

Рекомендация МСЭ-R P.311-19 (11/2025)

Серия Р: Распространение радиоволн

**Сбор, представление и анализ данных при
исследовании распространения радиоволн**



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.

Права интеллектуальной собственности

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или выполнение настоящей Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, действительности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, доказываются ли такие права членами МСЭ или другими сторонами, не относящимися к процессу разработки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ получил извещение об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения настоящей Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что вышесказанное может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к соответствующей патентной информации МСЭ-R, имеющейся по адресу: <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/Pages/itu-r-patent-information.aspx>.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <https://www.itu.int/publ/R-REC/ru>.)

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, 2026 г.

© ITU 2026

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 P.311-19

**Сбор, представление и анализ данных при исследовании
распространения радиоволн**

(1953-1956-1959-1970-1974-1978-1982-1990-1992-1994-1997-1999-2001-2003-2005-2009-2013-
2015-2016-2017-2021-2025)

Сфера применения

В Рекомендации МСЭ-R P.311 содержится описание экспериментальных данных, использованных 3-й Исследовательской комиссией, и критерии приемки данных. Настоящая база данных используется для тестирования моделей распространения радиоволн, рассмотренных рабочими группами 3-й Исследовательской комиссии.

Ключевые слова

Экспериментальные данные, распространение радиоволн, сбор и представление данных

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a)* что для проектирования систем связи необходимы модели, обеспечивающие достоверный прогноз распространения радиоволн в глобальных масштабах;
- b)* что данные о распространении радиоволн и радиометеорологические данные имеют первостепенное значение для разработки и проверки работоспособности таких моделей прогнозирования;
- c)* что для упрощения процедуры сравнения данных и результатов желательно получать и представлять данные о распространении и метеорологические данные в унифицированном виде,

рекомендует,

чтобы данные о распространении радиоволн, предназначенные для исследований, относящихся к сфере деятельности 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи, соответствовали принципам и форматам, изложенным в Приложении 1.

Приложение 1**Банки данных для обеспечения оценки методов прогнозирования**

- 1 Введение
- 2 Ответственность и обновления
- 3 Критерии приемки
- 4 Перечень банков данных 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи, содержащих информацию о тропосферном распространении
 - 4.1 Часть I: Данные для наземных трасс прямой видимости
 - 4.2 Часть II: Данные для трасс Земля-космос
 - 4.3 Часть III: Данные для наземных загоризонтных трасс и данные о рассеянии в дожде

- 4.4 Часть IV: Радиометеорологические данные
- 4.5 Часть V: Данные для наземных сухопутных подвижных служб
- 4.6 Часть VI: Данные для наземных служб "из пункта в зону"
- 4.7 Часть VII: Данные для подвижных спутниковых служб
- 4.8 Часть VIII: Данные о растительном покрове и сооружениях
- 4.9 Часть IX: Шум
- 4.10 Часть X: Трансионосферные данные
- 4.11 Часть XI: Данные о трассах малой дальности
- 4.12 Часть XII: Данные о препятствиях

1 Введение

Одно из основных требований при разработке надежных методов прогнозирования явлений распространения радиоволн заключается в создании соответствующих компьютерных банков данных. Такие банки данных должны:

- содержать все имеющиеся данные, соответствующие требуемому стандарту,
- быть общепринятыми в качестве исходного материала для проведения испытаний,
- быть легкодоступными.

Принципиальной особенностью банков данных является то, что они должны содержать только такие данные, которые могут быть использованы для:

- проверки методов прогнозирования, рекомендованных 3-й Исследовательской комиссией по радиосвязи (и, конечно, могут использоваться для проверки других методов); и
- составления и обновления радиометеорологических карт, необходимых для прогнозирования явлений распространения радиоволн.

В особых случаях изучения тропосферного распространения, когда методы, рекомендованные 3-й Исследовательской комиссией по радиосвязи отсутствуют, читатель может воспользоваться табличными данными, представленными в Приложении соответствующей Рекомендации, которая может послужить ориентиром исходя из всех наилучших имеющихся результатов измерений.

Существующие банки данных связаны с:

- оценкой методов прогнозирования для наземного распространения в пределах прямой видимости;
- оценкой методов прогнозирования для распространения на трассе Земля-космос;
- оценкой методов прогнозирования помех или надежности на загоризонтных трассах;
- радиометеорологическими данными;
- оценкой методов прогнозирования для наземных сухопутных подвижных служб;
- оценкой методов прогнозирования для наземных радиовещательных служб;
- оценкой методов прогнозирования для подвижных спутниковых служб;
- данными о растительности и сооружениях;
- радишумом;
- трансионосферными данными.

Администрациям настоятельно рекомендуется предоставить свои данные в 3-ю Исследовательскую комиссию по радиосвязи и/или в соответствующую Рабочую группу (РГ) в соответствии с требованиями, приведенными в настоящем Приложении. В разделе 2 описываются дополнительные административные аспекты, связанные с банками данных, и процедура ввода в них новых данных. В разделе 3 приводятся критерии, которым должны удовлетворять данные перед их принятием. И, наконец, в разделе 4 перечисляются все таблицы, относящиеся к банкам данных.

Форма бланка для представления данных, содержащего подробную информацию о характере и формате требуемых/имеющихся данных, находится в свободном доступе в части веб-сайта МСЭ-R, относящейся к работе 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи. Кроме того, на том же веб-сайте можно найти крупноформатную электронную таблицу, содержащую все существующие банки данных. Бумажные копии и дискеты с формами бланков, а также дискеты с общим банком данных можно запросить в Бюро радиосвязи (БР).

Таблица III-1a в настоящее время существует как отдельная база данных. Она включает примерно 100 000 измерений, записанных на 1326 трассах. Продолжительность измерений составляла от 10 мин. до 1 часа. Эта база данных размещена на веб-сайте 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи.

2 Ответственность и обновления

Ответственность за составление банков данных возложена на 3-ю Исследовательскую комиссию по радиосвязи, которая для целей подготовки технической информации и управления ею может воспользоваться помощью Рабочих групп, а для публикации и рассылки – услугами БР. Ответственность за точность и значимость данных лежит на авторах, указанных в ссылках, и/или на администрациях, которые представили эти данные. Однако для того чтобы облегчить перевод полученных данных в компьютерную форму и обеспечить надлежащее качество банков данных, эти данные должны быть прежде всего рассмотрены соответствующей РГ, на предмет их соответствия критериям, приведенным в п. 3. Данные, не соответствующие этим критериям, все же могут быть приняты после получения от соответствующей администрации дополнительной информации и/или необходимых пояснений.

При этом неперенным требованием для проведения рассмотрения является выполнение соответствующих процедур технического обслуживания и составления банков данных. Предлагается, чтобы каждая таблица банка данных передавалась на рассмотрение соответствующей РГ и чтобы эта РГ назначала для каждой таблицы, за которую она ответственна, лицо, отвечающее за координацию обновлений.

3 Критерии приемки

Данные, предоставляемые для включения в банки данных, будут рассматриваться в аспекте их соответствия следующим критериям:

- Информацию по данным для оценки следует предоставлять с использованием шаблона, описанного в документах, где содержится бланк проформы (определены как банки данных ИКЗ – форматированные таблицы).
- Все данные должны быть представлены в компьютерных файлах с использованием формата файла, указанного 3-й Исследовательской комиссией.
- Соответствия представленной информации форматам, описанным в бланке проформы. В частности, единицы измерения должны точно соответствовать тем, что приведены в соответствующих бланках таблиц. При этом за основу, не считая некоторых исключений, принята Международная система единиц (система СИ). Определения терминов можно найти в Рекомендации МСЭ-R P.310. Для представления данных и для ввода дополнительной важной информации под рубрикой "Замечания" рекомендуется пользоваться копиями таблиц в бланках для представления данных.
- Для таблиц I-1 и II-1, где приводятся совокупные статистические данные об интенсивности дождевых осадков, ослаблении в дожде и суммарном ослаблении, требуются строго одновременные данные. Выражение "строго одновременные данные" означает, что статистический анализ данных об интенсивности дождевых осадков и ослаблении должен включать только измерения, полученные в течение идентичных периодов времени. Кроме того, если не указаны периоды, к которым относятся данные об интенсивности дождевых осадков или суммарном ослаблении, или если такие периоды помечены как недостоверные в связи со сбоем или неисправностью системы, то такие периоды для данных об интенсивности дождевых осадков должны быть исключены из статистического анализа для таблиц I-1 и II-1.

В случае недостоверных периодов измерений интенсивности дождевых осадков, такой же процесс должен применяться к данным об ослаблении в дожде и суммарном ослаблении. В любом случае в таблице IV-1 должны быть представлены полные статистические достоверные данные об интенсивности дождевых осадков.

- Для получения долгосрочных и годовых совокупных статистических данных период наблюдения должен составлять целое число, кратное 12 месяцам, а продолжительность исправного состояния оборудования должна составлять не менее 90% заявленного времени наблюдения.
- Совокупные статистические данные по наихудшему месяцу и по каждому месяцу (см. Рекомендацию МСЭ-R P.581) должны быть получены на основании статистических данных по всем 12 месяцам соответствующего года. Продолжительность исправной работы оборудования должна составлять не менее 75% каждого месяца.
- Точность интерполяции: интерполяция может оказаться необходимой при преобразовании совокупных статистических данных измерений в требуемый формат (для нескольких фиксированных значений процентов). Для этой цели должно быть выбрано достаточно большое число эталонных уровней, с тем чтобы для последовательных эталонных уровней отношение вероятностей было больше 0,8 и меньше 1,25. Экстраполированные значения представлять нельзя.
- При сборе данных о наземных широкополосных системах динамический диапазон приемника должен быть не менее 18 дБ, с тем чтобы обеспечить минимальное отношение полезный сигнал/шум порядка 15 дБ.

Что касается статистических данных по интенсивности дождевых осадков, то предпочтительно использование интервала времени интеграции, равного 1 мин., для соответствия методам прогнозирования 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи.

При анализе представленных данных должны применяться вышеуказанные критерии. Однако в особых случаях некоторые из этих критериев могут быть смягчены (например, при многолучевом распространении статистика замираний имеет четкую тенденцию к линейности в области хвоста распределения, построенного в логарифмически-линейном виде, так что интерполяция становится менее сложной проблемой). Можно также пользоваться менее строгими критериями приемки в тех случаях, когда речь идет о статистических данных из района, слабо представленного в соответствующей таблице данных. Данные, принятые, несмотря на то что они не удовлетворяют критериям приемки (вследствие названных выше причин), должны быть помечены специальным значком координатором, ответственным за составление таблицы, и должны быть удалены из банка данных, как только в него поступит достаточное количество новых данных, полностью соответствующих указанным критериям.

4 Перечень банков данных 3-й Исследовательской комиссии по радиосвязи, содержащих информацию о тропосферном распространении

4.1 Часть I: Данные для наземных трасс прямой видимости

- | | |
|--------------|--|
| Таблица I-1: | Статистика ослабления в дожде на трассах прямой видимости |
| Таблица I-2: | Замирания и усиления на трассах прямой видимости, обусловленные многолучевым распространением, для среднего наихудшего месяца в узких полосах частот |
| Таблица I-3: | Данные о разнесении на линиях прямой видимости |
| Таблица I-4: | Статистика XPD и CPA на трассах прямой видимости в условиях ясного неба |
| Таблица I-5: | Статистика XPD и CPA на трассах прямой видимости, обусловленная осадками |
| Таблица I-6: | Характеристики многолучевого канала для наихудшего месяца на трассах прямой видимости и продолжительность отказов |
| Таблица I-7: | Замирания и усиления на многоскачковых трассах прямой видимости, обусловленные многолучевостью, для наихудшего месяца |

Таблица I-8:	Статистика числа событий замираний и продолжительности замираний на трассах прямой видимости
Таблица I-9:	Годовая статистика ослабления для волн оптического диапазона на трассах прямой видимости
Таблица I-10:	Статистика ослабления для волн оптического диапазона на трассах прямой видимости, для наихудшего месяца
Таблица I-11:	Годовая статистика частотного разнесения для миллиметровых волн и оптических линий связи на трассах прямой видимости
Таблица I-12:	Статистика частотного разнесения для миллиметровых волн и оптических линий связи на трассах прямой видимости, для наихудшего месяца
Таблица I-13:	Статистика разнесения по времени на трассах прямой видимости
Таблица I-14:	Статистика дифференциального и общего ослабления в дожде на трассах прямой видимости
Таблица I-15:	Ослабление в тумане и дожде на наземных оптических линиях связи в свободном пространстве

4.2 Часть II: Данные для трасс Земля-космос

Таблица II-1:	Годовая и месячная статистика суммарного ослабления, ослабления в дожде на наклонных трассах и интенсивности дождей
Таблица II-2:	Статистика ослабления в дожде на наклонных трассах для наихудшего месяца
Таблица II-3:	Статистика длительности замираний на наклонных трассах
Таблица II-4:	Статистика пространственного разнесения на наклонных трассах
Таблица II-5a:	Годовая статистика XPD на наклонных трассах
Таблица II-5b:	Годовая статистика XPD на наклонных трассах, обусловленная CPA
Таблица II-6:	Годовая и месячная статистика амплитудных мерцаний на наклонных трассах
Таблица II-7:	Значения стандартных отклонений мерцаний на наклонных трассах
Таблица II-8:	Статистика крутизны замираний на наклонных трассах
Таблица II-9:	Статистика разнесения по времени на наклонных трассах
Таблица II-10:	Статистика масштабирования мгновенной частоты на наклонных трассах
Таблица II-11:	Значения стандартных отклонений разницы длины трасс на наклонных трассах
Таблица II-12:	Статистика длительности периодов между замираниями на наклонных трассах

4.3 Часть III: Данные для наземных загоризонтных трасс и данные о рассеянии в дожде

Таблица III-1:	Статистика основных потерь передачи на загоризонтных трассах в условиях ясного неба
Таблица III-1a:	Точечные данные измерений в условиях ясного неба (Эта таблица представляет собой отдельный банк данных (см. п. 1))
Таблица III-2:	Рассеяние в дожде на наземных трассах
Таблица III-3:	Распределения вероятностей общего уровня сигнала

4.4 Часть IV: Радиометеорологические данные

Таблица IV-1:	Годовая и месячная статистика интенсивности дождей
Таблица IV-2:	Коэффициент преобразования времени интеграции значений интенсивности дождя
Таблица IV-3:	Годовая и месячная статистика температуры шумов неба

- Таблица IV-4: Статистика средних значений поверхностной рефракции
- Таблица IV-5: Статистика продолжительности событий дождя
- Таблица IV-6: Статистика приповерхностных волноводов, образуемых испарениями
- Таблица IV-7: Статистика облачного покрова
- Таблица IV-8: Зависимость пространственной статистики от интенсивности дождей
- Таблица IV-9: Годовая и месячная статистика общего объемного содержания водяных паров
- Таблица IV-10: Годовая и месячная статистика общего объемного содержания облачной жидкой воды
- Таблица IV-11: Статистика параметров характеристик дождевых ячеек
- Таблица IV-12: Статистика распределения капель дождя по размеру
- Таблица IV-13: Годовая и месячная статистика тропосферного увеличения длины трассы

4.5 Часть V: Данные для наземных сухопутных подвижных служб

- Таблица V-1: Статистика широкополосных измерений для наземных сухопутных подвижных служб
- Таблица V-2: Статистика узкополосных измерений для наземных сухопутных подвижных служб

4.6 Часть VI: Данные для наземных служб "из пункта в зону"

- Таблица VI-1: Данные наземных служб "из пункта в зону"

4.7 Часть VII: Данные для подвижных спутниковых служб

- Таблица VII-1: Статистика широкополосных измерений на линиях подвижной спутниковой связи
- Таблица VII-2: Статистика узкополосных измерений на линиях морской подвижной спутниковой связи
- Таблица VII-3: Статистика узкополосных измерений на линиях сухопутной подвижной спутниковой связи
- Таблица VII-4: Статистика узкополосных измерений на линиях воздушной подвижной спутниковой связи
- Таблица VII-5: Статистика узкополосных измерений замираний и их продолжительности для спутникового радиовещания
- Таблица VII-6: Статистика узкополосных измерений на линиях связи между воздушной подвижной и наземной станциями
- Таблица VII-7: Статистика широкополосных измерений на линиях связи между воздушной подвижной и наземной станциями

4.8 Часть VIII: Данные о растительном покрове и сооружениях

- Таблица VIII-1: Ослабление растительным покровом
- Таблица VIII-2: Потери при входе в здания
- Таблица VIII-3: Характеристики потерь для различных материалов

4.9 Часть IX: Шум

- Таблица IX-1: Ради шум вне помещений (аддитивный белый гауссов шум)
- Таблица IX-2: Ради шум в помещениях (интегральная функция распределения)

4.10 Часть X: Трансионосферные данные

Таблица X-1: Индекс трансионосферных мерцаний вдоль наклонной трассы

Таблица X-2: Общее содержание электронов вдоль наклонной трассы

4.11 Часть XI: Данные о трассах малой дальности

Таблица XI-1: Не зависящие от места основные потери передачи в помещениях

Таблица XI-2: Не зависящие от места основные потери передачи вне помещений

4.12 Часть XII: Данные о препятствиях

Таблица XII-1: Потери за счет отражения от препятствий
