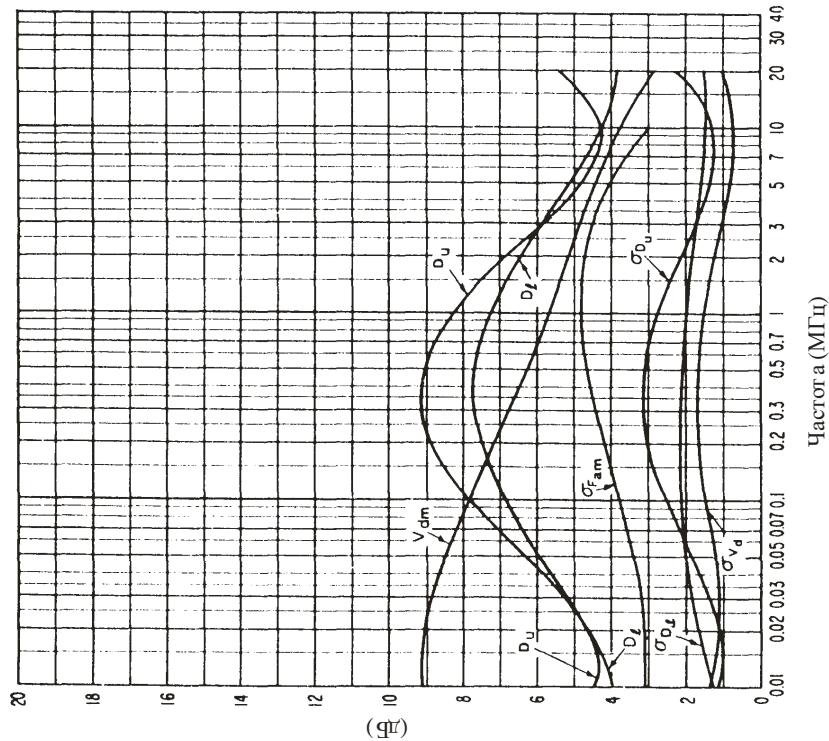
Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (лето; 20 час. 00 мин. – 24 час. 00 мин. местного времени)



P0372-30a

РИСУНОК 30с

Изменчивость уровня радиошума в зависимости от частоты
(лето; 20 час. 00 мин. – 24 час. 00 мин. местного времени)

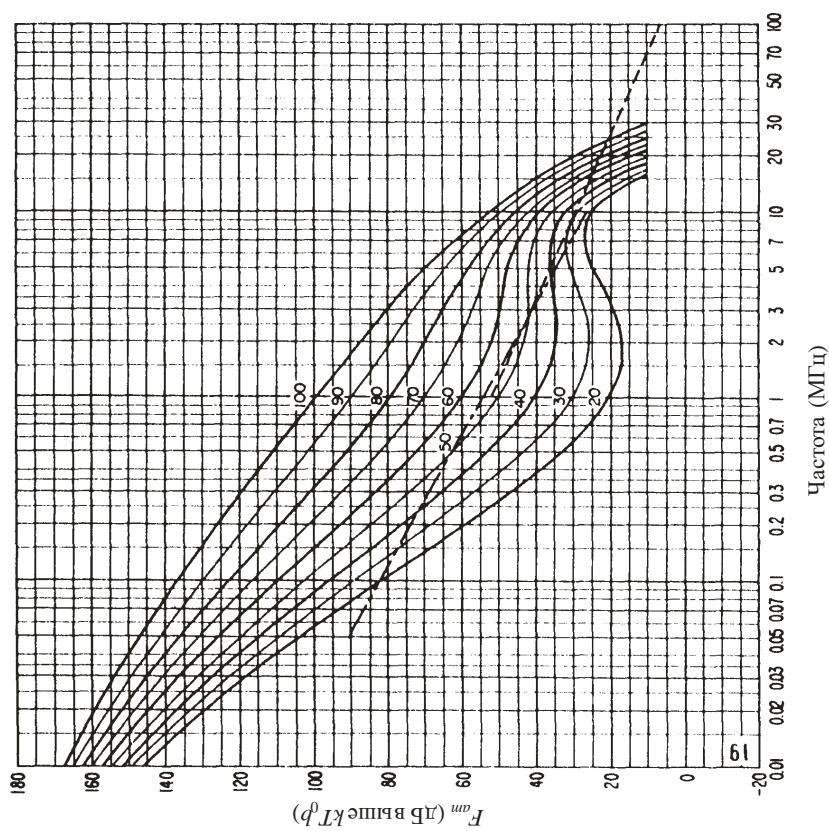


См. надпись на рис. 13с

Р.372-30b

РИСУНОК 30б

Изменчивость уровня радиошума в зависимости от частоты
(лето; 20 час. 00 мин. – 24 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13б

РИСУНОК 31а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (осень; 00 час. 00 мин. – 04 час. 00 мин. местного времени)

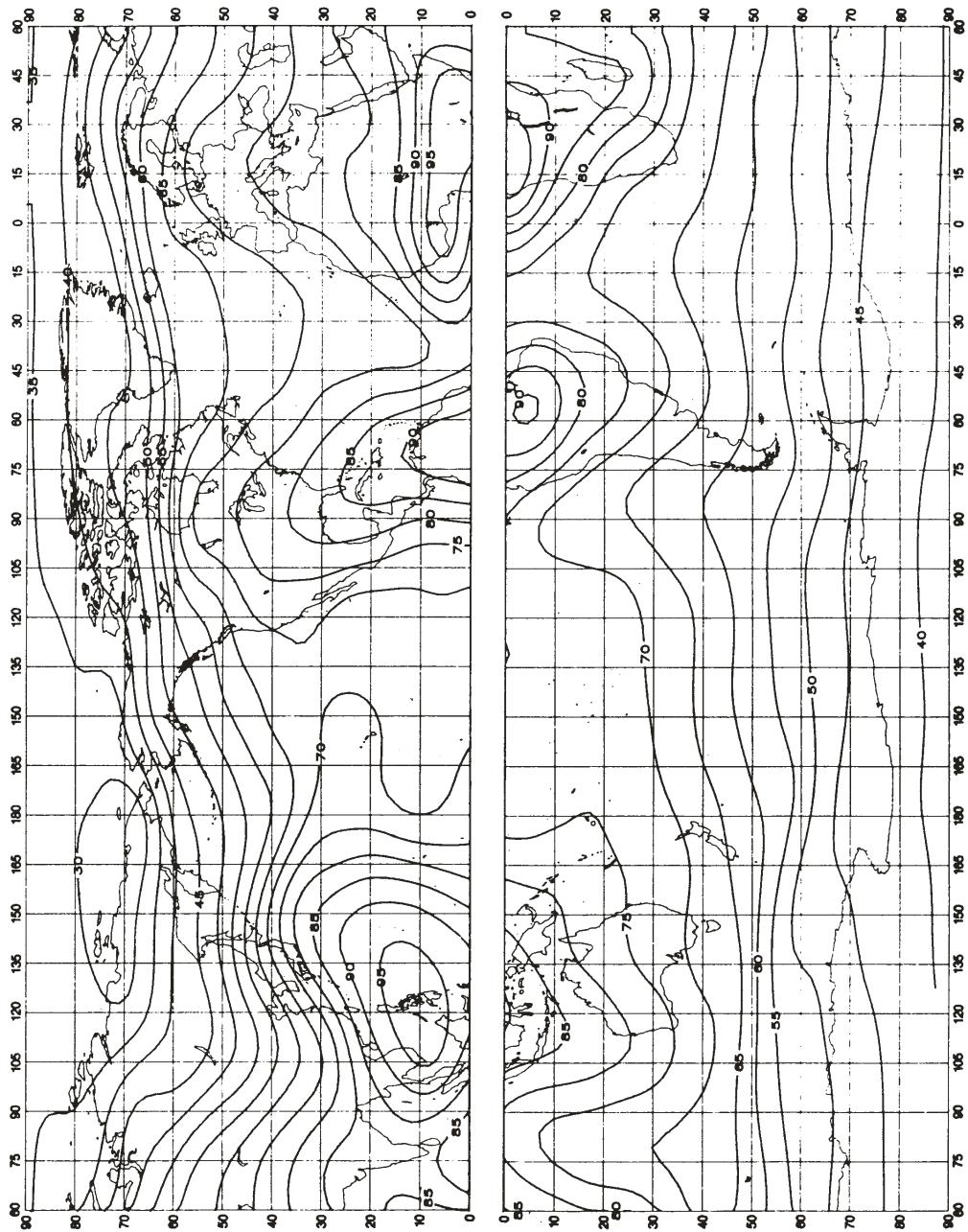
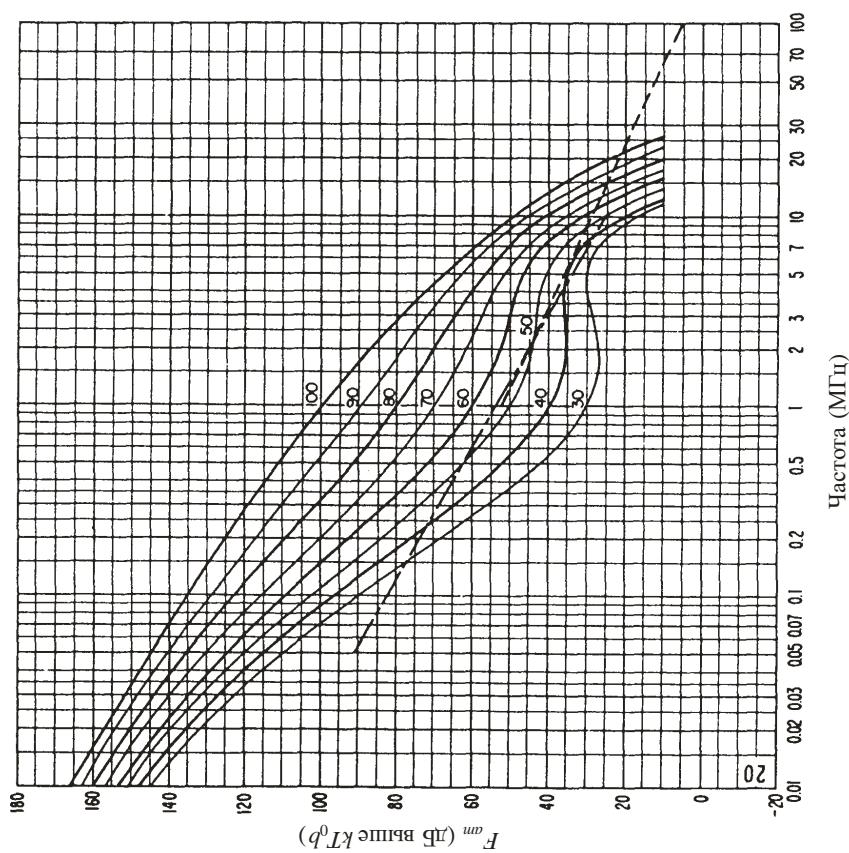


РИСУНОК 31б
Изменчивость уровня радиошума в зависимости от частоты
(осень; 0000–04000 ч местного времени)

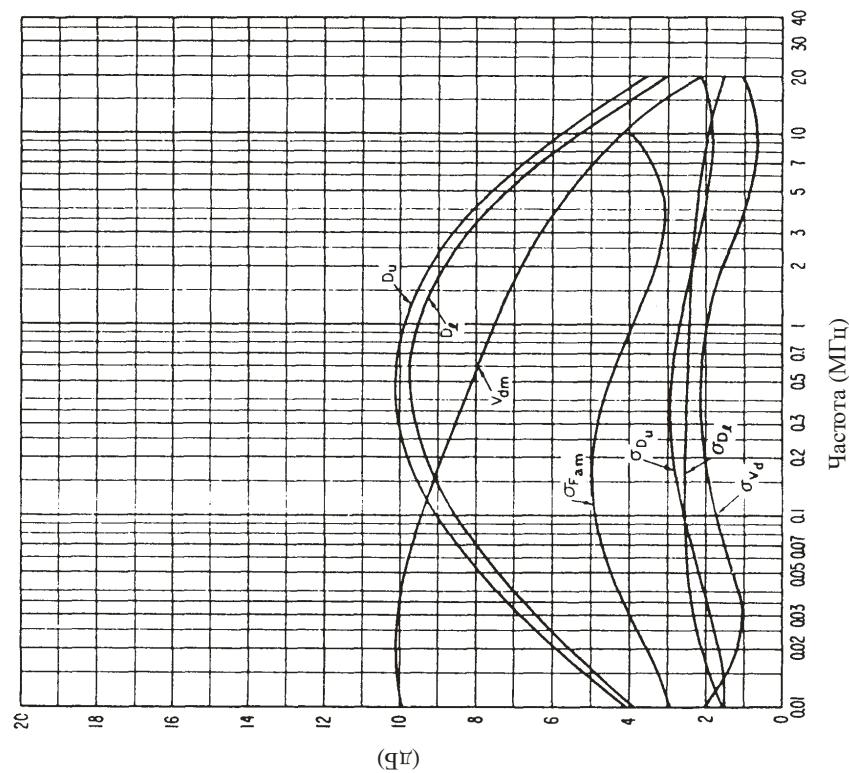


См. надпись на рис. 13б

См. надпись на рис. 13с

Р.0372-31б

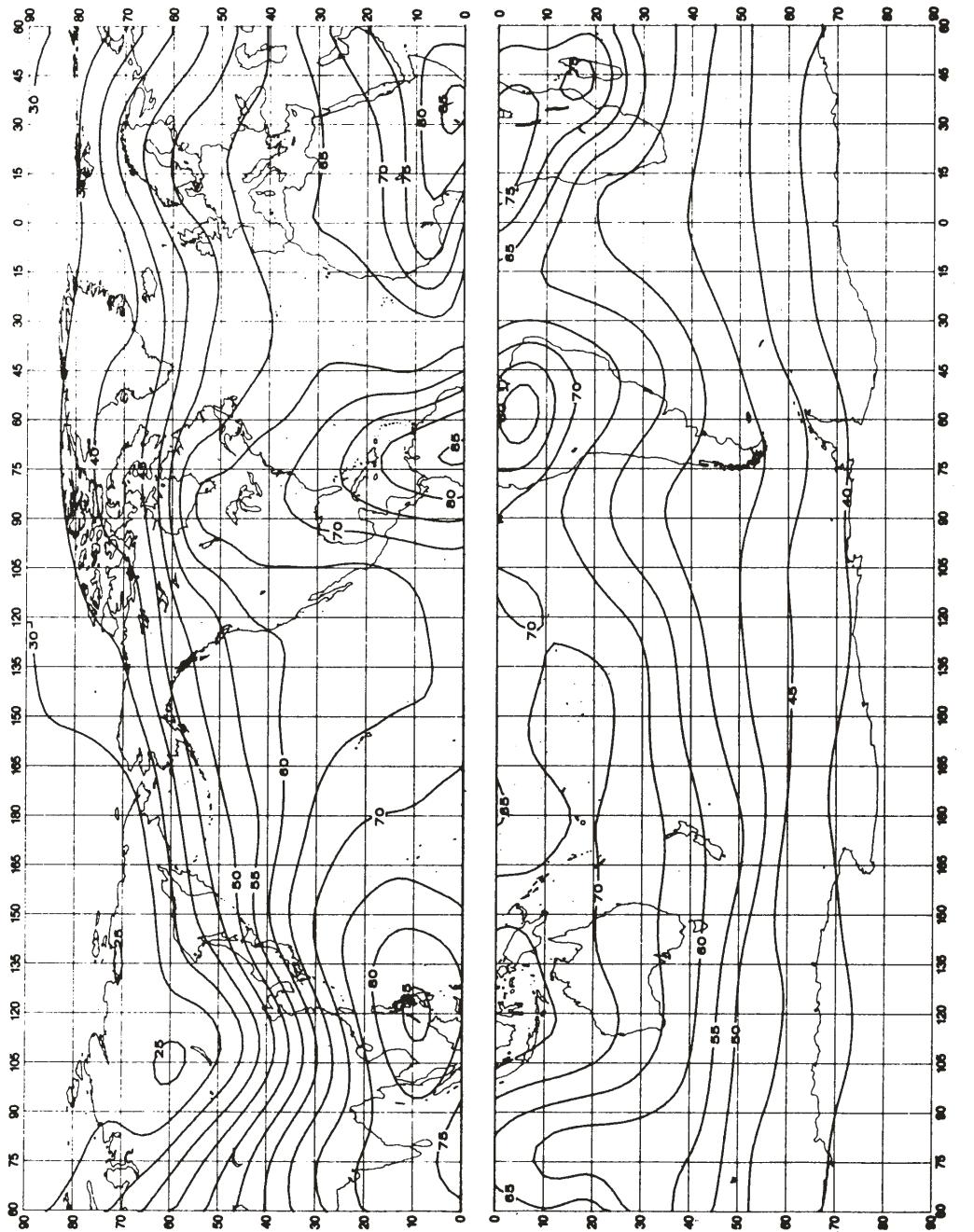
РИСУНОК 31с
Данные об изменчивости и характере шума
(осень; 00 час. 00 мин.–04 час. 00 мин. местного времени)



Р.0372-31б

РИСУНОК 32а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (осень; 04 час. 00 мин. – 08 час. 00 мин. местного времени)



P.0372-32a

РИСУНОК 32б

Изменчивость уровня радионуза в зависимости от частоты
(осень; 04 час. 00 мин. – 08 час. 00 мин. местного времени)

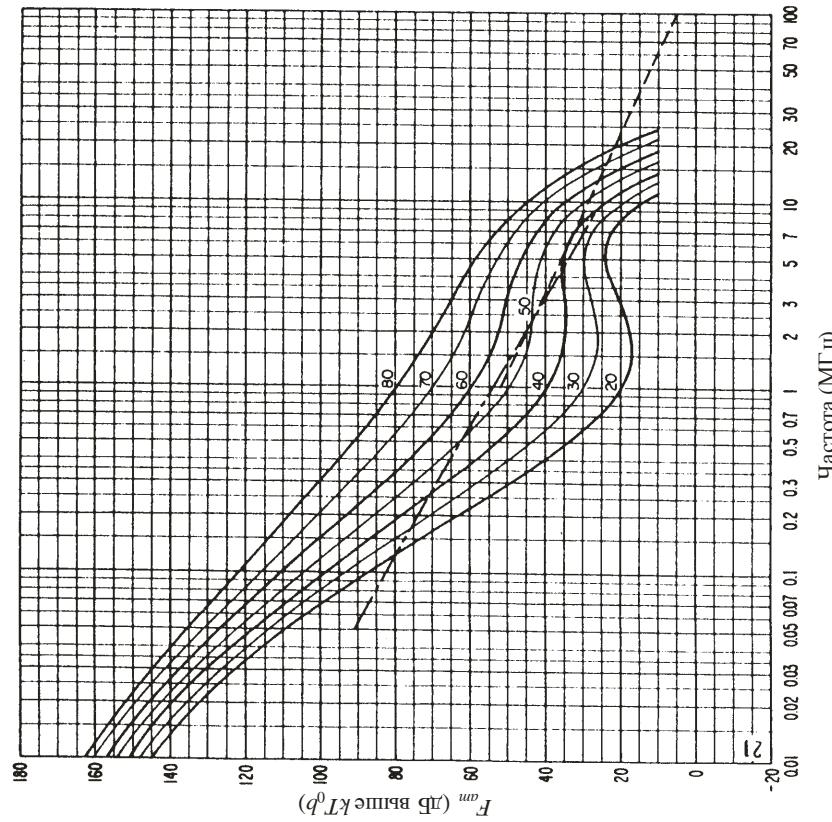
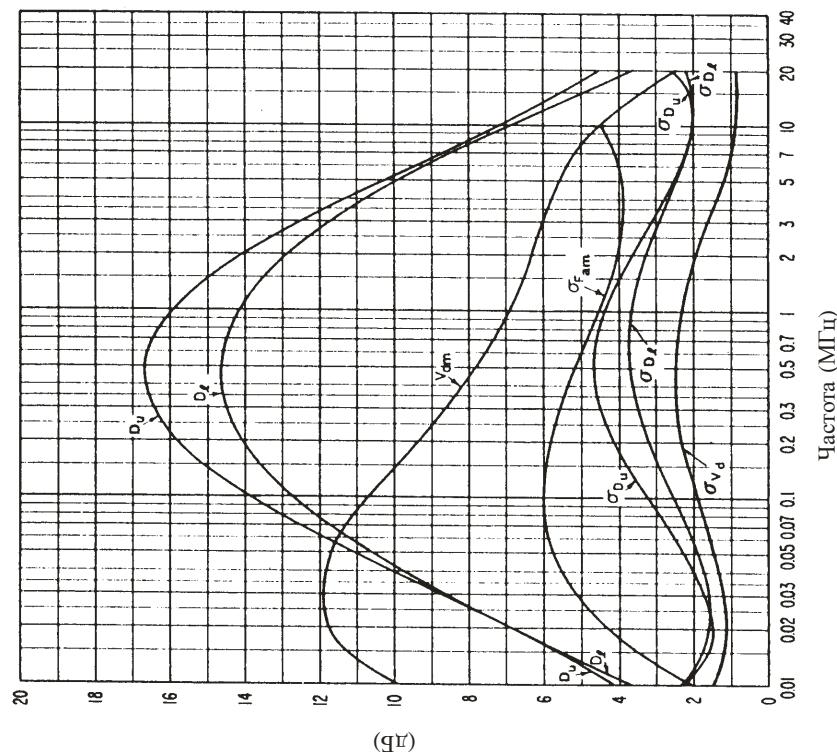


РИСУНОК 32с

Данные об изменчивости и характере шума
(осень; 04 час. 00 мин. – 08 час. 00 мин. местного времени)



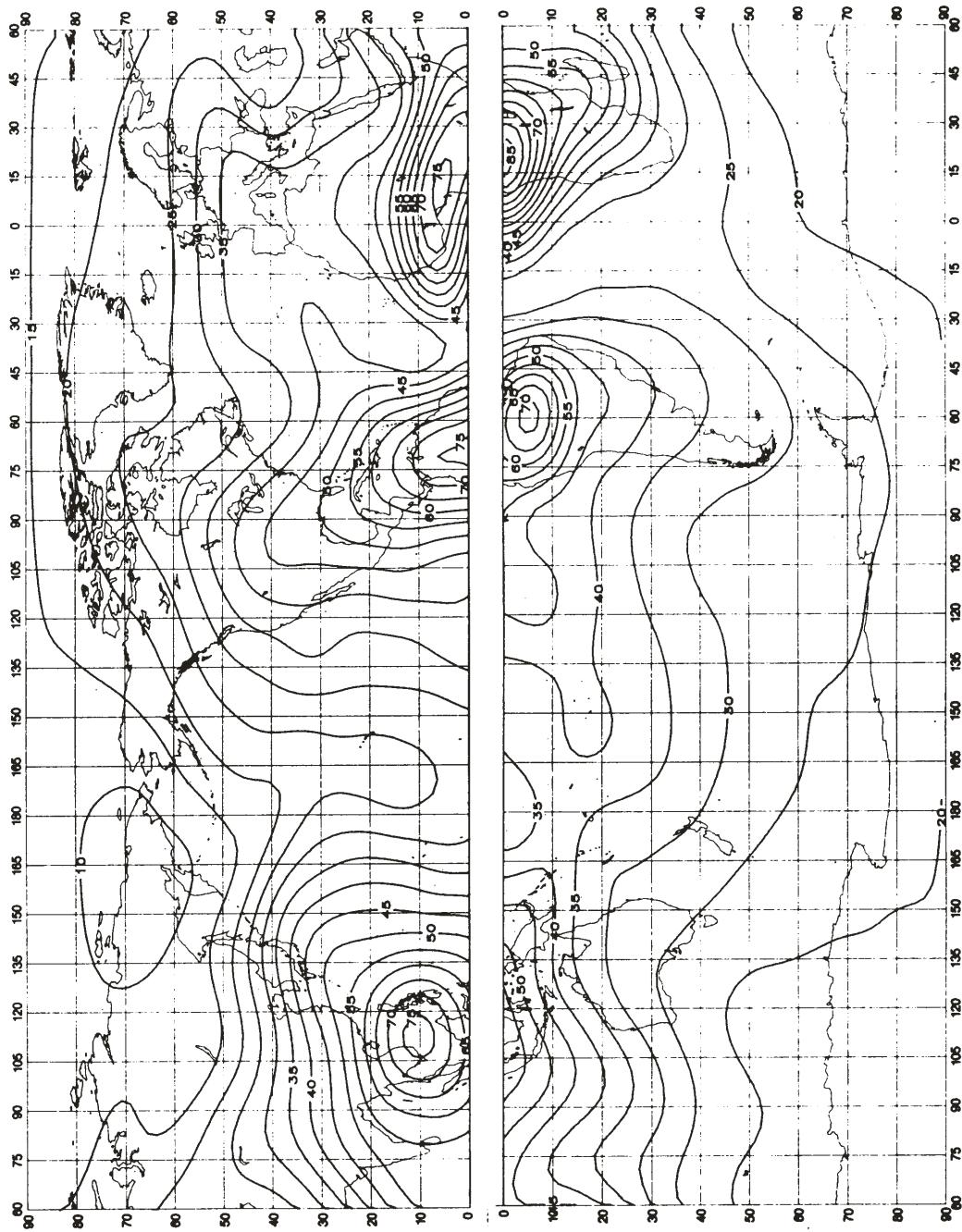
См. надпись на рис. 13б

См. надпись на рис. 13б

Р.0372-32б

РИСУНОК 33а

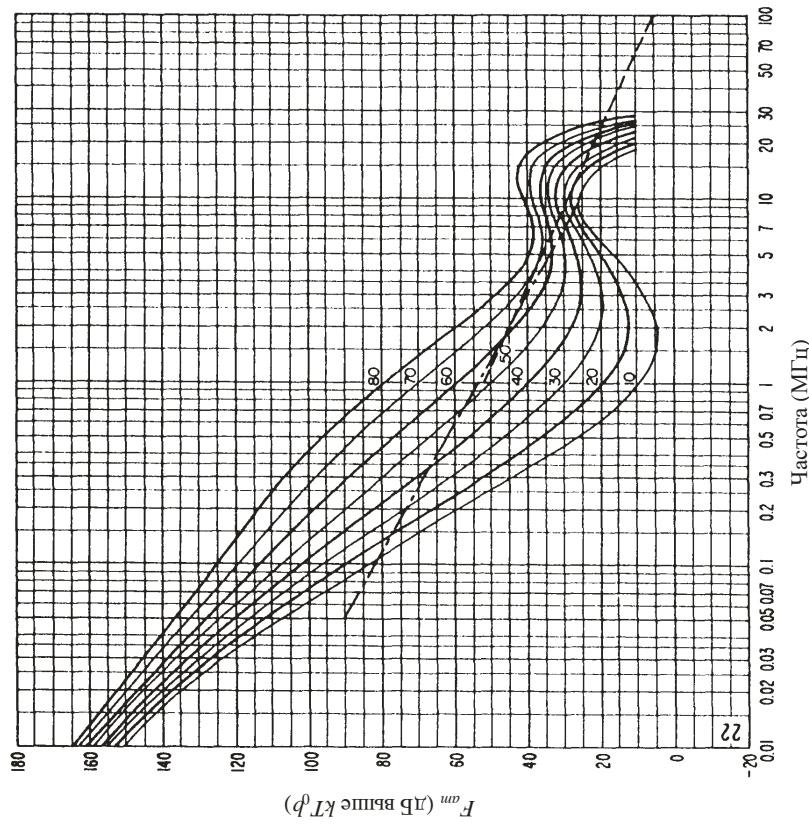
Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (осень; 08 час. 00 мин. – 12 час. 00 мин. местного времени)



Р0372-33а

РИСУНОК 33б

Изменчивость уровня радионуза в зависимости от частоты
(осень; 08 час. 00 мин. – 12 час. 00 мин. местного времени)

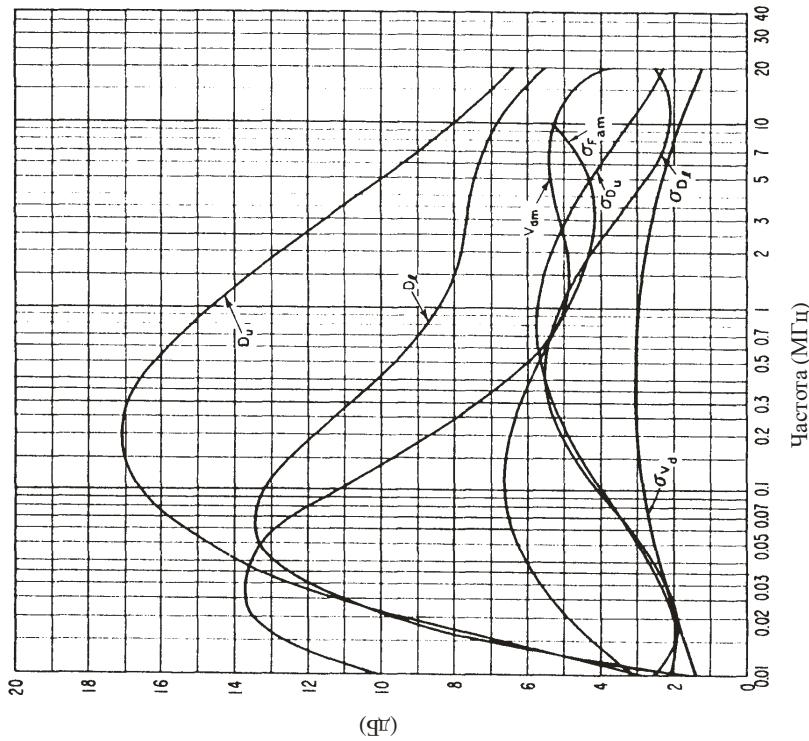


См. надпись на рис. 13б

См. надпись на рис. 13с

РИСУНОК 33с

Данные об изменчивости и характере шума
(осень; 08 час. 00 мин. – 12 час. 00 мин. местного времени)



P.0372-3.30

РИСУНОК 34а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (осень; 12 час. 00 мин. – 16 час. 00 мин. местного времени)

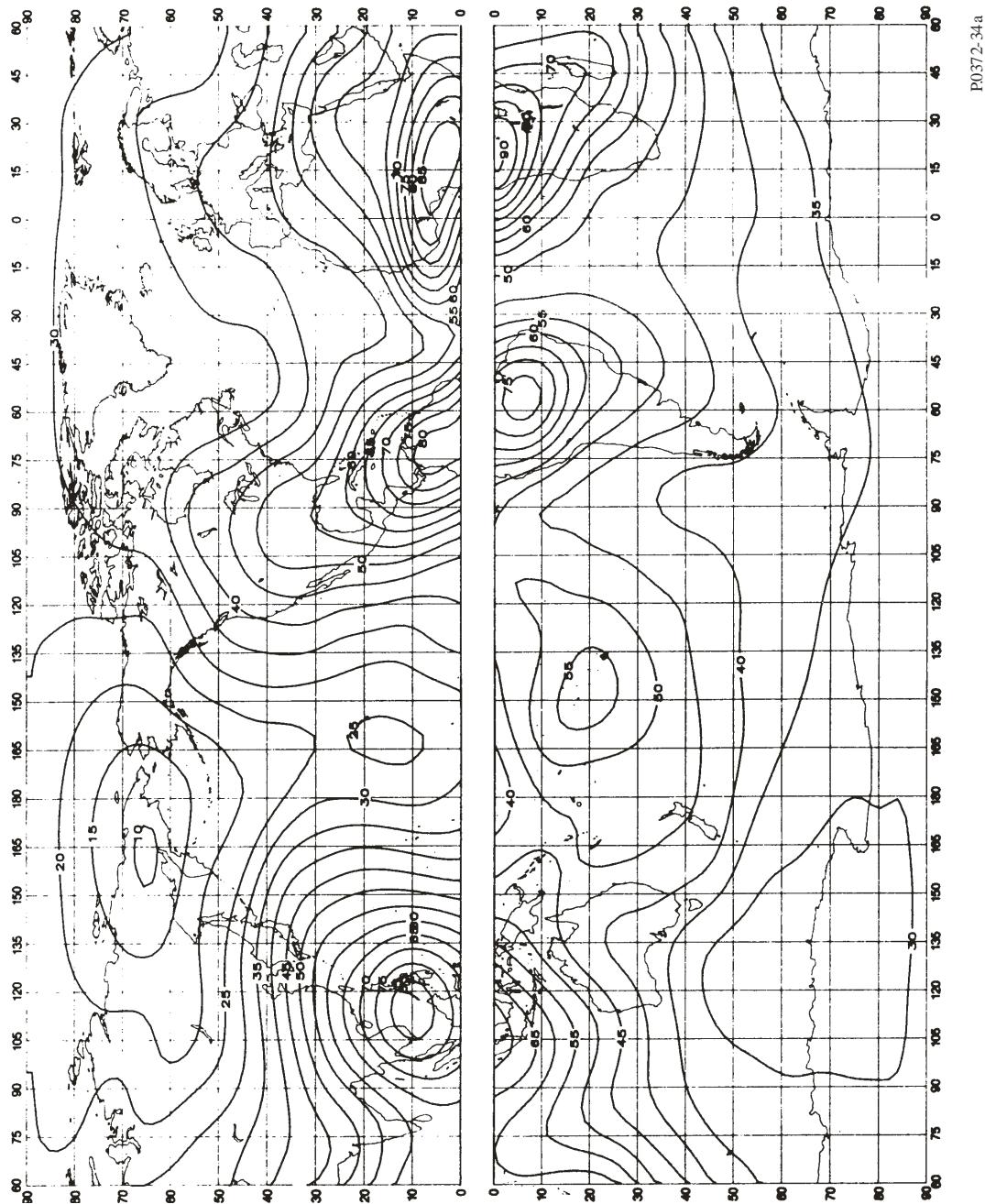
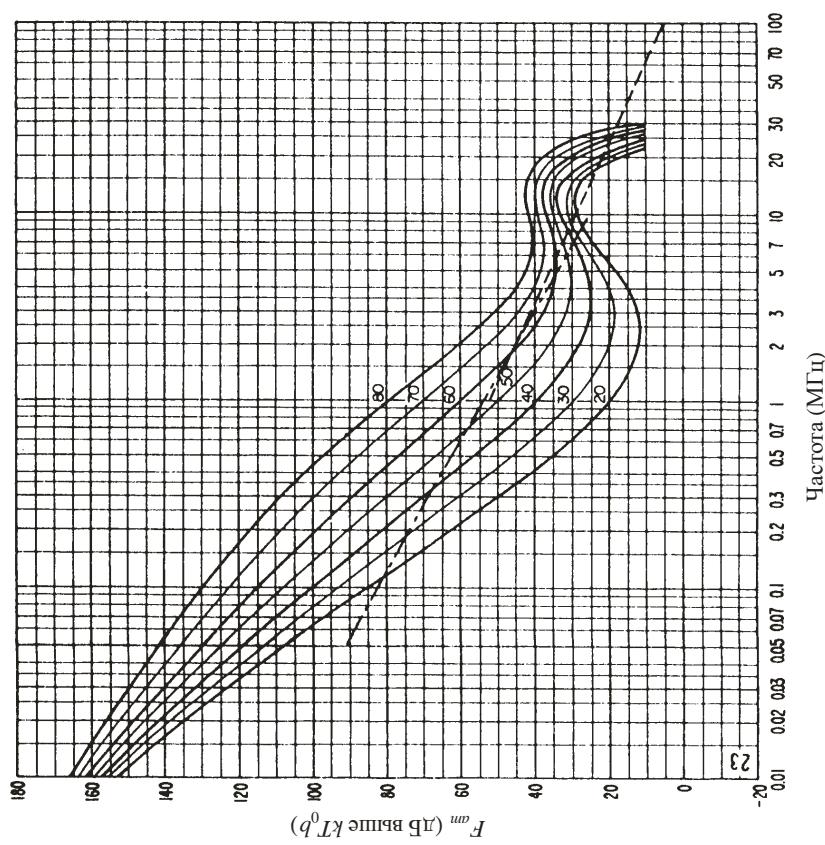


РИСУНОК 34б

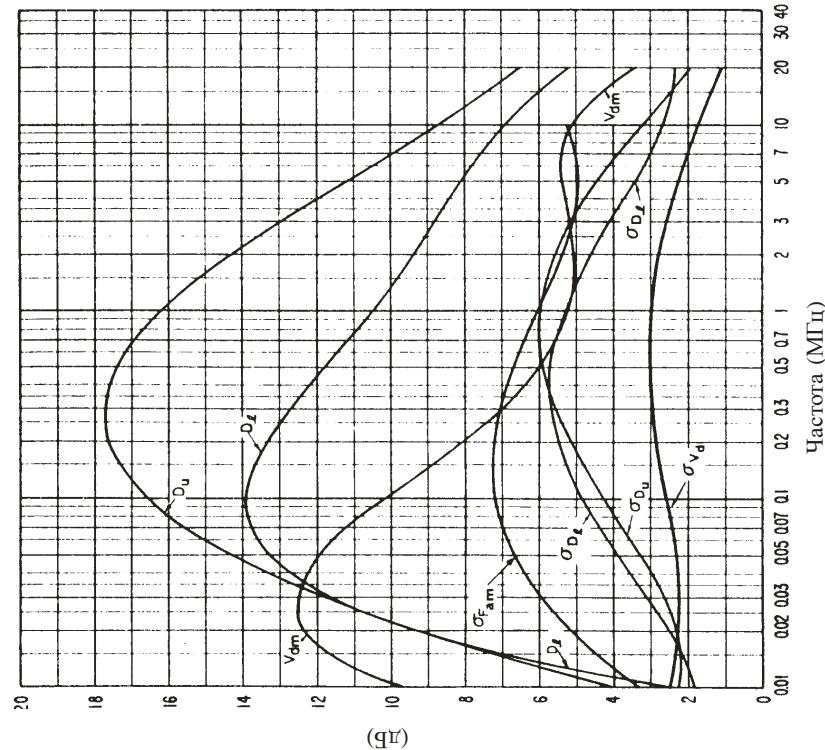
Изменчивость уровня радионула в зависимости от частоты
(осень; 12 час. 00 мин. – 16 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13б

РИСУНОК 34с

Данные об изменчивости и характере шума
(осень; 12 час. 00 мин. – 16 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13с

Р0372-34б

РИСУНОК 35а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (осень; 16 час. 00 мин. – 20 час. 00 мин. местного времени)

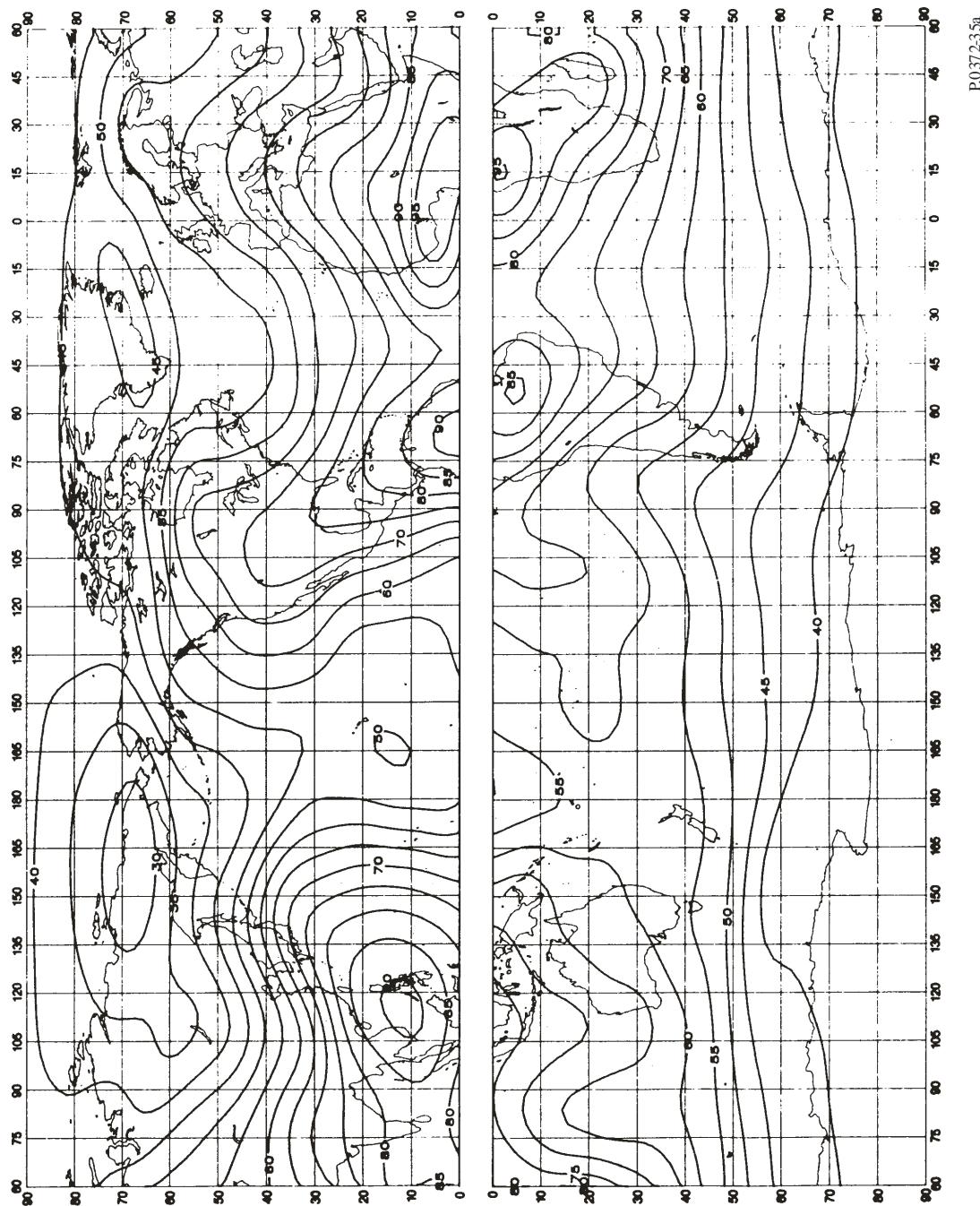
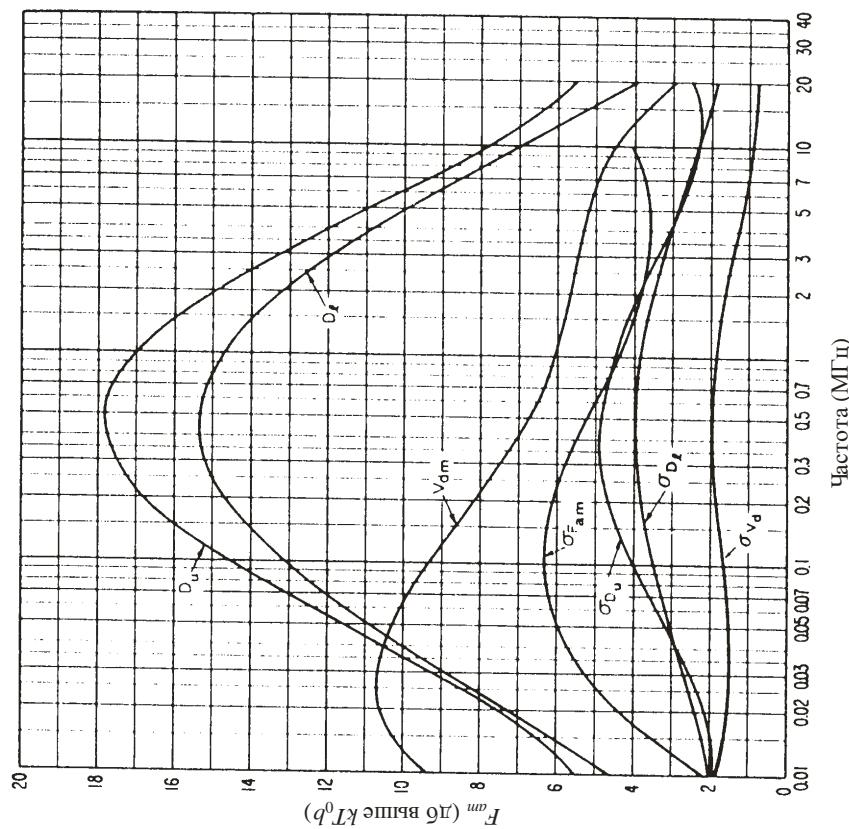


РИСУНОК 35б

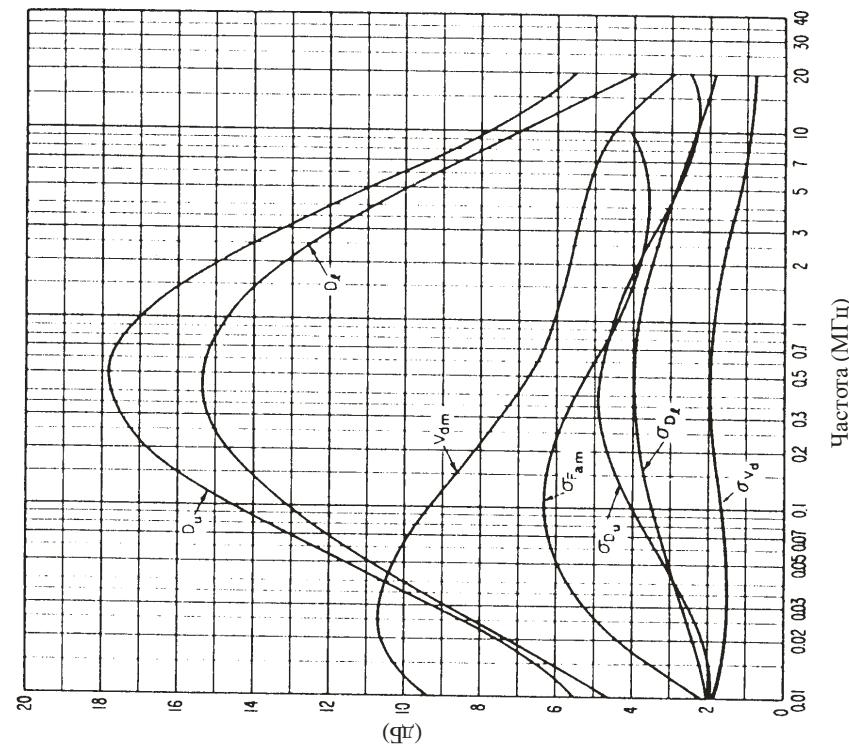
Изменчивость уровня радионуза в зависимости от частоты
(осень; 16 час. 00 мин. – 20 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13б

РИСУНОК 35с

Данные об изменчивости и характере шума
(осень; 16 час. 00 мин. – 20 час. 00 мин. местного времени)



См. надпись на рис. 13с

P.0372-35b

РИСУНОК 36а

Ожидаемые значения атмосферного радиошума F_{am}
(в дБ выше $k T_0 b$ на частоте 1 МГц) (осень; 20 час. 00 мин. – 24 час. 00 мин. местного времени)

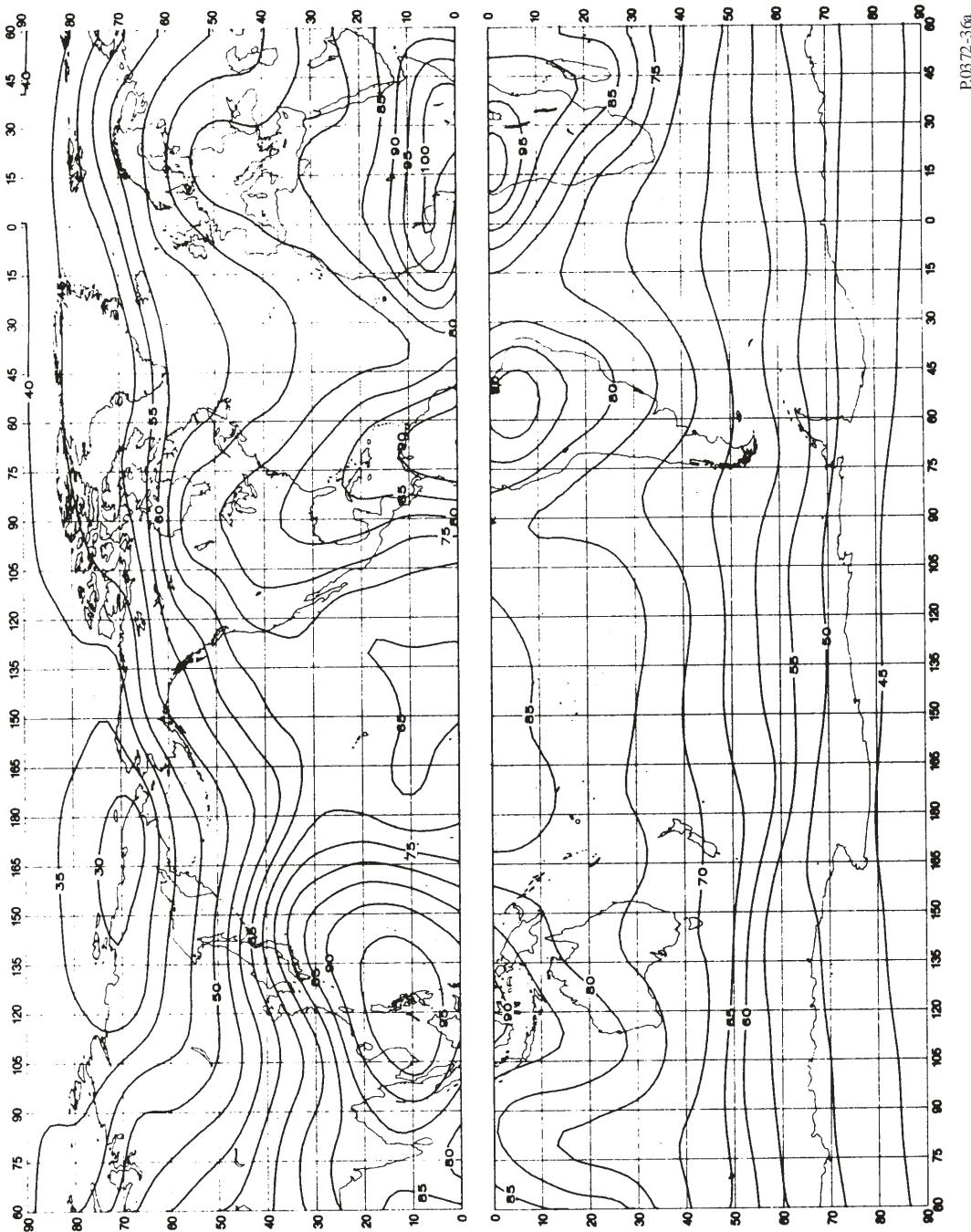


РИСУНОК 36б

Изменчивость уровня радиопути в зависимости от частоты (осень; 20 час. 00 мин. — 24 час. 00 мин. местного времени)

Данные об изменчивости и характере шума (осень; 20 час. 00 мин. – 24 час. 00 мин. местного времени)

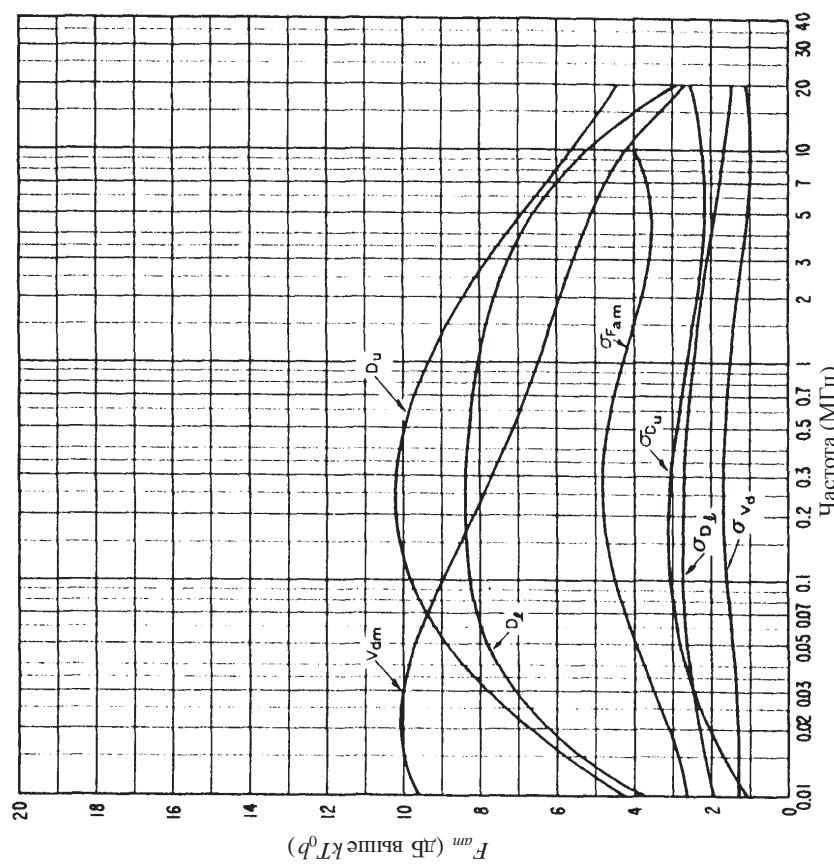
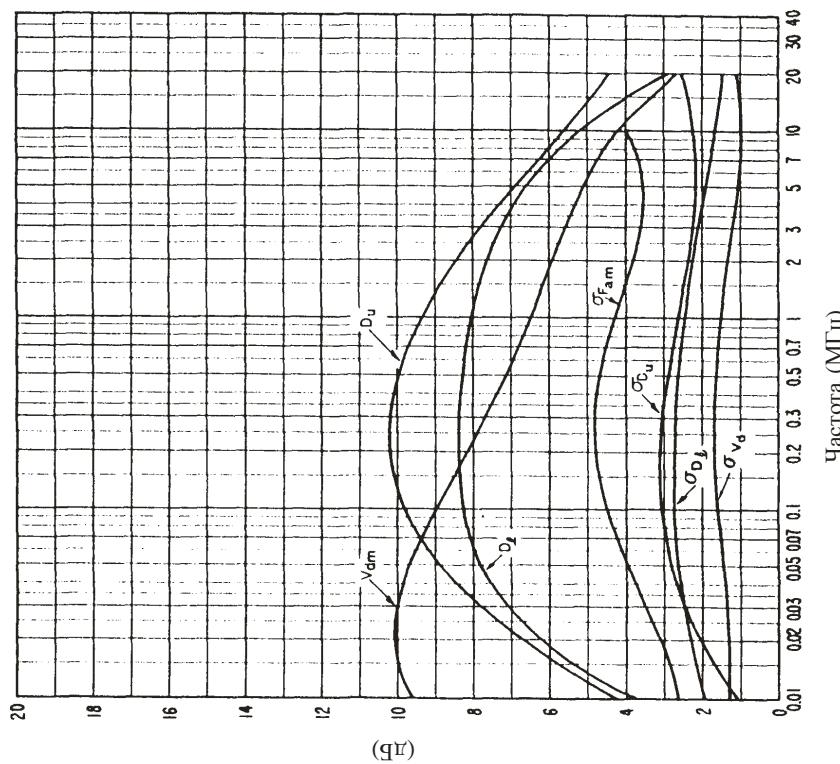


РИСУНОК 36с

Данные об изменчивости и характере шума (осень; 20 час. 00 мин. – 24 час. 00 мин. местного времени)

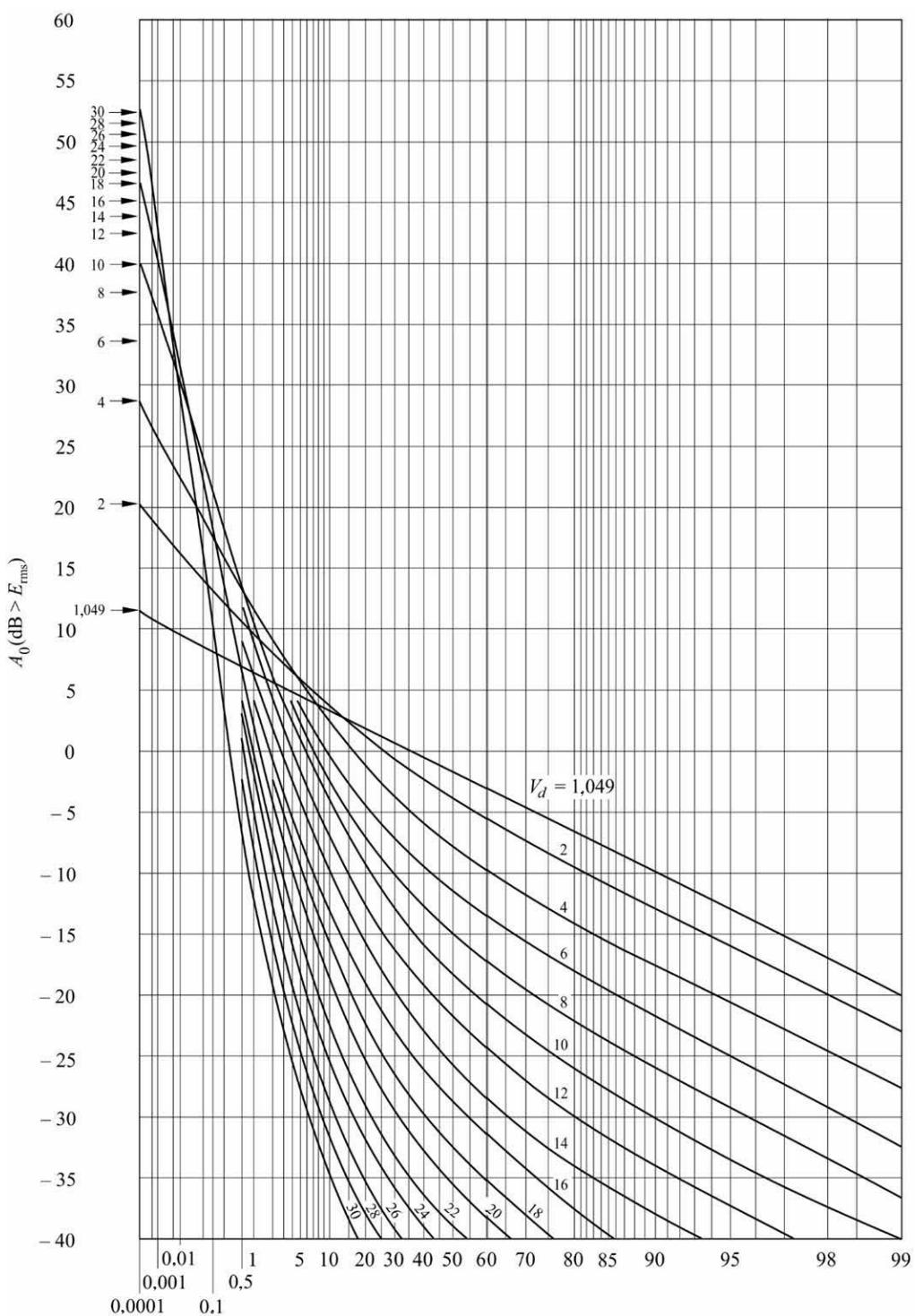


См. надпись на рис. 13б

См. надпись на рис. 13с

P.0372-36b

РИСУНОК 37

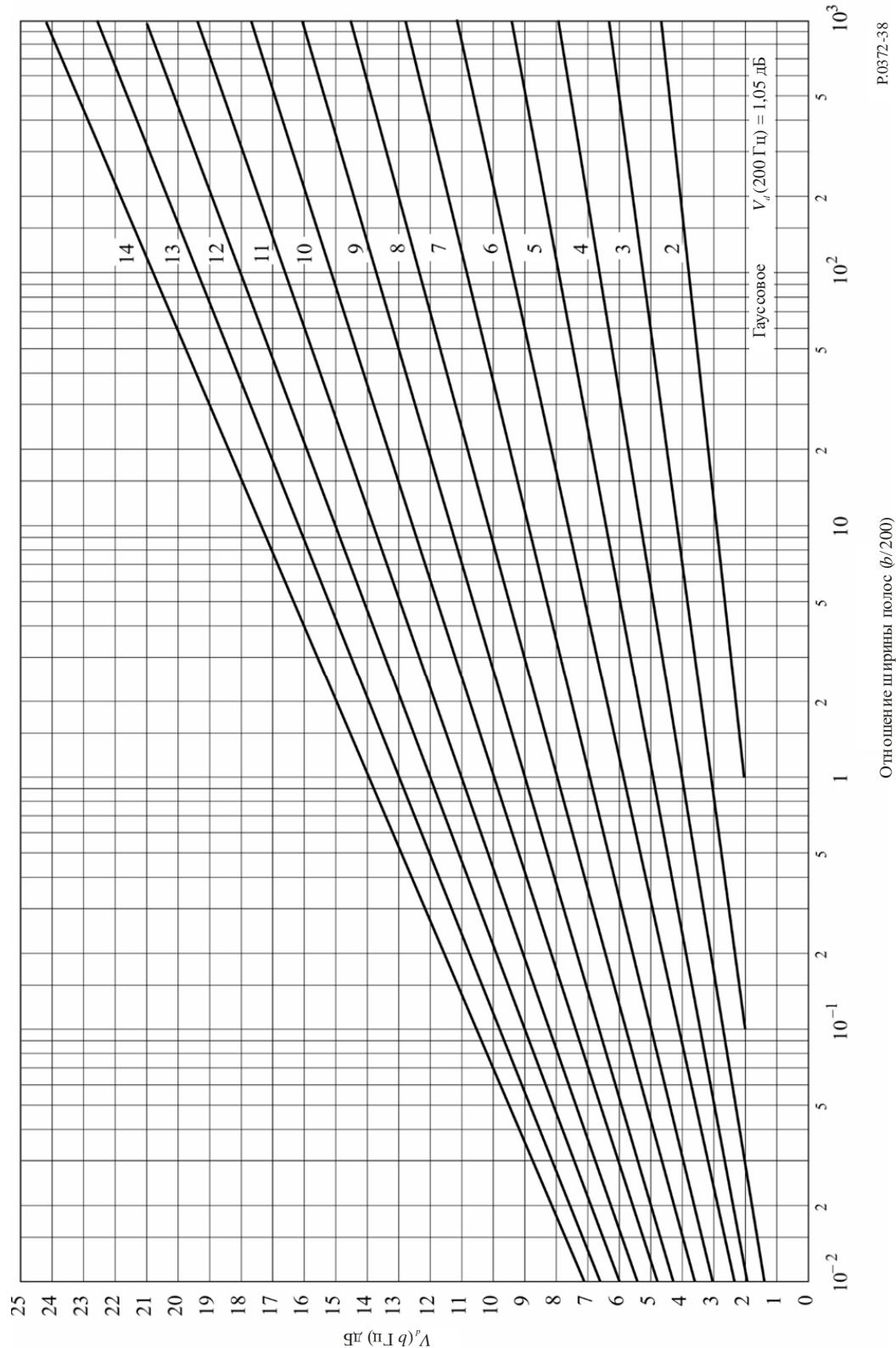
Вероятностные распределения амплитуд атмосферного радиошума при разных значениях V_d 

Процент времени превышения ординаты

P.0372-37

РИСУНОК 38

Перевод значений V_d , V_{dm} для ширины полосы 200 Гц в соответствующие значения для другой ширины полосы, b



ЧАСТЬ 6

Промышленный шум

6.1 Медианные значения мощности промышленного шума¹ для некоторых типов среды показаны на рис. 39. На рисунке показана также кривая галактического шума (см. часть 4).

Во всех случаях результаты соответствуют линейному изменению медианного значения, F_{am} , с частотой f вида:

$$F_{am} = c - d \log f, \quad (15)$$

где f выражена в МГц, а c и d принимают значения, приведенные в таблице 1. Заметим, что уравнение (15) справедливо в диапазоне от 0,3 до 250 МГц для всех категорий окружающей среды, за исключением тех, которые соответствуют кривым D и E, показанным на рисунке.

В таблице 2 приведены значения верхних и нижних децилей мощности шума, D_u и D_l , для деловых зон, жилых районов и сельской местности, усредненные по всему диапазону частот, указанному выше. В этой таблице также представлены значения отклонения в зависимости от местоположения. Можно исходить из того, что эти отклонения несогласованы и что подходит логарифмически нормальное распределение по обе стороны от медианы. Эти значения были измерены в 1970-е годы и со временем могут изменяться, в зависимости от деятельности, которая может приводить к появлению промышленного шума.

Представленная выше информация о промышленном шуме была получена на основе измерений, проведенных несколько лет назад. Измерения, которые проводились в Европе в 2006–2007 годах и в Японии в 2009–2011 годах, в целом подтвердили приведенные выше данные о шуме. Эти результаты включены в таблицы 3–5.

ТАБЛИЦА 1
Значения констант c и d

Категория окружающей среды	c	d
Деловая зона (кривая А)	76,8	27,7
Жилые районы (кривая В)	72,5	27,7
Сельская местность (кривая С)	67,2	27,7
Тихая сельская местность (кривая D)	53,6	28,6
Галактический шум (кривая Е)	52,0	23,0

¹ В настоящей Рекомендации для промышленного шума приводится значение внешнего шума, то есть компонента шума с гауссовым распределением. Часто у промышленного шума есть импульсная составляющая, и она может оказывать большое влияние на рабочие характеристики систем и сетей радиосвязи.

ТАБЛИЦА 2
Верхние и нижние значения децилей промышленного шума

Категория	Дециль	Изменение со временем (дБ)	Изменение в зависимости от местоположения (дБ)
Деловая зона	Верхнее	11,0	8,4
	Нижнее	6,7	8,4
Жилой район	Верхнее	10,6	5,8
	Нижнее	5,3	5,8
Сельская местность	Верхнее	9,2	6,8
	Нижнее	4,6	6,8

ТАБЛИЦА 3
Измерения промышленного шума вне помещений в Европе

Частота (МГц)	Медианное значение шума F_a (дБ отн. kT_0b)			Верхнее значение дециля			Нижнее значение дециля		
	Деловая зона	Жилой район	Сельская местность	Деловая зона	Жилой район	Сельская местность	Деловая зона	Жилой район	Сельская местность
35	23	17	16	7	5	1	1,5	2	2
140	12	8	6	4	2	2	3	3,5	2
210	16	8	5	1	2	1	2	1	2
270	6	4	4	2	2	1	2	1	1
425	6	4	3	1	2	1	1	1	1

ТАБЛИЦА 4
Измерения промышленного шума вне помещений в Японии

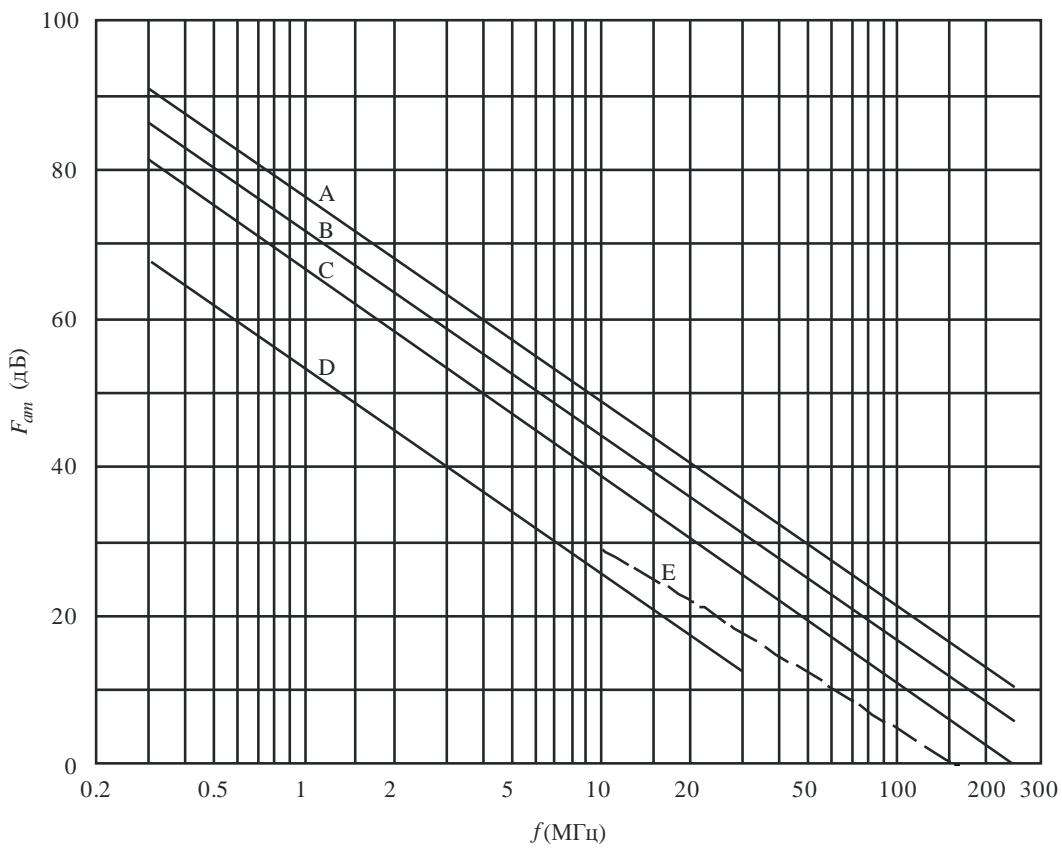
Частота (МГц)	Медианное значение шума F_a (дБ выше kT_0b)		Верхнее значение дециля (дБ)		Нижнее значение дециля (дБ)	
	Деловая зона	Жилой район	Деловая зона	Жилой район	Деловая зона	Жилой район
37	27,1	20,2	5,4	3,9	4,8	2,4
67	21,4	17,1	4,5	2,2	4,7	3,8
75	21,1	15,2	5,5	5,5	3,9	3,1
99	18,6	11,1	4,9	4,4	4,7	3,3
121	15,5	10,3	5,1	6,1	3,6	3,2
163	13,0	9,1	6,7	3,8	3,4	4,4
222	9,0	6,8	5,1	6,1	3,0	2,2
322	5,7	3,1	6,8	5,5	2,2	1,0

ТАБЛИЦА 5
Измерения промышленного шума внутри помещений в Европе

Частота (МГц)	Медианное значение шума F_a (дБ отн. kT_0b)		Верхнее значение дециля		Нижнее значение дециля	
	Деловая зона	Жилой район	Деловая зона	Жилой район	Деловая зона	Жилой район
210	14	5	3	3	2	1
425	16	3	4	1	1	1

РИСУНОК 39

Медианные значения мощности промышленного шума для короткой вертикальной заземленной несимметричной антенны без потерь



Категории окружающей среды:

- Кривые A: деловая зона
 B: жилые районы
 C: сельская местность
 D: тихая сельская местность
 E: галактический шум (см. пункт 6)

ЧАСТЬ 7

Комбинирование шумов от различных источников

7.1 Комбинирование шумов от различных источников

Существуют ситуации, когда необходимо рассматривать несколько типов шумов, поскольку два или более типов шумов соизмеримы по интенсивности. Такая ситуация, как правило, возможна на любой частоте, но наиболее часто это случается на ВЧ, когда атмосферные, промышленные и галактические шумы соизмеримы по интенсивности (например, кривая для 10 МГц на рис. 2).

Значения коэффициента шума для каждого источника шума определены выше; предполагается, что величина F_a (дБ) распределяется по обе стороны от медианного значения F_{am} согласно полунаормальному распределению. В нижней части полунаормального распределения стандартное отклонение σ_l ($= D_l / 1,282$) ниже медианы, а в верхней части полунаормального распределения стандартное отклонение σ_u ($= D_u / 1,282$) выше медианы. У соответствующих коэффициентов шума f_a (Вт) – логарифмически нормальное распределение по обе стороны от медианы.

Медианное значение, F_{amT} , и стандартное отклонение, σ_T , от значения шума для суммы двух или более вызывающих шум процессов задается уравнением:

$$F_{amT} = c \left[\ln(\alpha_T) - \frac{\sigma_T^2}{2c^2} \right] \quad (\text{дБ}). \quad (16)$$

$$\sigma_T = c \sqrt{\ln \left(1 + \frac{\beta_T}{\alpha_T^2} \right)} \quad (\text{дБ}), \quad (17)$$

где:

$$c = 10 / \ln(10) = 4,343. \quad (18)$$

$$\alpha_T = \sum_{i=1}^n \alpha_i = \sum_{i=1}^n \exp \left[\frac{F_{ami}}{c} + \frac{\sigma_i^2}{2c^2} \right] \quad (\text{Вт}). \quad (19)$$

$$\beta_T = \sum_{i=1}^n \alpha_i^2 \left[\exp \left(\frac{\sigma_i^2}{c^2} \right) - 1 \right] \quad (\text{Вт}^2), \quad (20)$$

а F_{ami} и σ_i – медианное значение и стандартное отклонение от показателей шума для источников компонентов шума. Для атмосферных помех эти данные получают с помощью рис. 13–36. Для промышленного шума их получают с помощью рис. 10 и таблицы 2. Для галактического шума F_{am} задается уравнением (13), а σ_i устанавливается на уровне 1,56 дБ ($= 2/1,282$).

Верхнее значение дециля, D_{uT} , показателя шума для суммы двух или более вызывающих шум процессов задается уравнением:

$$D_{uT} = 1,282 \sigma_T \quad (\text{дБ}), \quad (21)$$

где σ_T рассчитывается с использованием верхних значений дециля компонентов шума для расчета σ_l ($= D_l / 1,282$) в уравнениях (19) и (20).

Нижнее значение дециля, D_{lT} , показателя шума для суммы двух или более вызывающих шум процессов задается уравнением:

$$DIT = 1,282 \sigma_T \quad (\text{дБ}), \quad (22)$$

где σ_T рассчитывается с использованием нижних значений дециля компонентов шума для расчета $\sigma_i (= D_l/1,282)$ в уравнениях (19) и (20).

Когда верхнее значение дециля показателя шума для по крайней мере одного компонента шума превышает 12 дБ, величина σ_T , рассчитываемая с помощью уравнений с (17) по (20) с использованием верхних значений дециля компонентов шума, должна ограничиваться максимальным значением:

$$\sigma_T = c \sqrt{2 \ln \left(\frac{\alpha_T}{\gamma_T} \right)} \quad (\text{дБ}), \quad (23)$$

где γ_T – коэффициент шума для простой суммы мощностей отдельных медианных коэффициентов шума:

$$\gamma_T = \sum_{i=1}^n \exp \left(\frac{F_{ami}}{c} \right) \quad (\text{Вт}). \quad (24)$$

Точно так же, когда нижнее значение дециля показателя шума для по крайней мере одного компонента шума превышает 12 дБ, величина σ_T , рассчитываемая с помощью уравнений с (17) по (20) с использованием нижних значений дециля компонентов шума, должна ограничиваться максимальным значением, заданным уравнением (23).