

## РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R P.837-5

**Характеристики осадков, используемые при моделировании распространения радиоволн**

(Вопрос МСЭ-R 201/3)

(1992-1994-1999-2001-2003-2007)

**Сфера применения**

В Рекомендации МСЭ-R P.837-4 содержатся карты метеорологических параметров, которые были получены с использованием базы данных повторных расчетов ERA-15 Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF). Новые карты были составлены с использованием базы данных повторных расчетов ERA-40 ECMWF, которая представляет собой новый продукт, разработанный ECMWF с использованием усовершенствованных процедур ассимиляции и прогнозирования и охватывающий более длительный период времени с улучшенным пространственным разрешением. Кроме того, были доработаны коэффициенты регрессии, используемые при прогнозировании интенсивности дождевых осадков.

Статистические данные об интенсивности дождевых осадков со временем интегрирования 1 минута требуются для прогнозирования ослабления в дожде в наземных и спутниковых каналах связи. Данные долговременных измерений интенсивности дождевых осадков могут быть получены из местных источников, но только с более длительным временем интегрирования. В настоящей Рекомендации приводится метод преобразования статистических данных об интенсивности дождевых осадков с более длительным временем интегрирования в статистические данные об интенсивности дождевых осадков со временем интегрирования 1 минута.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a) что для прогнозирования ослабления в дожде и рассеяния, вызываемых осадками, необходима информация о статистических данных по интенсивности осадков;
- b) что такая информация необходима для всех точек земного шара и для широкого диапазона вероятностей;
- c) что статистические данные об интенсивности дождевых осадков со временем интегрирования 1 мин. требуются для прогнозирования ослабления в дожде и рассеяния в наземных и спутниковых каналах связи;
- d) что данные долговременных измерений интенсивности дождевых осадков могут быть получены из местных источников со временем интегрирования 1 мин., а также со временем интегрирования более 1 мин.,

*рекомендует,*

**1** что модель, приведенную в Приложении 1, следует использовать для получения интенсивности дождевых осадков  $R_p$ , превышаемой на любой заданный процент от уровня среднего года  $p$  и для любого местоположения (при времени интегрирования 1 мин.). Эта модель должна применяться к данным, представляемым в цифровых файлах ESARAIN\_xxx\_v5.TXT; (файлы данных могут быть получены на веб-сайте МСЭ-R в той части, которая относится к 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи);

**2** что для удобства ссылок следует использовать рисунки 1–8, приведенные в Приложении 2, для выбора интенсивности дождевых осадков, превышаемой на 0,01% от уровня среднего года. Эти рисунки также были составлены на основе модели и данных, описываемых в Приложении 1;

**3** что следует использовать, при их наличии, местные долговременные измерения интенсивности дождевых осадков со временем интегрирования 1 мин.;

**4** что следует использовать, при их наличии, долговременные измерения интенсивности дождевых осадков с более длительными временами интегрирования и что для пересчета в интенсивность дождевых осадков со временем интегрирования 1 мин. следует использовать модель, приведенную в Приложении 3.

## Приложение 1

### Модель расчета интенсивности дождевых осадков, превышающей заданную вероятность в среднем году и в заданном местоположении

Файлы данных ESARAIN\_PR6\_v5.TXT, ESARAIN\_MT\_v5.TXT и ESARAIN\_BETA\_v5.TXT содержат, соответственно, числовые значения переменных  $P_{r6}$ ,  $M_T$  и  $\beta$ , тогда как файлы данных ESARAINLAT\_v5.TXT и ESARAINLON\_v5.TXT содержат значения широты и долготы для каждой записи данных во всех других файлах. Эти файлы данных были получены на основе данных за 40 лет, представленных Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF).

*Этап 1:* Извлечь переменные  $P_{r6}$ ,  $M_T$  и  $\beta$  для четырех пунктов, наиболее близко расположенных по широте (Lat) и долготе (Lon) к географическим координатам заданного местоположения. Координатная сетка широты – от  $+90^\circ$  с. ш. до  $-90^\circ$  ю. ш. при шагах в  $1,125^\circ$ ; координатная сетка долготы – от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  при шагах в  $1,125^\circ$ .

*Этап 2:* Из значений  $P_{r6}$ ,  $M_T$  и  $\beta$  в четырех точках координатной сетки получить значения  $P_{r6}(Lat, Lon)$ ,  $M_T(Lat, Lon)$  и  $\beta(Lat, Lon)$  в заданном местоположении, осуществляя двухлинейную интерполяцию, как это описано в Рекомендации МСЭ-R P.1144.

*Этап 3:* Преобразовать  $M_T$  и  $\beta$  в  $M_c$  и  $M_s$  следующим образом:

$$\begin{aligned} M_c &= \beta M_T \\ M_s &= (1-\beta) M_T. \end{aligned}$$

*Этап 4:* Вывести процентную вероятность дождевых осадков в среднем году  $P_0$  на основе уравнения:

$$P_0(Lat, Lon) = P_{r6}(Lat, Lon) \left( 1 - e^{-0,079 (M_s(Lat, Lon)/P_{r6}(Lat, Lon))} \right) \quad (1)$$

Если  $P_{r6}$  равно нулю, то процентная вероятность дождевых осадков в среднем году и показатель интенсивности дождевых осадков, превышаемый на любой процент от уровня среднего года, равны нулю. В этом случае необходимы следующие этапы.

*Этап 5:* Вывести показатель интенсивности дождевых осадков  $R_p$ , превышаемый на  $p\%$  от уровня среднего года, где  $p \leq P_0$ , на основе уравнения:

$$R_p(Lat, Lon) = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \quad \text{мм/ч}, \quad (2)$$

где:

$$A = a b \quad (2a)$$

$$B = a + c \ln(p/P_0(Lat, Lon)) \quad (2b)$$

$$C = \ln(p/P_0(Lat, Lon)) \quad (2c)$$

и

$$a = 1,09 \quad (2d)$$

$$b = \frac{(M_c(Lat, Lon) + M_s(Lat, Lon))}{21797 P_0} \quad (2e)$$

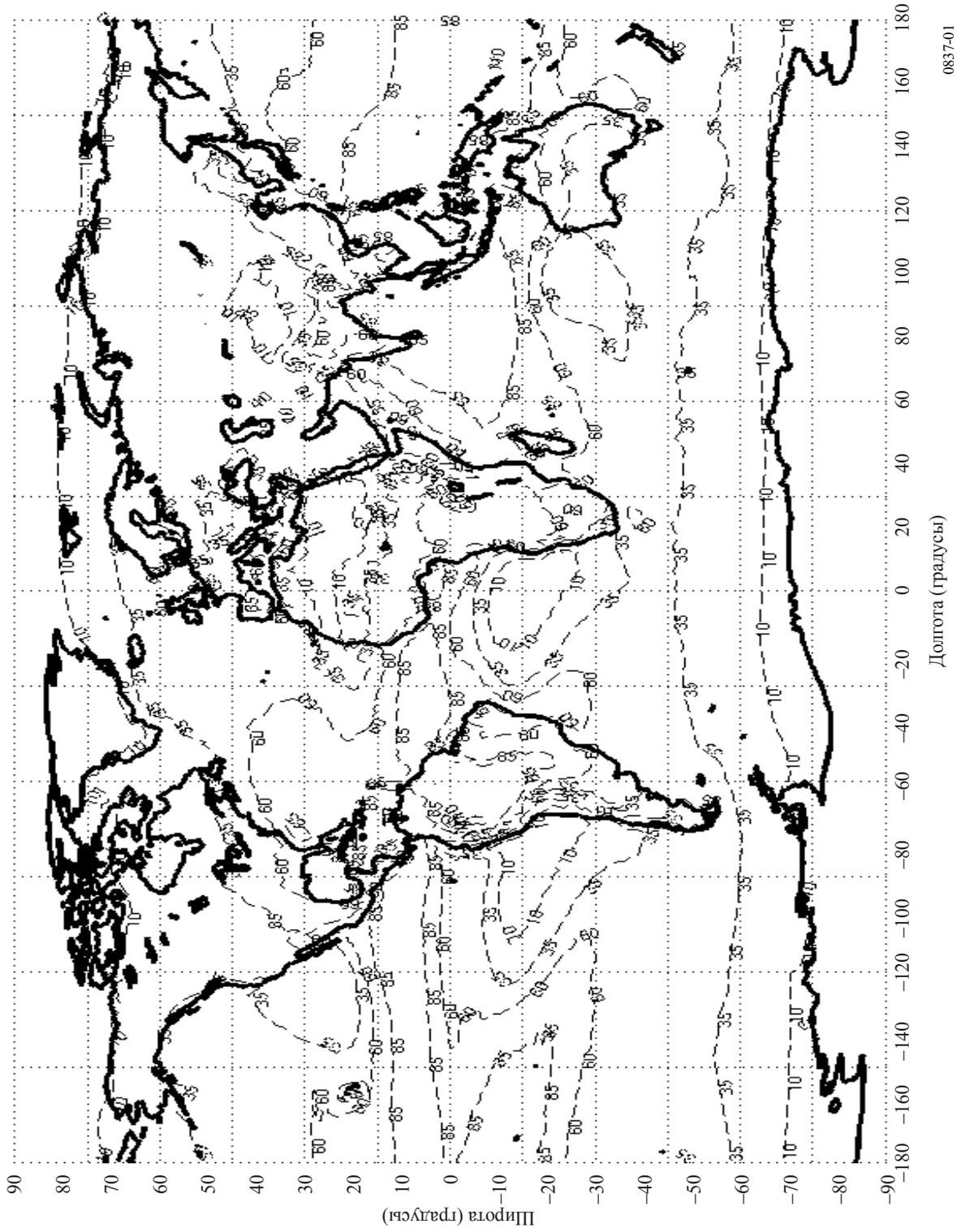
$$c = 26,02b. \quad (2f)$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Реализация этой модели и соответствующие данные в MATLAB приводятся также на веб-сайте МСЭ-R в той части, которая относится к 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи.

Приложение 2

РИСУНОК 1

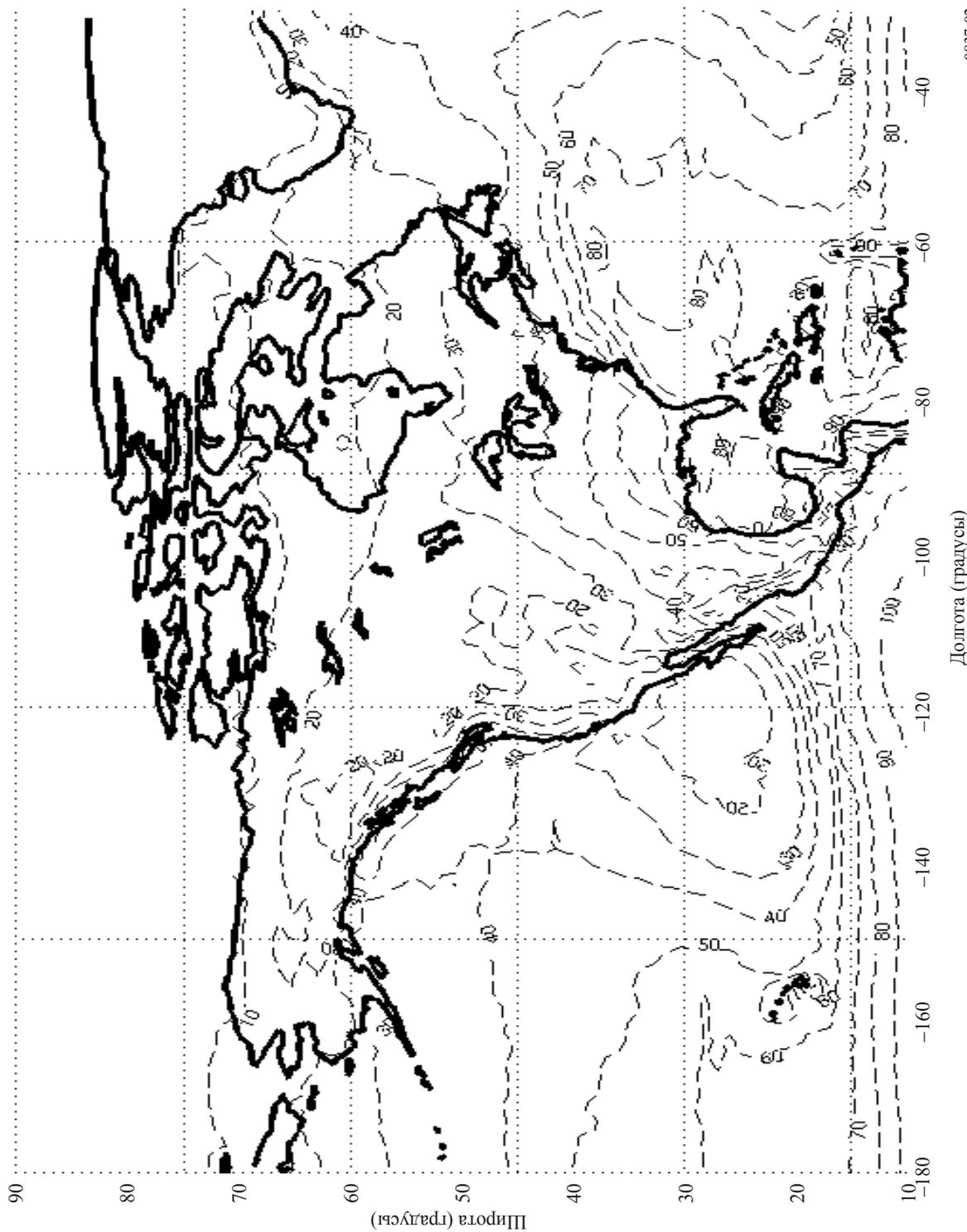
Интенсивность дождевых осадков (мм/ч), превышаемая на 0,01% от уровня среднего года



0837-01

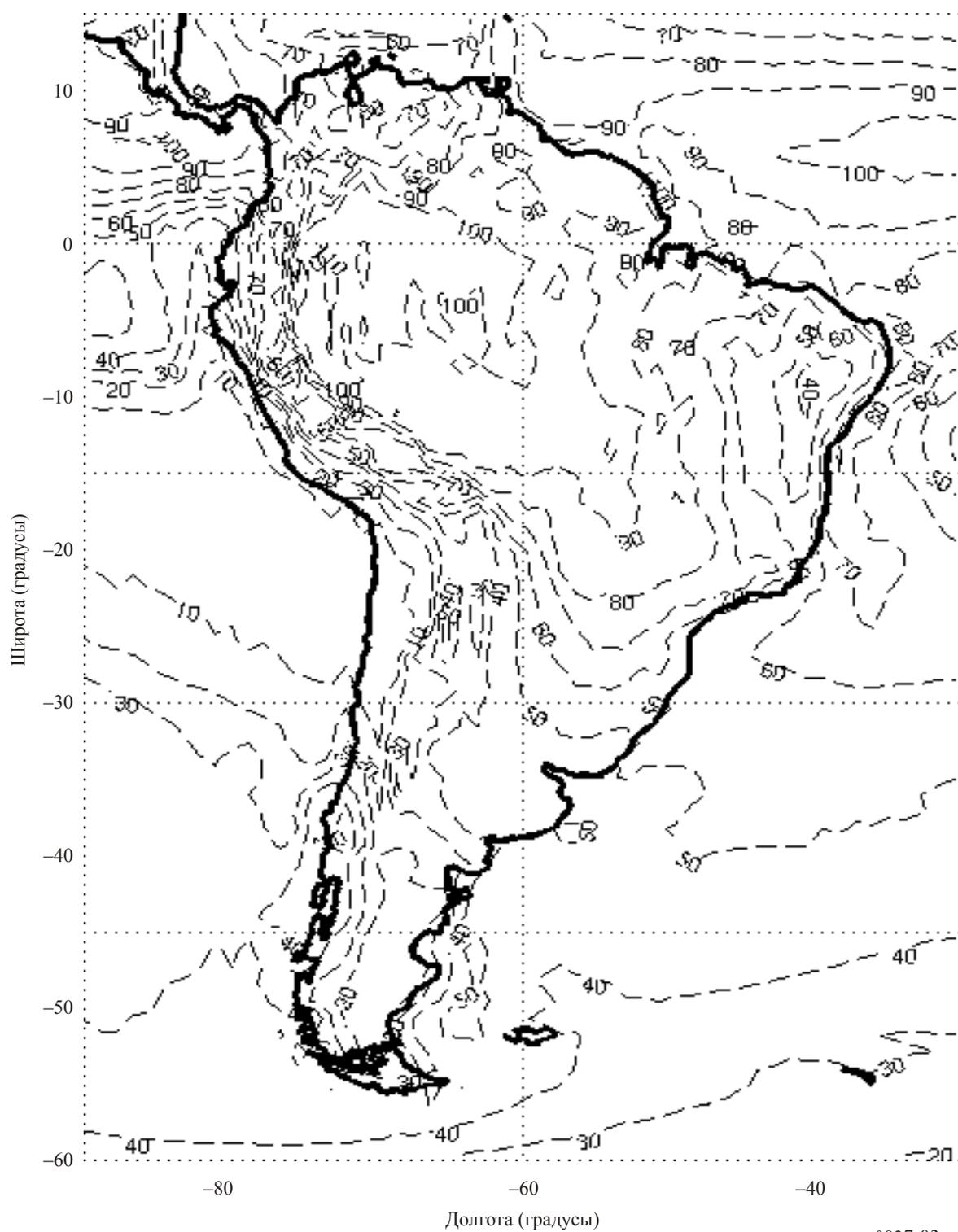
РИСУНОК 2

Интенсивность дождевых осадков (мм/ч), превышаемая на 0,01% от уровня среднего года



0837-02

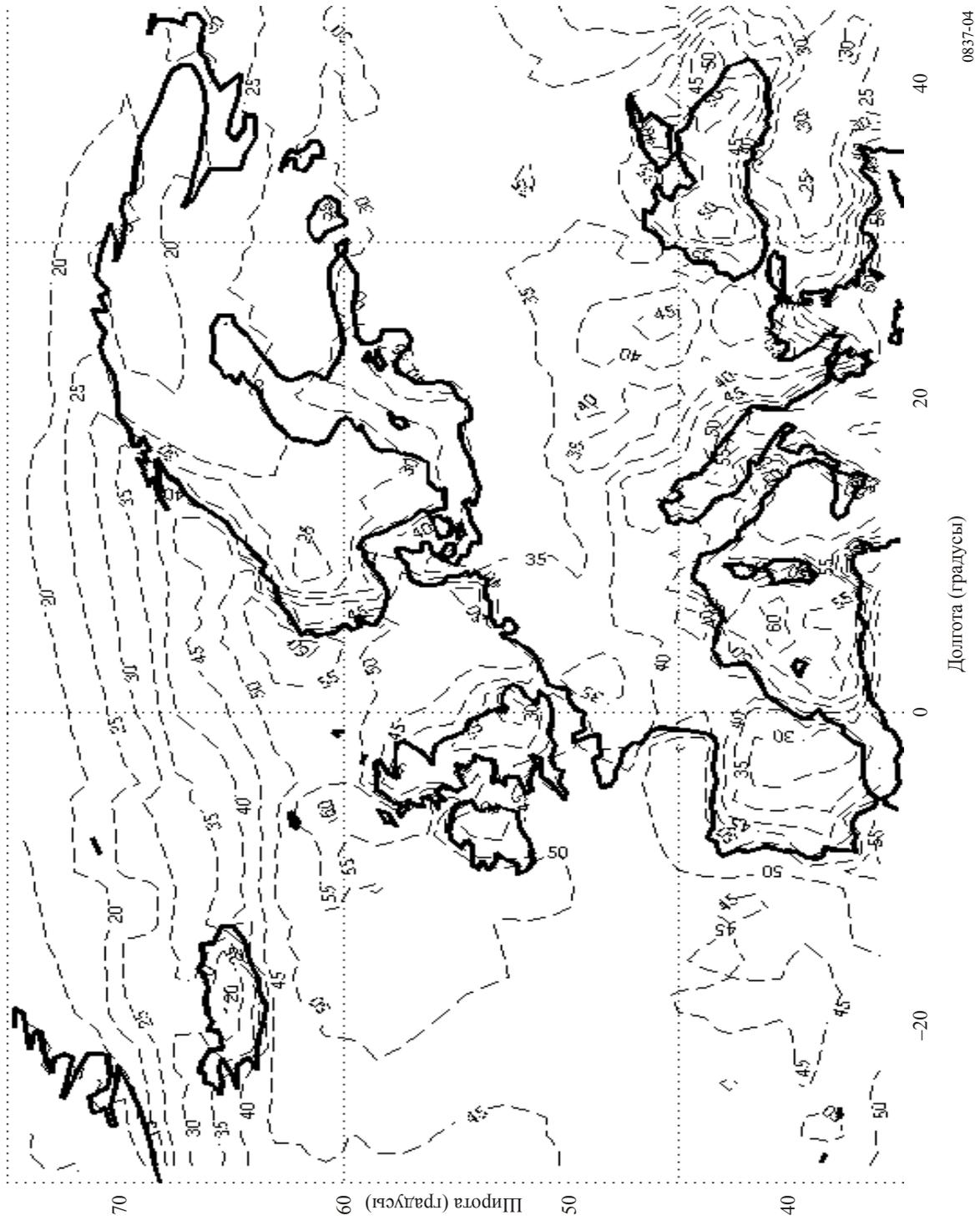
РИСУНОК 3  
Интенсивность дождевых осадков (мм/ч), превышаемая на 0,01% от уровня среднего года



0837-03

РИСУНОК 4

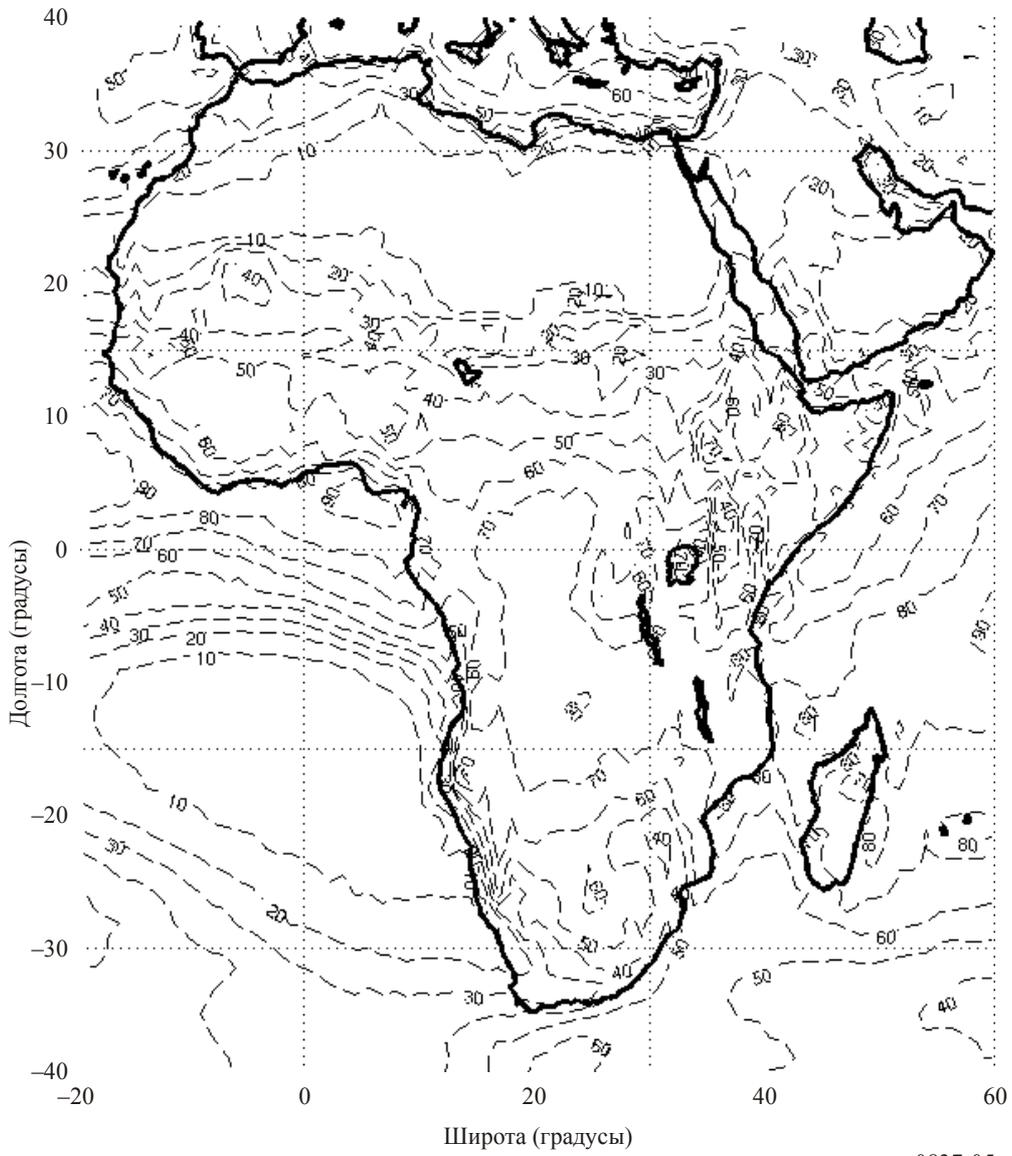
Интенсивность дождевых осадков (мм/ч), превышаемая на 0,01% от уровня среднего года



0837-04

РИСУНОК 5

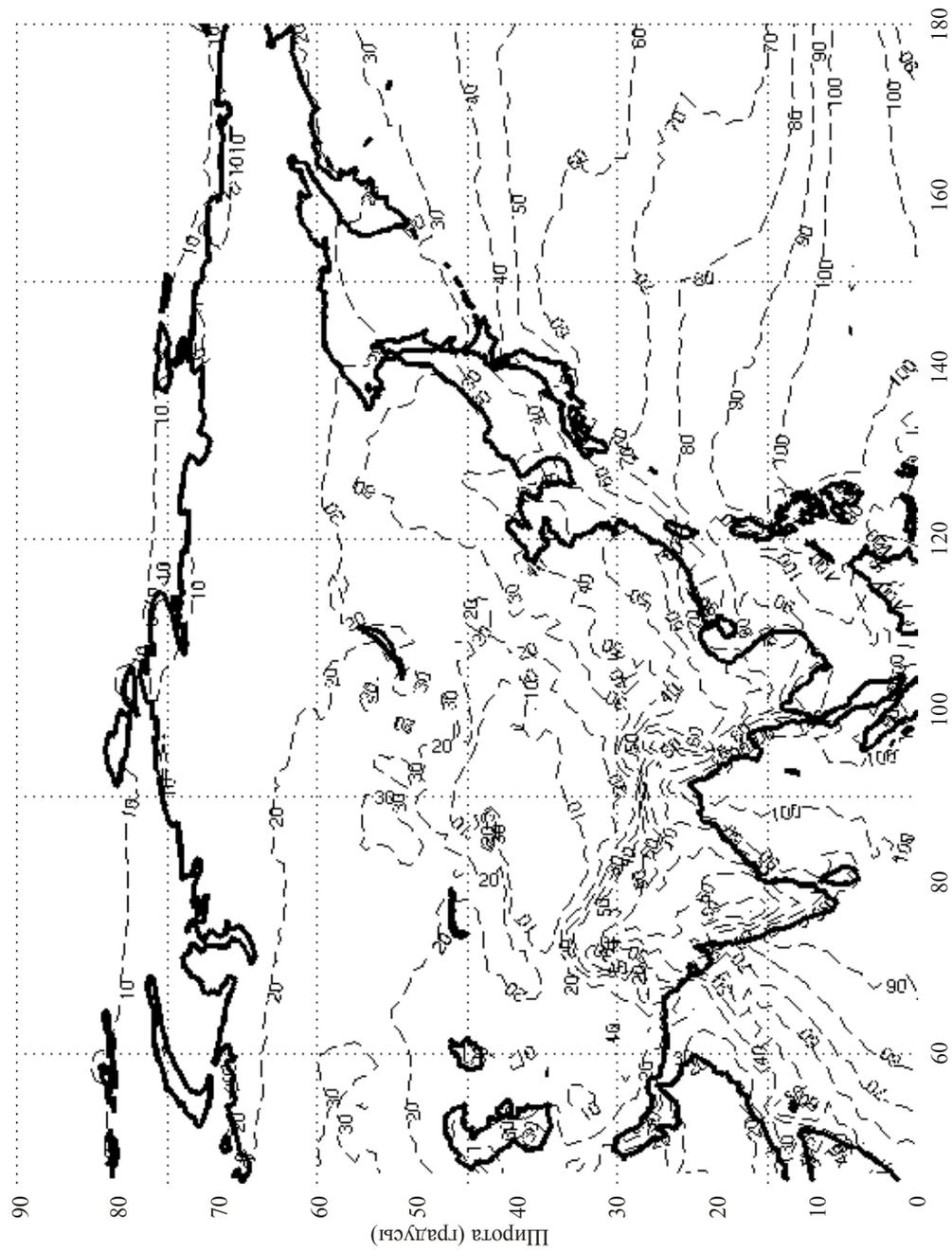
Интенсивность дождевых осадков (мм/ч), превышаемая на 0,01% от уровня среднего года



0837-05

РИСУНОК 6

Интенсивность дождевых осадков (мм/ч), превышаемая на 0,01% от уровня среднего года



Долгота (градусы)

0837-R1-06

РИСУНОК 7

Интенсивность дождевых осадков (мм/ч), превышаемая на 0,01% от уровня среднего года

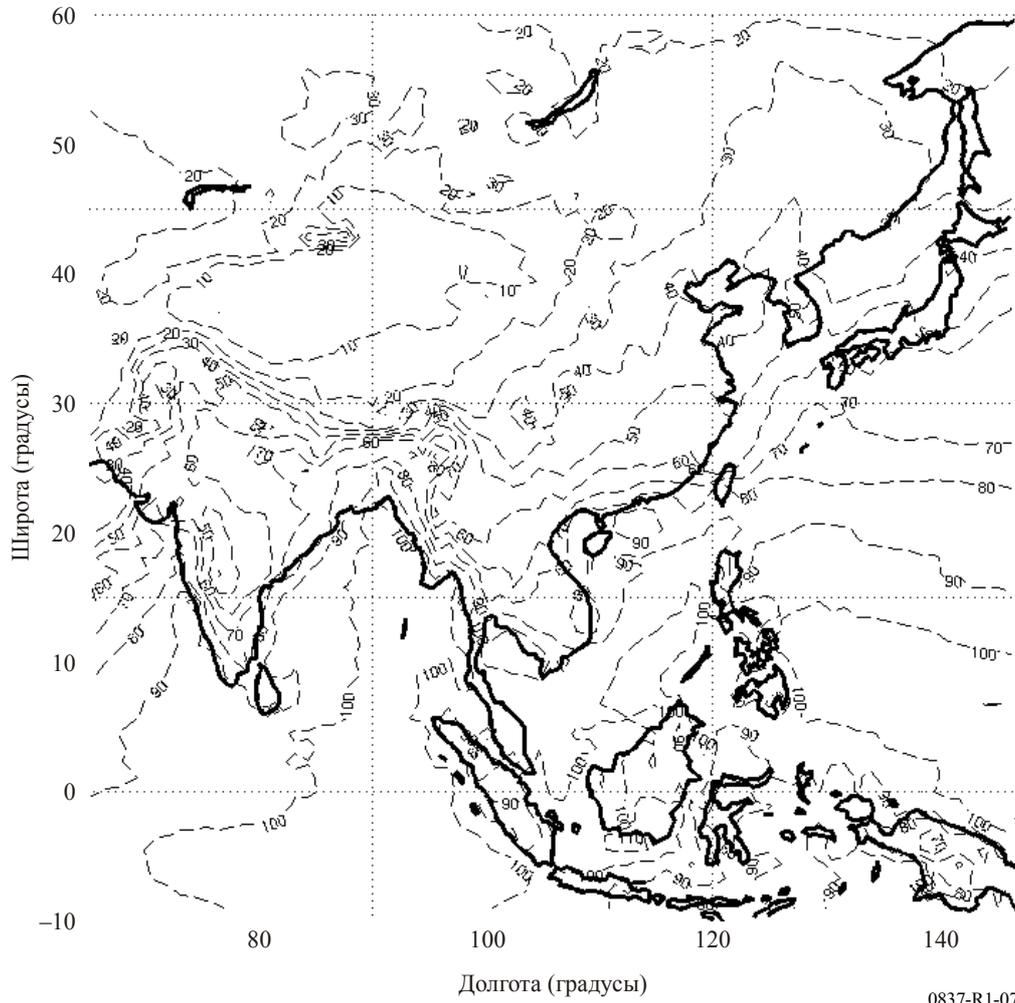
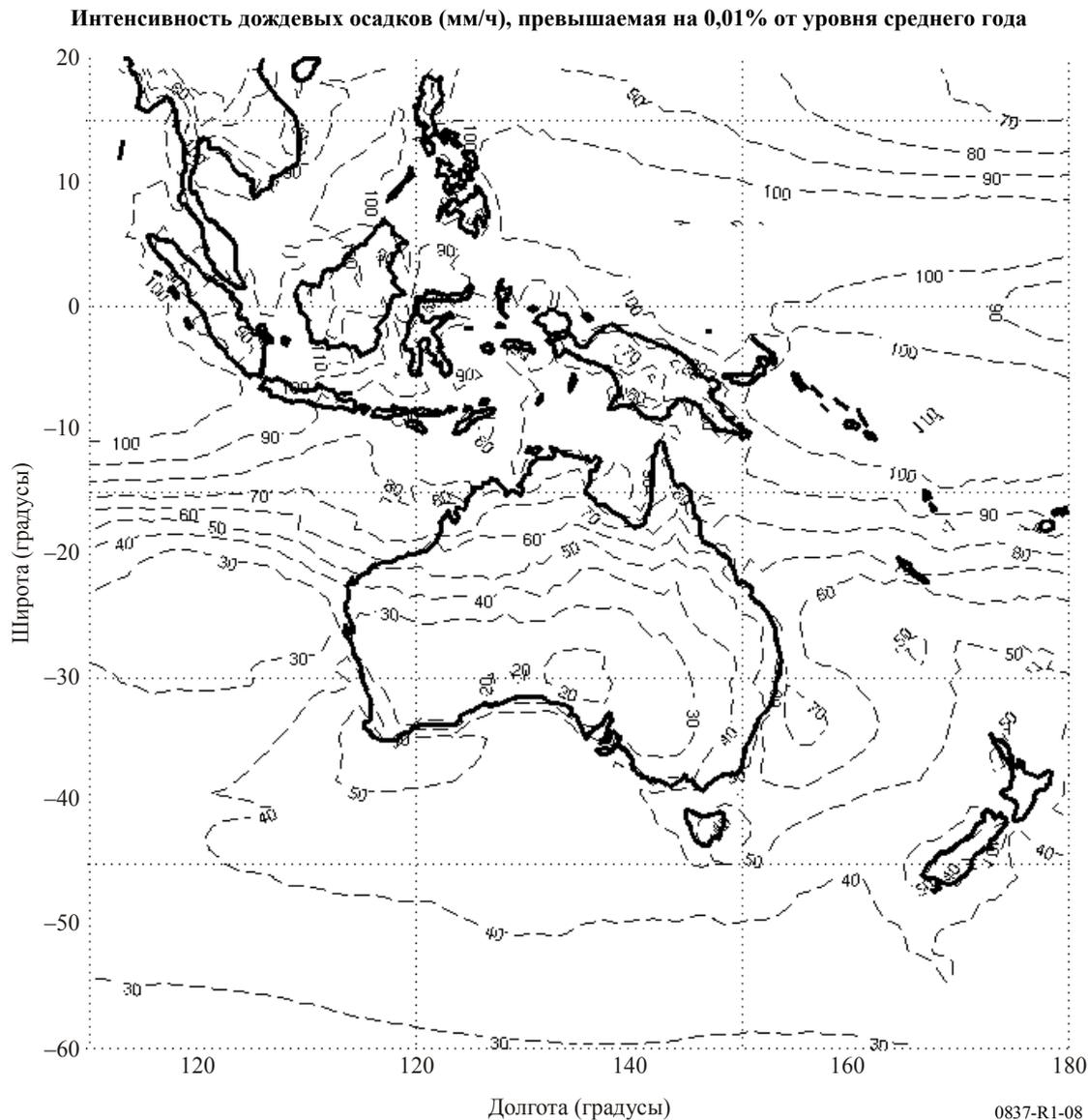


РИСУНОК 8



### Приложение 3

1 Интегральная функция распределения интенсивности дождевых осадков при времени интегрирования 1 минута может быть получена путем преобразования интегральных функций распределения при более длительном времени интегрирования с использованием следующего отношения:

$$R_1(p) = a[R_\tau(p)]^b \quad \text{мм/ч,} \quad (3)$$

где  $R_1(p)$  и  $R_\tau(p)$  – интенсивности дождевых осадков при временах интегрирования 1 мин. и  $\tau$  мин., превышаемых с равной вероятностью ( $p$  %), а  $a$  и  $b$  – коэффициенты регрессии.

2 Значения коэффициентов  $a$  и  $b$  для времен интегрирования 5 мин., 10 мин., 20 мин. и 30 мин. приводятся в таблице 1 (см. Примечание 1).

ТАБЛИЦА 1

Значения  $a$  и  $b$  для различного времени интегрирования

$\tau$	$a$	$b$
5 мин.	0,986	1,038
10 мин.	0,919	1,088
20 мин.	0,680	1,189
30 мин.	0,564	1,288

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Эти значения были получены на основе долговременных измерений местной интенсивности дождевых осадков в 14 пунктах в Корее, Китае и Бразилии. В диапазоне времен от 0,01% до 0,1% было обнаружено, что средние значения абсолютных разностей между измеренными интенсивностями дождевых осадков и пересчитанными интенсивностями дождевых осадков при времени интегрирования 1 мин. составляют 1,14 мм/ч в случае пересчета времени интегрирования 5 мин. в 1 мин., 1,90 мм/ч в случае пересчета времени интегрирования 10 мин. в 1 мин., 3,69 мм/ч в случае пересчета времени интегрирования 20 мин. в 1 мин. и 5,72 мм/ч в случае пересчета времени интегрирования 30 мин. в 1 мин. Для других регионов могут потребоваться другие коэффициенты.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Период измерений, который требуется для прогнозирования интегральной вероятности дождевых осадков, зависит от местных климатических особенностей. Исследования долговременных данных показали, что, как правило, подходящий период составляет 3–7 лет.

---