|  |
| --- |
| **Рекомендация МСЭ-R P.836-6**  **(12/2017)** |
| **Водяные пары: плотность у поверхности Земли и общее объемное содержание** |
| **Серия P**  **Распространение 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.

**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 Приложении 1 к 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, 2018 г.

© ITU 2018

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.836-6

Водяные пары: плотность у поверхности Земли и   
общее объемное содержание

(Вопрос МСЭ‑R 201/3)

(1992-1997-2001-2001-2009-2013-2017)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлены методы прогнозирования плотности водяных паров у поверхности Земли и общего объемного содержания водяных паров на трассах Земля-космос.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

*a)* что для расчета рефракционных эффектов и ослабления в атмосферных газах необходима информация о плотности водяных паров в атмосфере;

*b)* что такая информация имеется для всех точек земного шара и всех времен года,

рекомендует,

чтобы для расчета параметров распространения в глобальных масштабах требующего определения плотности водяных паров у поверхности Земли или их объемного содержания и знания их сезонных колебаний использовалась информация, изложенная в Приложениях 1 и 2, если местные источники информации не располагают более точными данными.

Приложение 1

# 1 Плотность водяных паров на уровне земли

Водяные пары и кислород, содержащиеся в атмосфере, вызывают поглощение на миллиметровых волнах, особенно в области линий поглощения (см. Рекомендацию МСЭ-R P.676). Концентрация кислорода в атмосфере сравнительно постоянная, тогда как концентрация водяных паров меняется и в зависимости от географического района, и во времени.

Годовые значения плотности водяных паров на уровне земли, ρ в г/м3, превышаемые для 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 50; 60; 70; 80; 90; 95 и 99% времени среднего года, являются неотъемлемой частью настоящей Рекомендации и доступны в форме цифровых карт, а также представлены в файле R-REC-P.836-6-201708-I!!ZIP-E.

Месячные значения плотности водяных паров на уровне земли, ρ в г/м3, превышаемые для 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95 и 99% времени среднего месяца, являются неотъемлемой частью настоящей Рекомендации и доступны в форме цифровых карт, а также представлены в дополнительном файле.

Данные представлены для значений долготы от 0 до 360 и широты от 90 до –90, разрешение по широте и долготе составляет 1,125°. Значение плотности водяных паров у поверхности Земли в любой желательной точке на поверхности Земли может быть выведено с помощью следующего метода интерполяции (если местные данные о высоте над средним уровнем моря в желательном местоположении недоступны, можно использовать карту из Рекомендации МСЭ-R P.1511):

a) определяются две вероятности, *pabove* и *pbelow*, выше и ниже желательной вероятности, *p*, из множества: 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 50; 60; 70; 80; 90; 95 и 99% для статистических данных за год; и из множества: 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95 и 99% для статистических данных за месяц;

b) для этих двух вероятностей, *pabove* и *pbelow*, определяются значения плотности водяных паров у поверхности Земли, , ,  и  в четырех ближайших точках сетки координат;

c) с использованием файлов годовых и месячных данных приведенной высоты водяных паров, соответствующих вероятностям *pabove* и *pbelow*, определяется приведенная высота водяных паров в четырех ближайших точках сетки, *vsch*1, *vsch*2, *vsch*3 и *vsch*4, для каждой вероятности, *pabove* и *pbelow*;

d) с использованием цифровой карты топографической высоты TOPO\_0DOT5.txt, которая является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации и содержится в файле   
R-REC-P.836-6-201708-I!!ZIP-E, определяются значения топографической высоты, *alt*1, *alt*2, *alt*3 и *alt*4, четырех ближайших точек координатной сетки с помощью метода бикубической интерполяции, который определен в Приложении 1 к Рекомендации МСЭ-R Р.1144;

e) для каждой из четырех ближайших точек сетки и для каждой вероятности определяются значения плотности водяных паров, 1, 2, 3 и 4, на желательной высоте, *alt*, путем масштабирования значений плотности водяных паров, , ,  и , с помощью следующего отношения:

           для *i* = 1, 2, 3, 4; (1)

f) определяются значения плотности водяных паров, *above* и *below*, при вероятностях *pabove* и *pbelow* и в желательной точке путем билинейной интерполяции четырех значений плотности водяных паров, ρ1, ρ2, 3 и ρ4, в четырех точках сетки, как описано в Рекомендации МСЭ-R P.1144 (в справочных целях процедура определения *above* и *below* по , ,  и  показана на рисунке 1);

g) определяется плотность водяных паров, , при желательной вероятности, *p*, путем интерполяции *above* и *below* в зависимости от *pabove* и *pbelow* к *p* в линейном масштабе зависимости  от log *p*.

Для справки в Рекомендации МСЭ-R P.453 приведены соотношения между плотностью водяных паров, давлением водяных паров и относительной влажностью.

РИСУНОК 1

Процедура интерполяции при вероятностях выше и ниже желательной вероятности



Приложение 2

# 1 Общее содержание водяных паров

В некоторых случаях для расчета увеличения длины трассы и определения ослабления за счет содержащихся в атмосфере водяных паров, причем во втором случае предполагается, что ослабление пропорционально общему содержанию водяных паров с удельным массовым коэффициентом поглощения, используется общее содержание водяных паров вдоль рассматриваемой трассы.

Общее содержание водяных паров, выраженное в кг/м2 или, что эквивалентно, в мм осаждаемой воды, можно определить с помощью радиозондирования, навигационных спутниковых измерений и радиометрических измерений. Данные радиозондирования широко доступны, однако имеют ограничения в смысле разрешения по времени и применимы только для зенитных трасс. Общее содержание водяных паров можно определить по радиометрическим измерениям, проводимым на соответствующих частотах вдоль рассматриваемой трассы.

Годовые значения общего объемного содержания водяных паров, *V* (кг/м2), превышаемые для 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 50; 60; 70; 80; 90; 95 и 99% времени года, являются неотъемлемой частью настоящей Рекомендации и доступны в форме цифровых карт.

Месячные значения общего объемного содержания водяных паров, *V* (кг/м2), превышаемые для 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95 и 99% времени каждого среднего месяца, являются неотъемлемой частью настоящей Рекомендации и доступны в форме цифровых карт.

Данные представлены для значений долготы от 0 до 360 и широты от 90 до –90, разрешение по широте и долготе составляет 1,125°. Общее содержание водяных паров в любой точке на поверхности Земли может быть выведено с помощью следующего метода интерполяции (если местные данные о высоте над средним уровнем моря в желательном местоположении недоступны, можно использовать карту из Рекомендации МСЭ-R P.1511):

a) определяются две вероятности, *pabove* и *pbelow*, выше и ниже желательной вероятности, *p*, из множества: 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 50; 60; 70; 80; 90; 95 и 99% для статистических данных за год; и из множества: 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95 и 99% для статистических данных за месяц;

b) для этих двух вероятностей, *pabove* и *pbelow*, определяется общее объемное содержание водяных паров, , ,  и , в четырех ближайших точках сетки координат;

c) с использованием файлов годовых и месячных данных приведенной высоты водяных паров, соответствующих вероятностям *pabove* и *pbelow*, определяется приведенная высота водяных паров в четырех ближайших точках сетки, *vsch*1, *vsch*2, *vsch*3 и *vsch*4 для каждой вероятности, *pabove* и *pbelow*;

d) с использованием цифровой карты топографической высоты TOPO\_0DOT5.txt, которая является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации и содержится в дополнительном файле, определяются значения топографической высоты, *alt*1, *alt*2, *alt*3 и *alt*4, четырех ближайших точек координатной сетки с помощью метода бикубической интерполяции, который определен в Приложении 1 к Рекомендации МСЭ-R Р.1144;

e) для каждой из четырех ближайших точек сетки и для каждой вероятности определяются значения общего объемного содержания водяных паров, *V*1, *V*2, *V*3 и *V*4, на желательной высоте, *alt*, путем масштабирования значений общего объемного содержания водяных паров, , ,  и , с помощью следующего отношения:

           для *i* = 1, 2, 3, 4; (2)

f) определяются значения общего объемного содержания водяных паров, *Vabove* и *Vbelow*, при вероятностях *pabove* и *pbelow* и в желательной точке путем билинейной интерполяции четырех значений общего объемного содержания водяных паров, *V*1, *V*2, *V*3 и *V*4, в четырех точках сетки, как описано в Рекомендации МСЭ-R P.1144 (в справочных целях процедура определения *Vabove* и *Vbelow* по , ,  и  показана на рисунке 2);

g) определяется общее объемное содержание водяных паров, *V*, при желательной вероятности, *p*, путем интерполяции *Vabove* и *Vbelow* в зависимости от *pabove* и *pbelow* к *p* в линейном масштабе зависимости *V* от log *p*.

РИСУНОК 2

Процедура интерполяции при вероятностях выше и ниже желательной вероятности



\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_