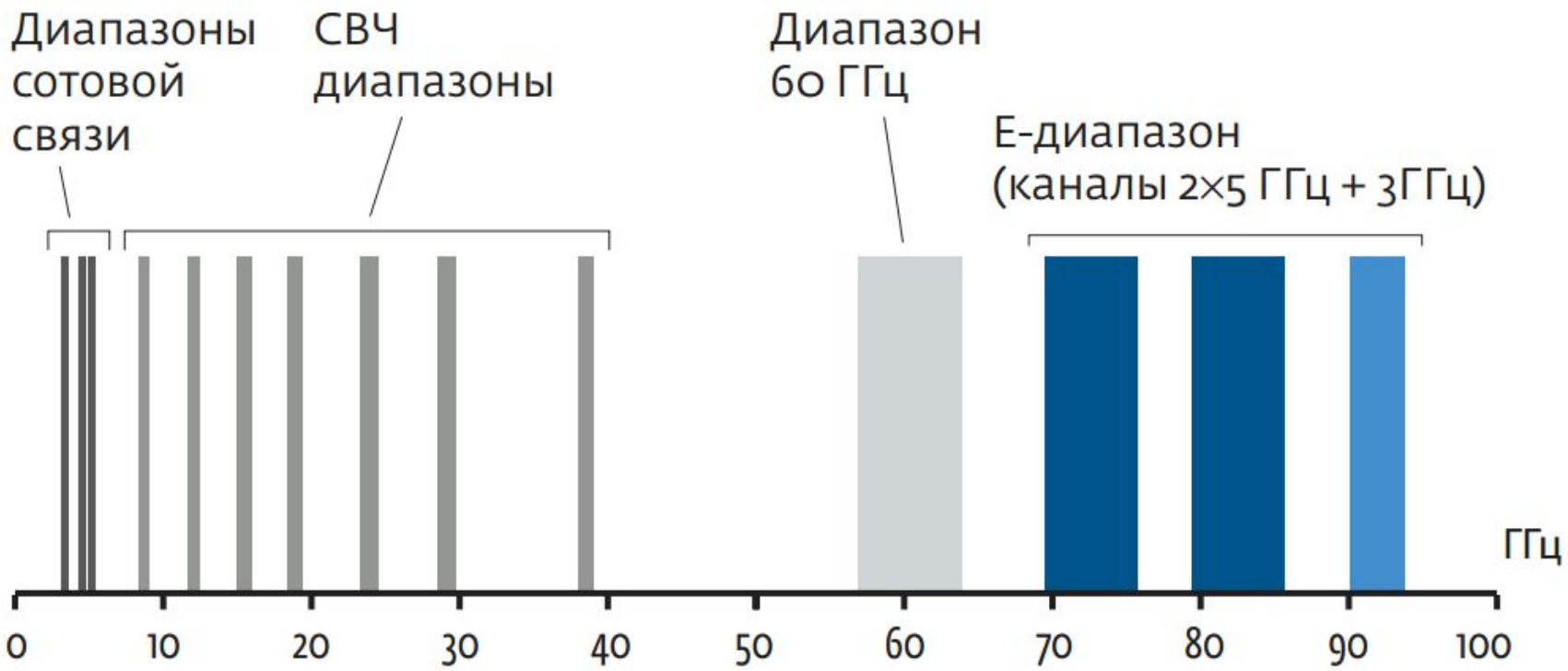
Современное применение ЦРРЛ

Радиомосты

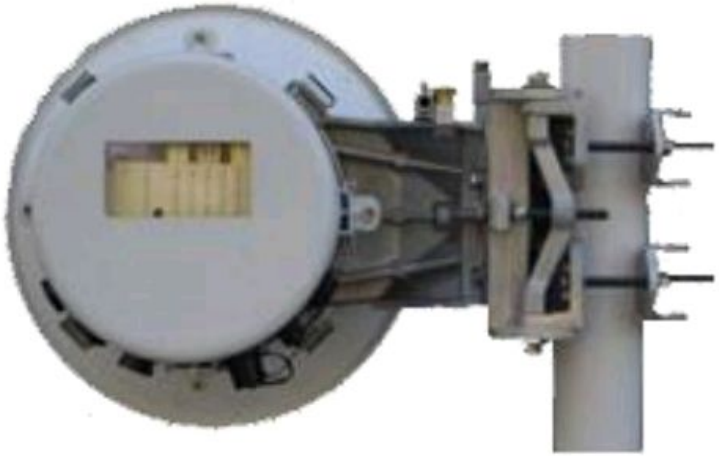
Диапазон частот	Дальность связи	Особенности применения
2 ГГц (1.7-2.1 ГГц)	до 50-80 км	– Внутризоновые линии в малонаселённых регионах – Диаметры параболических антенн до 5 м, коэффициент усиления не превышают 35-38 дБи. – Диапазон подвержен влиянию помех от других радиотехнических средств. – Решение ГКРЧ от 27.1 1.2000 г.
4 ГГц (3.4-3.9 ГГц)	40-55 км	– Магистральные и внутризоновые линии –Узконаправленные антенны (с коэффициентами усиления порядка 40 дБи) –Наиболее освоенный и загруженный РРЛ диапазон частот. – Атмосферная рефракция, интерференция прямых и отраженных волн. – ЭМС со спутниковыми линиями связи
6 ГГц (5.6-6.2 ГГц)	40-45 км	– Магистральные и внутризоновые линии – Узконаправленные антенны (с коэффициентами усиления порядка 40-43 дБи) – Атмосферная рефракция, интерференция прямых и отраженных волн.
8 ГГц (7.9-8.4 ГГц)	30-40 км	– Для организации зоновых линий связи и ответвлений от магистральных систем – Для организации транспортных сетей операторов сотовой связи – Антенны имеют высокий коэффициент усиления при диаметрах порядка 1.5 - 2.5 м

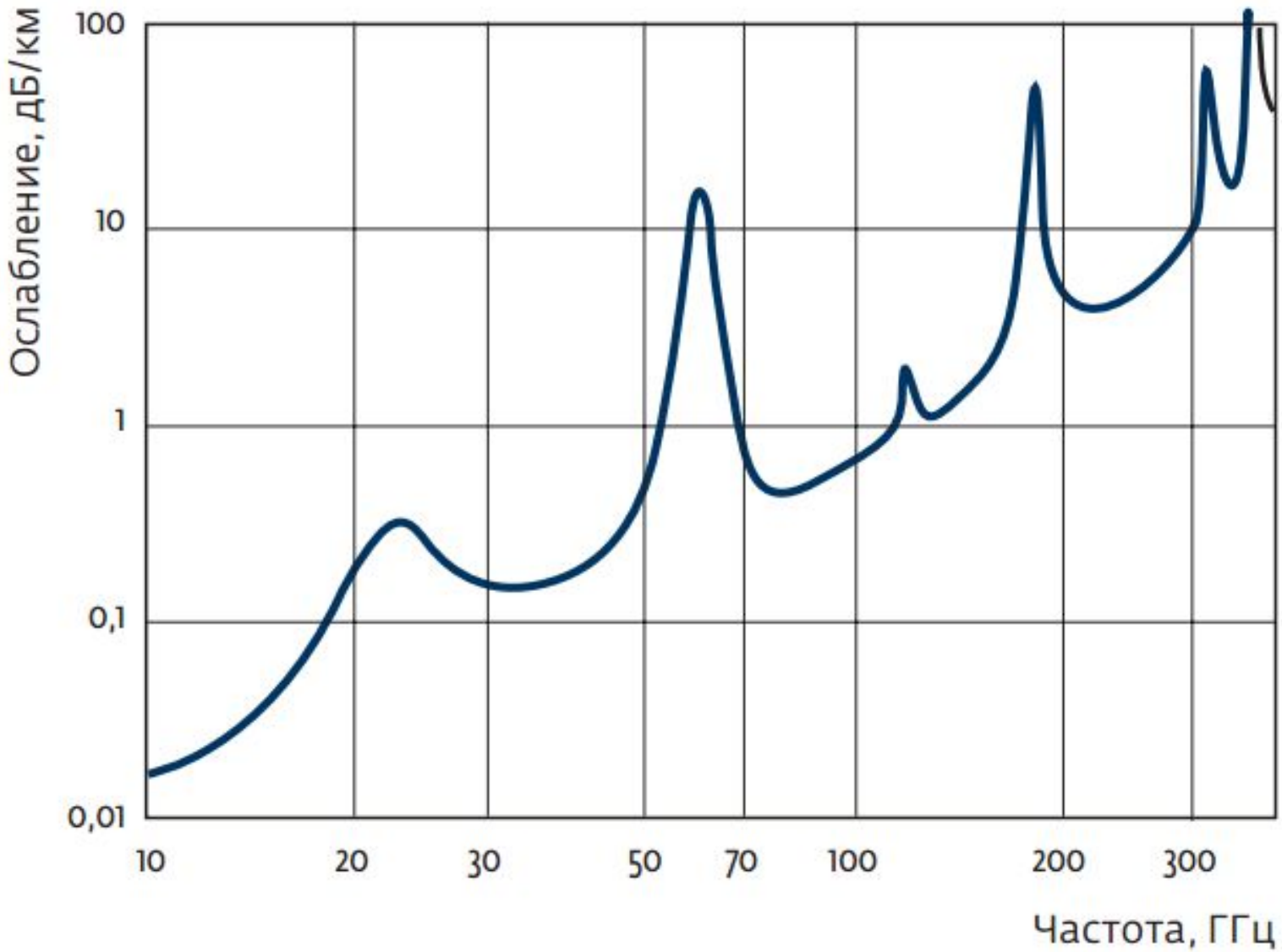
Диапазон частот	Дальность связи	Особенности применения
11 ГГц (10.7-11.7), и 13 ГГц (12.7-13.2 ГГц)	15-30 км	– Внутризоновые линии, транспортные сети, городские сети – Спутниковые системы связи, различные радиолокаторы и пеленгаторы, охранные системы создают неблагоприятную ЭМО – Антенны малого диаметра (не более 1,2 м) – Влияние атмосферной рефракции на устойчивость уменьшается, но увеличивается влияние гидрометеоров. – Решение ГКРЧ от 04.07.2005 г.
15 ГГц (14.5-15.35) и 18 ГГц (17.7-19.7)	До 20 км	– Местные транспортные сети – Антенны имеют диаметры 0.6 - 1.2м – Влияние гидрометеоров существенное
23 ГГц (21.2-23.6 ГГц)	меньше 20 км	Согласно рекомендациям МСЭ-Р разрешено строить системы любой емкости и назначения Сильное влияние оказывают гидрометеоры и ослабления в атмосфере Типовые параболические антенны имеют диаметры 0.3, 0.6 и 1.2 м Необходимо учитывать возможность помех со спутниковыми системами связи Ка
27 ГГц (25.25-27.5 ГГц)	12 км	Диапазон предназначен для построения систем фиксированного радиообслуживания Антенны имеют диаметр 0.3, 0.6 м

Диапазон частот	Дальность связи	Особенности применения
38 ГГц (37-39.5, 38.6-40 ГГц)	меньше 8 км	Если показатель неготовности линии связи соответствует локальному качеству, протяженность интервала до 15 км Антенны диаметром 0.3 м Используется только вертикальная поляризация
55 ГГц (54.25-57.2 ГГц)	3-7 км	Антенны диаметром 15 – 30 см Использование не регламентируется
58 ГГц (57.2-58.2 ГГц)	1-2 км	Антенны диаметром 15 – 30 см Использование не регламентируется

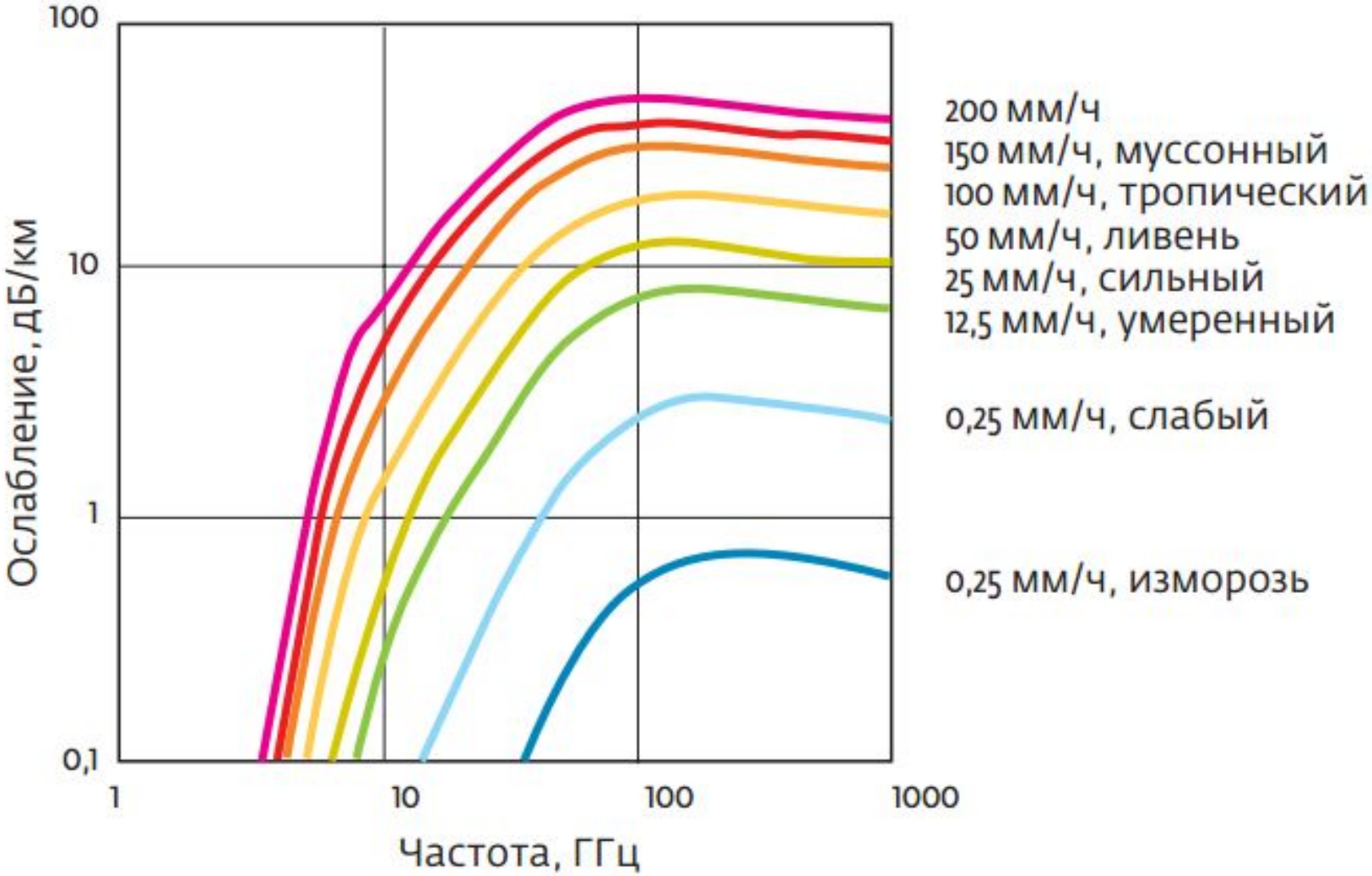


Основные частотные диапазоны беспроводной связи

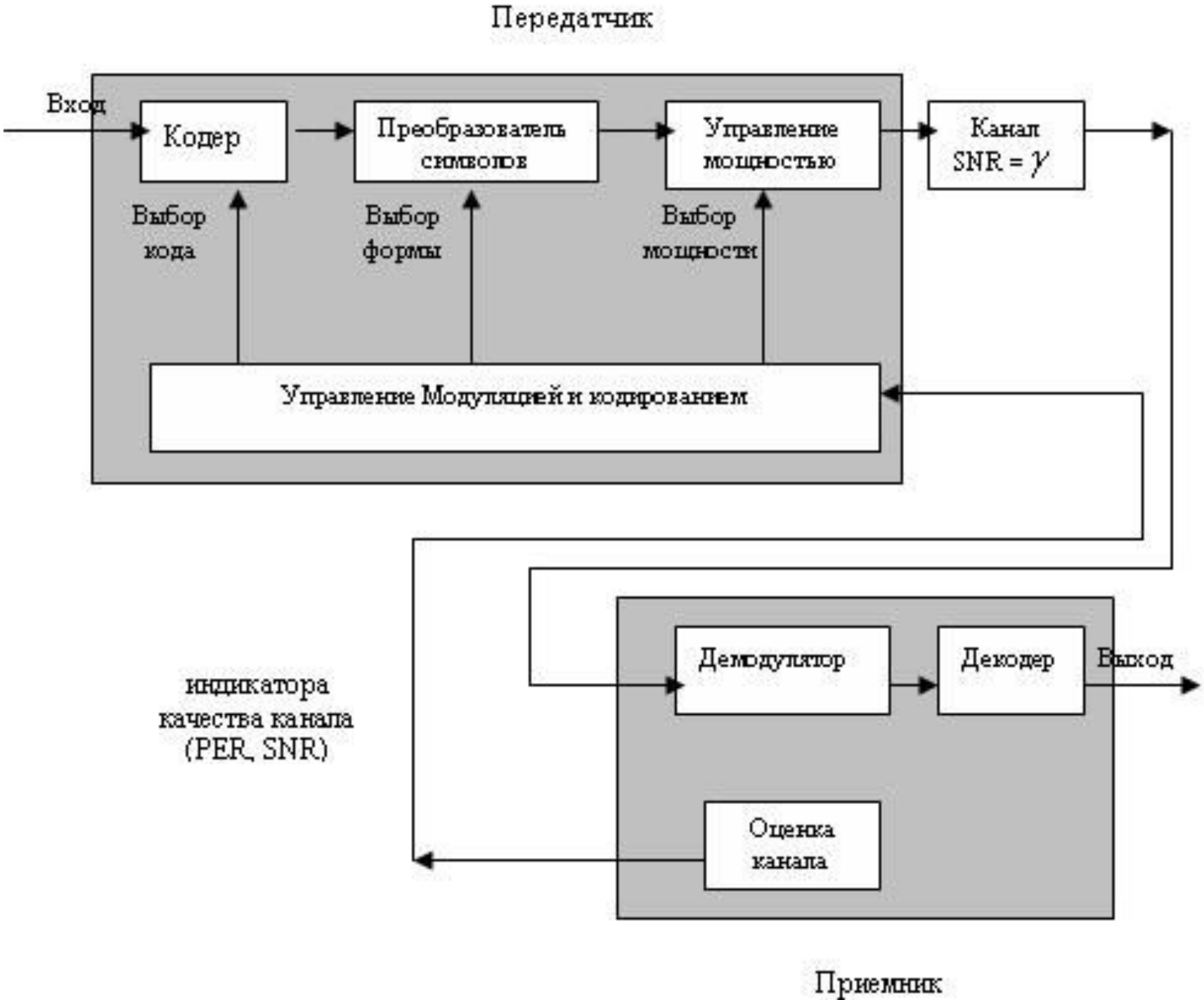




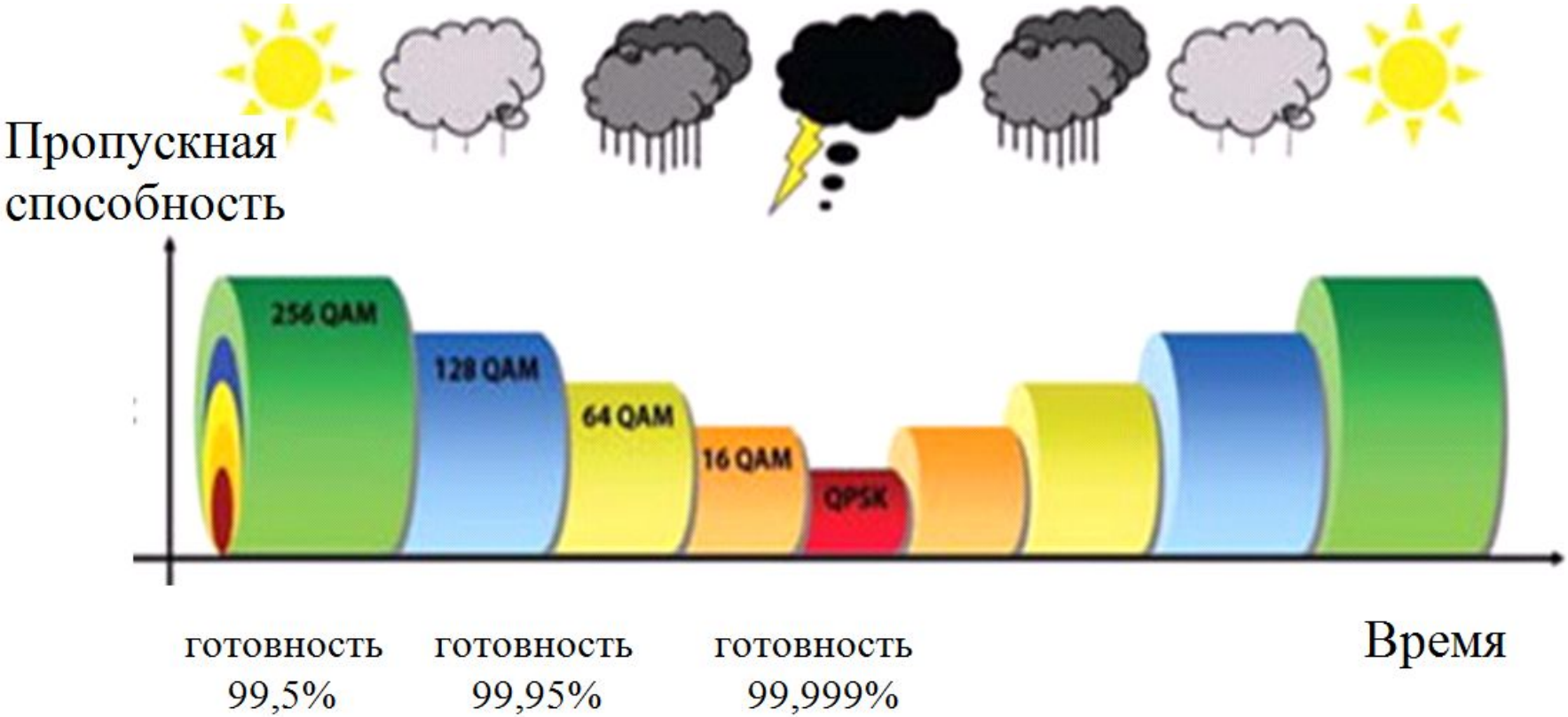
Характеристики поглощения радиоволн в атмосфере

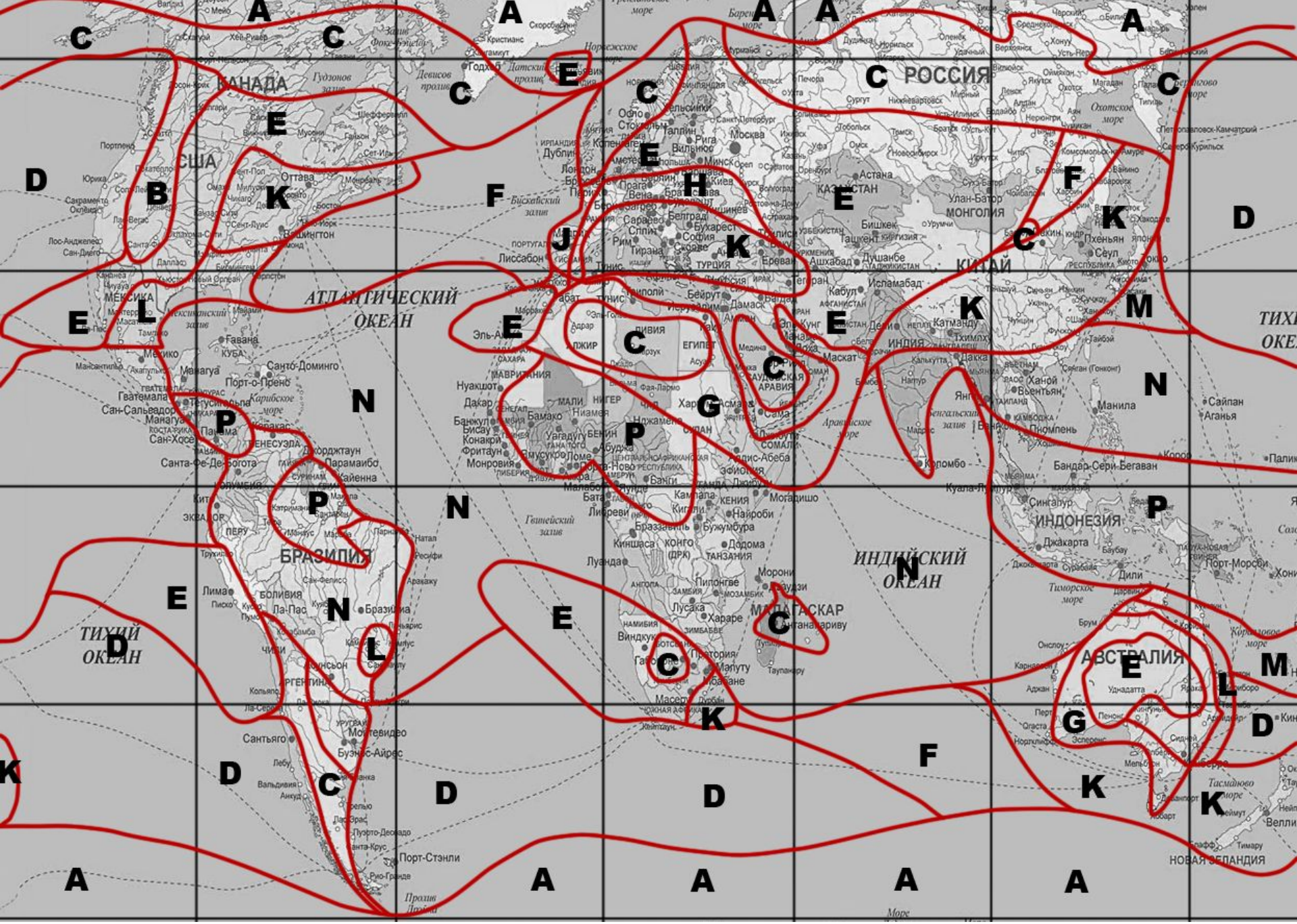


Затухание радиоволн, вызываемое дождем различной интенсивности


Передатчик
Вход
Кодер
Преобразователь символов
Управление мощностью
Канал
SNR = γ
Выбор кода
Выбор формы
Выбор мощности
Управление Модуляцией и кодированием
индикатора качества канала (PER, SNR)
Демодулятор
Декодер
Выход
Оценка канала
Приемник

Модуляция/ кодирование	Чувствительность приема, dBm (BER = 10^{-6})					Скорость полезной нагрузки, Мбит/с
QPSK 3/4	-88.6	-89.1	-88.6	-87.6	-86.6	37.0
QPSK 5/6	-87.4	-87.9	-87.4	-86.4	-85.4	41.0
QPSK 7/8	-86.7	-87.2	-86.7	-85.7	-84.7	43.1
QPSK 10/11	-86.0	-86.5	-86.0	-85.0	-84.0	44.8
8PSK 3/4	-84.8	-85.3	-84.8	-83.8	-82.8	55.6
8PSK 5/6	-83.6	-84.1	-83.6	-82.6	-81.6	61.6
16QAM 3/4	-83.2	-83.7	-83.2	-82.2	-81.2	74.1
16QAM 5/6	-82.0	-82.5	-82.0	-81.0	-80.0	82.1
16QAM 7/8	-81.2	-81.8	-81.3	-80.3	-79.3	86.2
16QAM 10/11	-80.6	-81.1	-80.6	-79.6	-78.6	89.6
32QAM 3/4	-79.7	-80.2	-79.7	-78.7	-77.7	92.7
32QAM 5/6	-78.5	-79.0	-78.5	-77.5	-76.5	103.0
32QAM 7/8	-77.8	-78.3	-77.8	-76.8	-75.8	108.0
64QAM 5/6	-76.6	-77.1	-76.6	-75.6	-74.6	123.0
64QAM 7/8	-75.9	-76.4	-75.9	-74.9	-73.9	129.0
64QAM 10/11	-75.2	-75.7	-75.2	-74.2	-73.2	134.0
128QAM 6/7	-73.7	-74.2	-73.7	-72.7	-71.7	148.0
128QAM 10/11	-72.6	-73.1	-72.6	-71.6	-70.6	157.0
256QAM 7/8	-70.5	-71.0	-70.5	-69.5	-68.5	173
256QAM 10/11	-69.8	-70.3	-69.8	-68.8	-67.8	179


Пропускная способность
256 QAM
128 QAM
64 QAM
16 QAM
QPSK
готовность 99,5%
готовность 99,95%
готовность 99,999%
Время


КАНАДА
США
РОССИЯ
КИТАЙ
МОНГОЛИЯ
КАЗАХСТАН
ИНДИЯ
ИНДОНЕЗИЯ
АВСТРАЛИЯ
НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ
БРАЗИЛИЯ
АРГЕНТИНА
МЕКСИКА
КУБА
ЕГИПЕТ
ЛИВИЯ
ЭФИОПИЯ
КЕНИЯ
ТАНЗАНИЯ
МАДАГАСКАР
АТЛАНТИЧЕСКИЙ ОКЕАН
ТИХИЙ ОКЕАН
ИНДИЙСКИЙ ОКЕАН
Оттава
Вашингтон
Москва
Пекин
Токио
Дели
Каир
Лондон
Париж
Берлин
Рим
Мадрид
Лиссабон
Стокгольм
Осло
Хельсинки
Таллин
Рига
Вильнюс
Минск
Киев
Прага
Вена
Будапест
Бухарест
София
Анкара
Тегеран
Кабул
Исламабад
Бишкек
Ташкент
Душанбе
Ереван
Тбилиси
Баку
Бейрут
Дамаск
Амман
Каир
Тунис
Алжир
Рабат
Дакар
Бамако
Абуджа
Лусака
Хараре
Виндхук
Преторія
Мапуту
Найроби
Кампала
Кигали
Бужумбура
Браззавиль
Киншаса
Луанда
Лима
Ла-Пас
Боливия
Сантьяго
Монтевидео
Буэнос-Айрес
Порт-Стэнли
Гавана
Мехико
Манагуа
Сан-Хосе
Панама
Сантьяго
Каракас
Богота
Кито
Лима
Сантьяго
Порт-о-Пренс
Сантьяго
Сайгон
Бангкок
Пномпень
Вьентьян
Ханой
Манила
Сайпан
Аганья
Коломбо
Бандар-Сери-Бегаван
Сингапур
Джакарта
Порт-Морсби
Дили
Уруумчи
Ташкент
Бишкек
Душанбе
Ашхабад
Тегеран
Кабул
Исламабад
Катманду
Дакка
Калькутта
Мадрас
Бомбей
Маскат
Дубай
Эр-Рияд

$K_д$	Климатическая зона													
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P
0,99	–	1	–	3	1	2	–	–	–	2	–	4	5	12
0,997	1	2	3	5	3	4	7	4	13	6	7	11	15	34
0,999	2	3	5	8	6	8	12	10	20	12	15	22	35	65
0,9997	5	6	9	13	12	15	20	18	28	23	33	40	65	105
0,9999	8	12	15	19	22	28	30	32	35	42	60	63	95	145
0,99997	14	21	26	29	41	54	45	55	45	70	105	95	140	200
0,99999	22	32	42	42	70	78	65	83	65	100	150	120	180	250