

Международный союз электросвязи

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R RA.1860
(01/2010)

**Предпочтительные полосы частот для
радиоастрономических измерений
в диапазоне 1–3 ТГц**

Серия RA
Радиоастрономия



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-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции 1 МСЭ-R. 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-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-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	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая 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 1 МСЭ-R.

Электронная публикация
Женева, 2010 г.

© ITU 2010

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 RA.1860

Предпочтительные полосы частот для радиоастрономических измерений в диапазоне 1–3 ТГц

(Вопрос МСЭ-R 145/7)

(2010)

Сфера применения

В этой Рекомендации описаны радиоастрономические наблюдения спектральной линии и континуума, выполненных в диапазоне частот от 1000 до 3000 ГГц, и рекомендуется, чтобы администрации оказывали содействие в координации радиоастрономических наблюдений в этом диапазоне частот.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что радиоастрономы изучают радиоизлучения от космических источников на все более и более высоких частотах;
- b) что частоты наблюдений часто определяются частотами спектральных линий атомов и молекул, которые существуют в астрофизической среде, и что такие частоты определены природой;
- c) что возможность выполнения наблюдений с поверхности Земли зависит от "окон", в которых атмосфера достаточно прозрачна;
- d) что развитие радиоастрономии на частотах, исчисляемых ТГц, ведет к технологическим достижениям, особенно в отношении методов приема, и обещает еще более значимые результаты;
- e) что полосы частот ниже 1000 ГГц, важные для радиоастрономической службы, рассматриваются в Рекомендации МСЭ-R RA.314;
- f) что использование астрономией частот от 10 ТГц до 1000 ТГц рассматривается в Рекомендации МСЭ-R RA.1630;
- g) что наблюдается растущий интерес радиоастрономической службы к использованию диапазона 1000–3000 ГГц;
- h) что Международный астрономический союз (МАС) поддерживает и обновляет список спектральных линий, имеющих важнейшее значение для радиоастрономии на частотах до 3000 ГГц;
- j) что следует учитывать Допплеровские сдвиги линий, обусловленные взаимным относительным движением космического источника и наблюдателя;
- k) что радиоастрономам требуется также выполнять наблюдения континуума на частотах выше 1000 ГГц, и что полосы, используемые для таких наблюдений с поверхности Земли, определяются атмосферными окнами, в которые наблюдается меньшее ослабление;
- l) что использование радиотелескопов с космических платформ, осуществляемое службой космических исследований (пассивной), обеспечивает доступ к полному спектру радиочастот, включая участки, недоступные с Земли из-за поглощения в атмосфере;

m) что защита радиоастрономической службе обеспечивается в полосах ниже 275 ГГц посредством Таблицы распределения частот и в полосах от 275 до 1000 ГГц посредством п. 5.565 Регламента радиосвязи (РР),

рекомендует,

1 чтобы администрации оказывали содействие в координации радиоастрономических наблюдений в полосах частот от 1000 ГГц до 3000 ГГц, особенно в тех полосах, которые перечислены в таблице 1 (для наблюдений космического базирования) и в таблице 3 (для наблюдений наземного базирования).

Приложение 1

1 Спектральные линии, представляющие интерес для астрономии

В таблице 1 перечислены частоты спектральных линий, излучаемых различными молекулами, и представляющих интерес для астрофизики, без учета сдвига Доплера ("собственные частоты"). Определяются примерные диапазоны частот вокруг собственной частоты, в которых могут наблюдаться спектральные линии, на основе типовых Доплеровских сдвигов, обусловленных радиальным движением космического источника в направлении к наблюдателю или от него. В таблице используется предполагаемый Доплеровский диапазон ± 300 км/с. Диапазоны, перечисленные в таблице 1, являются предполагаемыми минимальными полосами.

Следует отметить, что благодаря высокой чувствительности радиоастрономических наблюдений можно наблюдать множество линий от экстрagalактических объектов, на высоте до $z \sim 6$ и выше (здесь z обозначает "красный сдвиг", определяемый формулой $z = (\lambda_{obs} - \lambda_0) / \lambda_0$, где λ_{obs} – наблюдаемая длина волны, а λ_0 – длина волны без учета сдвига Доплера). Следовательно, при наблюдениях необходимо следить за спектральными линиями, сильно сдвинутыми к красной области спектра.

Исходные данные для таблицы 1, которая была утверждена Генеральной Ассамблеей Международного астрономического союза (МАС) в 2009 году, были получены в ходе исследования наблюдений излучений субмиллиметровых спектральных линий в направлении двух регионов галактики Млечный путь с высокой плотностью молекул^{1, 2}; из базы данных молекулярной спектроскопии JPL³; и из веб-каталога молекулярных спектральных линий (Кельнская база данных молекулярной спектроскопии), которую поддерживает Кельнский университет в Германии⁴.

2 Поглощение в атмосфере

На волнах миллиметровой и субмиллиметровой длины важным фактором для наблюдений наземного базирования является степень, с которой атмосфера поглощает радиосигналы. Ослабление сигналов в полосе частот 1000–3000 ГГц обусловлено, главным образом, поглощениями в водных парах, и в меньшей степени, в кислороде, азоте и озоне.

¹ POLEHAMPTON, E. T. *et al.* [2007] The ISO LWS high-resolution spectral survey towards Sagittarius B2*. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (MNRAS)*, Vol. 377, p. 1122.

² LERATE, M. R. *et al.* [2006] A far-infrared molecular and atomic line survey of the Orion KL region. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (MNRAS)*, Vol. 370, p. 597.

³ <http://spec.jpl.nasa.gov/>.

⁴ <http://www.astro.uni-koeln.de/cdms/>.

Для наблюдений наземного базирования ослабление в атмосфере уменьшает уровень излучения наблюдаемого сигнала, приходящего от космических источников, и добавляет к принимаемому сигналу тепловой шум. По этой причине миллиметровые и субмиллиметровые радиоастрономические станции размещаются в высоких сухих местах. Несмотря на оптимизацию места размещения станции уровень ослабления в участках диапазона 1000–3000 ГГц настолько высок, что, за исключением нескольких "окон", многие наблюдения в этом участке спектра могут выполняться только из космоса. В таблице 1 отмечены те спектральные линии, которые могут наблюдаться только из космоса из-за большого ослабления в атмосфере в пределах предполагаемой минимальной полосы частот.

Рисунок 1 – это пример прозрачности на вертикальной трассе в атмосфере, т. е. на трассе, идущей сквозь атмосферу по кратчайшему пути линии прямой видимости, в диапазоне частот 1000–3000 ГГц, на станции радиоастрономических наблюдений, расположенной в хорошем для наблюдений месте. Данные были рассчитаны с применением модели атмосферы *am*⁵, в предположении наличия следующих входных данных⁶:

- Размещение: горы Cerro Sairecabur, примерно 35 км на северо-северо-восток от места, где находится Большая миллиметровая/субмиллиметровая антенная решетка Атакама (ALMA) обсерватории Чаянтор, Чили.
- Высота: 5525 м.
- Атмосферное давление на земле: 532 мбар.
- Температура почвы: 285 К.
- Атмосферное давление/профиль температур: на основании данных, полученных по итогам 187 полетов радиозонда в этой зоне в течение 1998–2002 годов. Озоновый профиль основан на итогах полетов озонового зонда НАСА над Галапагосскими островами, Эквадор, в течение того же периода.
- Общее содержание водяных паров в осадках (PWV): 0,25 мм. На основании результатов широкомасштабных измерительных кампаний, было определено, что это место имеет значение PWV ниже указанной величины примерно в течение 25% времени.

Рассчитанные кривые прозрачности хорошо согласуются с наблюдаемыми значениями яркости атмосферной температуры, полученными в результате измерений при помощи спектрометра с преобразованием Фурье (FTS) в этом месте.

В таблице 2 перечислены диапазоны частот, в которых прозрачность атмосферы на рисунке 2 превышает 20%, 10%, 5% и 1% (рисунок 2 – это графическое представление данных из таблицы 2). Меньшие значения прозрачности будут снижать силу сигнала, принятого от космических источников из-за поглощения в атмосфере, и повышать шумовую температуру радиоастрономической станции из-за тепловых излучений атмосферы. Следовательно, для радиоастрономических наблюдений наземного базирования крайне желательно иметь более высокую прозрачность, несмотря на то что полезные наблюдения наземного базирования относительно сильных космических наблюдений могут выполняться при прозрачности не выше 5%, а, возможно, и меньше.

⁵ Смотрите <http://www.cfa.harvard.edu/~spaine/am/> (примерно июнь 2008 года).

⁶ Specifically, the calculations employed the Sairecabur profile of Example 4 of: PAINE, S. [2004] The *am* Atmospheric Model. Submillimeter Array Technical Memo #152 (Revision 3). Опубликовано по адресу: http://sma-www.harvard.edu/private/memos/tech_no.html (примерно июнь 2008 года).

ТАБЛИЦА 1

Наиболее важные для астрофизики спектральные линии в диапазоне частот от 1000 до 3000 ГГц

Виды	Собственная частота (ГГц)	Предлагаемая минимальная частота (ГГц)	Предлагаемая максимальная частота (ГГц)	Примечания	Сводная минимальная частота (ГГц)	Сводная максимальная частота (ГГц)
Водяные пары (H_2^{18}O)	1 003,278	1 002,274	1 004,281	G	1 002,274	1 004,281
Тяжелая вода (HDO)	1 009,945	1 008,935	1 010,955	G	1 008,935	1 010,955
Азанилидениум (NH^+)	1 012,524	1 011,511	1 013,537	G	1 011,511	1 013,537
Односернистый углерод (CS)	1 027,314	1 026,287	1 028,341	G	1 026,287	1 028,341
Гидроксилуиум (OH^+)	1 033,119	1 032,085	1 034,152	G	1 032,085	1 034,152
Оксид углерода (CO)	1 036,912	1 035,875	1 037,949	G	1 035,875	1 037,949
Синильная кислота (HCN)	1 062,983	1 061,920	1 064,046		1 061,920	1 064,046
Формилиум (HCO^+)	1 069,694	1 068,624	1 070,764		1 068,624	1 070,764
Односернистый углерод (CS)	1 076,078	1 075,002	1 077,154		1 075,002	1 077,154
Сульфидрилиум (SH^+)	1 082,909	1 081,826	1 083,993		1 081,826	1 083,993
Водяные пары (H_2^{18}O)	1 095,627	1 094,532	1 096,723		1 094,532	1 098,462
Оксид углерода (C^{18}O)	1 097,163	1 096,066	1 098,260			
Водяные пары (H_2O)	1 097,365	1 096,267	1 098,462			
Оксид углерода (^{13}CO)	1 101,350	1 100,248	1 102,451		1 100,248	1 102,800
Водяные пары (H_2^{18}O)	1 101,698	1 100,597	1 102,800			
Водяные пары (H_2O)	1 113,343	1 112,230	1 114,456		1 112,230	1 116,175
Катионы воды (H_2O^+)	1 115,059	1 113,943	1 116,175			
Односернистый углерод (CS)	1 124,820	1 123,696	1 125,945		1 123,696	1 125,945
Водяные пары (H_2^{18}O)	1 136,704	1 135,567	1 137,840		1 135,567	1 137,840
Синильная кислота (HCN)	1 151,452	1 150,301	1 152,603		1 150,301	1 154,280
Оксид углерода (CO)	1 151,985	1 150,833	1 153,137			
Водяные пары (H_2O)	1 153,127	1 151,974	1 154,280			
Водяные пары (H_2O)	1 158,324	1 157,165	1 159,482		1 157,165	1 159,886
Формилиум (HCO^+)	1 158,727	1 157,568	1 159,886			
Тяжелая вода (HDO)	1 161,953	1 160,791	1 163,115		1 160,791	1 165,935
Водяные пары (H_2O)	1 162,912	1 161,749	1 164,075			
Тяжелая вода (HDO)	1 164,770	1 163,605	1 165,935			

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

Виды	Собственная частота (ГГц)	Предлагаемая минимальная частота (ГГц)	Предлагаемая максимальная частота (ГГц)	Примечания	Сводная минимальная частота (ГГц)	Сводная максимальная частота (ГГц)
Аммиак (NH ₃)	1 168,452	1 167,283	1 169,620		1 167,283	1 169,620
Односернистый углерод (CS)	1 173,539	1 172,366	1 174,713		1 172,366	1 174,713
Тяжелая вода (HDO)	1 180,324	1 179,143	1 181,504		1 179,143	1 182,575
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 181,394	1 180,213	1 182,575			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 188,863	1 187,674	1 190,052		1 187,674	1 190,052
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 199,006	1 197,807	1 200,205		1 197,807	1 200,205
Оксид углерода (C ¹⁸ O)	1 206,725	1 205,519	1 207,932		1 205,519	1 208,846
Водяные пары (H ₂ O)	1 207,639	1 206,431	1 208,846			
Оксид углерода (¹³ CO)	1 211,330	1 210,118	1 212,541		1 210,118	1 212,541
Аммиак (NH ₃)	1 214,859	1 213,644	1 216,073		1 213,644	1 218,476
Аммиак (NH ₃)	1 215,245	1 214,030	1 216,460			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 216,850	1 215,634	1 218,067			
Тяжелая вода (HDO)	1 217,258	1 216,041	1 218,476			
Односернистый углерод (CS)	1 222,234	1 221,012	1 223,456		1 221,012	1 223,456
Водяные пары (H ₂ O)	1 228,789	1 227,560	1 230,018		1 227,560	1 231,633
Тяжелая вода (HDO)	1 230,403	1 229,173	1 231,633			
Синильная кислота (HCN)	1 239,895	1 238,655	1 241,134		1 238,655	1 241,134
Формилиум (HCO ⁺)	1 247,735	1 246,487	1 248,982		1 246,487	1 248,982
Тяжелая вода (HDO)	1 259,072	1 257,813	1 260,331	G	1 257,813	1 262,731
Тяжелая вода (HDO)	1 261,469	1 260,208	1 262,731	G		
Оксид углерода (CO)	1 267,014	1 265,747	1 268,282	G	1 265,747	1 268,310
Тяжелая вода (HDO)	1 267,043	1 265,776	1 268,310	G		
Односернистый углерод (CS)	1 270,903	1 269,632	1 272,174	G	1 269,632	1 272,174
Тяжелая вода (HDO)	1 277,676	1 276,398	1 278,954	G	1 276,398	1 278,954
Тяжелая вода (HDO)	1 291,642	1 290,351	1 292,934	G	1 290,351	1 294,666
Тяжелая вода (HDO)	1 293,372	1 292,079	1 294,666	G		
Тяжелая вода (HDO)	1 297,805	1 296,507	1 299,103	G	1 296,507	1 299,103

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

Виды	Собственная частота (ГГц)	Предлагаемая минимальная частота (ГГц)	Предлагаемая максимальная частота (ГГц)	Примечания	Сводная минимальная частота (ГГц)	Сводная максимальная частота (ГГц)
Оксид углерода (C ¹⁸ O)	1 316,244	1 314,928	1 317,560	G	1 314,928	1 317,560
Односернистый углерод (CS)	1 319,545	1 318,226	1 320,865		1 318,226	1 323,387
Оксид углерода (¹³ CO)	1 321,266	1 319,944	1 322,587			
Водяные пары (H ₂ O)	1 322,065	1 320,743	1 323,387			
Синильная кислота (HCN)	1 328,308	1 326,980	1 329,637	G	1 326,980	1 329,637
Формилиум (HCO ⁺)	1 336,714	1 335,378	1 338,051	G	1 335,378	1 338,051
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 340,739	1 339,398	1 342,080	G	1 339,398	1 342,080
Тяжелая вода (HDO)	1 353,777	1 352,423	1 355,130	G	1 352,423	1 355,130
Односернистый углерод (CS)	1 368,160	1 366,792	1 369,528	G	1 366,792	1 371,455
Трёхатомный водород (H ₂ D ⁺)	1 370,085	1 368,715	1 371,455	G		
Оксид углерода (CO)	1 381,995	1 380,613	1 383,377	G	1 380,613	1 383,377
Тяжелая вода (HDO)	1 385,216	1 383,831	1 386,601		1 383,831	1 386,601
Тяжелая вода (HDO)	1 392,919	1 391,526	1 394,312		1 391,526	1 394,312
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 402,966	1 401,563	1 404,369		1 401,563	1 404,369
Водяные пары (H ₂ O)	1 410,618	1 409,207	1 412,029		1 409,207	1 412,029
Синильная кислота (HCN)	1 416,691	1 415,275	1 418,108		1 415,275	1 418,162
Односернистый углерод (CS)	1 416,745	1 415,329	1 418,162			
Формилиум (HCO ⁺)	1 425,664	1 424,238	1 427,090		1 424,238	1 427,141
Оксид углерода (C ¹⁸ O)	1 425,715	1 424,289	1 427,141			
Оксид углерода (¹³ CO)	1 431,153	1 429,722	1 432,584		1 429,722	1 434,310
Тяжелая вода (HDO)	1 432,877	1 431,444	1 434,310			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 438,649	1 437,210	1 440,087		1 437,210	1 442,222
Водяные пары (H ₂ O)	1 440,782	1 439,341	1 442,222			
Тяжелая вода (HDO)	1 444,829	1 443,384	1 446,274	G	1 443,384	1 448,460
Сульфидрил (SH)	1 447,012	1 445,564	1 448,460	G		
Ион азота (N II)	1 461,130	1 459,669	1 462,591	G	1 459,669	1 462,591
Трёхатомный водород (D ₂ H ⁺)	1 476,606	1 475,128	1 478,083	G	1 475,128	1 478,083
Тяжелая вода (HDO)	1 491,927	1 490,435	1 493,419	G	1 490,435	1 493,419
Оксид углерода (CO)	1 496,923	1 495,426	1 498,420	G	1 495,426	1 498,420

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

Виды	Собственная частота (ГГц)	Предлагаемая минимальная частота (ГГц)	Предлагаемая максимальная частота (ГГц)	Примечания	Сводная минимальная частота (ГГц)	Сводная максимальная частота (ГГц)
Тяжелая вода (HDO)	1 500,990	1 499,489	1 502,491	G	1 499,489	1 502,491
Синильная кислота (HCN)	1 505,042	1 503,537	1 506,547	G	1 503,537	1 508,768
Тяжелая вода (HDO)	1 507,261	1 505,754	1 508,768	G		
Формилиум (HCO ⁺)	1 514,582	1 513,067	1 516,096	G	1 513,067	1 516,096
Тяжелая вода (HDO)	1 522,926	1 521,403	1 524,449	G	1 521,403	1 524,449
Оксид углерода (C ¹⁸ O)	1 535,134	1 533,599	1 536,669	G	1 533,599	1 536,669
Оксид углерода (¹³ CO)	1 540,989	1 539,448	1 542,530		1 539,448	1 543,509
Водяные пары (H ₂ O)	1 541,967	1 540,425	1 543,509			
Тяжелая вода (HDO)	1 577,178	1 575,600	1 578,755		1 575,600	1 578,755
Синильная кислота (HCN)	1 593,357	1 591,764	1 594,951		1 591,764	1 594,951
Водяные пары (H ₂ O)	1 602,219	1 600,617	1 603,821		1 600,617	1 607,568
Формилиум (HCO ⁺)	1 603,466	1 601,862	1 605,069			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 605,962	1 604,356	1 607,568			
Оксид углерода (CO)	1 611,794	1 610,182	1 613,405		1 610,182	1 617,242
Тяжелая вода (HDO)	1 614,294	1 612,679	1 615,908			
Тяжелая вода (HDO)	1 615,626	1 614,010	1 617,242			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 620,852	1 619,231	1 622,472		1 619,231	1 622,472
Тяжелая вода (HDO)	1 625,408	1 623,783	1 627,033		1 623,783	1 627,033
Сульфидрилиум (SH ⁺)	1 632,518	1 630,884	1 634,151		1 630,884	1 636,274
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 633,484	1 631,850	1 635,117			
Тяжелая вода (HDO)	1 634,639	1 633,005	1 636,274			
Оксид углерода (C ¹⁸ O)	1 644,497	1 642,852	1 646,141		1 642,852	1 646,141
Тяжелая вода (HDO)	1 648,801	1 647,153	1 650,450		1 647,153	1 652,418
Оксид углерода (¹³ CO)	1 650,768	1 649,117	1 652,418			
Оксониум (H ₃ O ⁺)	1 655,813	1 654,158	1 657,469		1 654,158	1 657,858
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 655,868	1 654,212	1 657,523			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 656,202	1 654,546	1 657,858			
Водяные пары (H ₂ O)	1 661,008	1 659,347	1 662,669		1 659,347	1 665,247
Оксониум (H ₃ O ⁺)	1 663,584	1 661,920	1 665,247			

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

Виды	Собственная частота (ГГц)	Предлагаемая минимальная частота (ГГц)	Предлагаемая максимальная частота (ГГц)	Примечания	Сводная минимальная частота (ГГц)	Сводная максимальная частота (ГГц)
Метилгидриллийон(CH ⁺)	1 669,170	1 667,499	1 670,840		1 667,499	1 673,021
Водяные пары (H ₂ O)	1 669,905	1 668,235	1 671,575			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 671,350	1 669,679	1 673,021			
Тяжелая вода (HDO)	1 678,578	1 676,899	1 680,256		1 676,899	1 686,290
Синильная кислота (HCN)	1 681,636	1 679,955	1 683,318			
Тяжелая вода (HDO)	1 684,606	1 682,921	1 686,290			
Формилиум (HCO ⁺)	1 692,313	1 690,621	1 694,006		1 690,621	1 694,006
Водяные пары (H ₂ O)	1 713,883	1 712,169	1 715,597		1 712,169	1 721,701
Водяные пары (H ₂ O)	1 716,770	1 715,053	1 718,486			
Водяные пары (H ₂ O)	1 716,957	1 715,240	1 718,674			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 719,250	1 717,531	1 720,969			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 719,981	1 718,261	1 721,701			
Оксид углерода (CO)	1 726,603	1 724,876	1 728,329		1 724,876	1 728,329
Оксид углерода (C ¹⁸ O)	1 753,800	1 752,046	1 755,554		1 752,046	1 755,554
Тяжелая вода (HDO)	1 759,978	1 758,218	1 761,738		1 758,218	1 765,585
Оксид углерода (¹³ CO)	1 760,486	1 758,726	1 762,247			
Водяные пары (H ₂ O)	1 762,043	1 760,281	1 763,805			
Аммиак (NH ₃)	1 763,525	1 761,762	1 765,289			
Тяжелая вода (HDO)	1 763,558	1 761,795	1 765,322			
Аммиак (NH ₃)	1 763,602	1 761,838	1 765,365			
Аммиак (NH ₃)	1 763,821	1 762,058	1 765,585			
Синильная кислота (HCN)	1 769,877	1 768,107	1 771,647		1 768,107	1 771,647
Формилиум (HCO ⁺)	1 781,123	1 779,342	1 782,904		1 779,342	1 782,904
Водяные пары (H ₂ O)	1 794,789	1 792,994	1 796,584		1 792,994	1 796,584
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 800,475	1 798,674	1 802,275		1 798,674	1 802,275
Аммиак (NH ₃)	1 808,936	1 807,127	1 810,744		1 807,127	1 812,188
Аммиак (NH ₃)	1 810,378	1 808,567	1 812,188			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 815,853	1 814,038	1 817,669		1 814,038	1 820,348
Тяжелая вода (HDO)	1 818,530	1 816,711	1 820,348			

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

Виды	Собственная частота (ГГц)	Предлагаемая минимальная частота (ГГц)	Предлагаемая максимальная частота (ГГц)	Примечания	Сводная минимальная частота (ГГц)	Сводная максимальная частота (ГГц)
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 824,554	1 822,729	1 826,378		1 822,729	1 826,378
Гидроксил (ОН)	1 834,745	1 832,911	1 836,580		1 832,911	1 843,187
Гидроксил (ОН)	1 837,741	1 835,903	1 839,578			
Гидроксил (ОН)	1 837,812	1 835,974	1 839,649			
Оксид углерода (СО)	1 841,346	1 839,504	1 843,187			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 846,872	1 845,025	1 848,719		1 845,025	1 850,154
Тяжелая вода (HDO)	1 848,306	1 846,458	1 850,154		1 852,019	1 855,727
Тяжелая вода (HDO)	1 853,873	1 852,019	1 855,727			
Синильная кислота (HCN)	1 858,077	1 856,219	1 859,935			
Оксид углерода (C ¹⁸ O)	1 863,039	1 861,176	1 864,902			
Водяные пары (H ₂ O)	1 867,749	1 865,881	1 869,616		1 865,881	1 874,481
Водяные пары (H ₂ O)	1 867,819	1 865,951	1 869,687			
Формилиум (НСО ⁺)	1 869,893	1 868,023	1 871,763			
Оксид углерода (¹³ CO)	1 870,141	1 868,271	1 872,011			
Тяжелая вода (HDO)	1 872,609	1 870,736	1 874,481		1 875,609	1 883,172
Тяжелая вода (HDO)	1 877,487	1 875,609	1 879,364			
Водяные пары (H ₂ O)	1 880,753	1 878,872	1 882,634			
Тяжелая вода (HDO)	1 881,291	1 879,410	1 883,172			
Тяжелая вода (HDO)	1 890,757	1 888,866	1 892,647		1 888,866	1 896,218
Водяные пары (H ₂ O)	1 893,687	1 891,793	1 895,580			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 894,324	1 892,429	1 896,218		1 897,705	1 902,438
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 899,604	1 897,705	1 901,504			
Ион углерода (С II)	1 900,537	1 898,637	1 902,438			
Тяжелая вода (HDO)	1 909,602	1 907,693	1 911,512		1 907,693	1 911,512
Водяные пары (H ₂ O)	1 918,475	1 916,557	1 920,394		1 916,557	1 922,353
Водяные пары (H ₂ O)	1 918,485	1 916,567	1 920,404			
Водяные пары (H ₂ O)	1 919,360	1 917,440	1 921,279			
Водяные пары (H ₂ O)	1 919,360	1 917,440	1 921,279			
Тяжелая вода (HDO)	1 920,433	1 918,513	1 922,353			

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

Виды	Собственная частота (ГГц)	Предлагаемая минимальная частота (ГГц)	Предлагаемая максимальная частота (ГГц)	Примечания	Сводная минимальная частота (ГГц)	Сводная максимальная частота (ГГц)
Тяжелая вода (HDO)	1 929,255	1 927,326	1 931,184		1 927,326	1 932,259
Тяжелая вода (HDO)	1 930,329	1 928,398	1 932,259			
Тяжелая вода (HDO)	1 941,797	1 939,855	1 943,739		1 939,855	1 943,739
Синильная кислота (HCN)	1 946,235	1 944,288	1 948,181		1 944,288	1 948,181
Тяжелая вода (HDO)	1 950,155	1 948,204	1 952,105		1 948,204	1 952,159
Тяжелая вода (HDO)	1 950,209	1 948,259	1 952,159			
Азанилден (NH)	1 955,027	1 953,072	1 956,982		1 953,072	1 960,579
Оксид углерода (CO)	1 956,018	1 954,062	1 957,974			
Азанилден (NH)	1 958,198	1 956,240	1 960,156			
Формилиум (НСО ⁺)	1 958,621	1 956,662	1 960,579			
Тяжелая вода (HDO)	1 965,554	1 963,588	1 967,519		1 963,588	1 967,519
Оксид углерода (C ¹⁸ O)	1 972,211	1 970,239	1 974,183		1 970,239	1 987,905
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 974,636	1 972,661	1 976,611	G		
Азанилден (NH)	1 978,464	1 976,485	1 980,442	G		
Оксид углерода (¹³ CO)	1 979,727	1 977,747	1 981,707	G		
Тяжелая вода (HDO)	1 982,064	1 980,082	1 984,046	G		
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	1 985,919	1 983,933	1 987,905	G		
Тяжелая вода (HDO)	1 994,285	1 992,291	1 996,280	G	1 992,291	1 996,280
Тяжелая вода (HDO)	2 003,495	2 001,491	2 005,498		2 001,491	2 008,785
Тяжелая вода (HDO)	2 005,180	2 003,175	2 007,186			
Метилидин (CH)	2 006,779	2 004,772	2 008,785		2 008,788	2 016,880
Метилидин (CH)	2 010,799	2 008,788	2 012,810			
Тяжелая вода (HDO)	2 014,370	2 012,355	2 016,384			
Водяные пары (H ₂ O)	2 014,865	2 012,850	2 016,880			
Тяжелая вода (HDO)	2 019,134	2 017,115	2 021,154		2 017,115	2 021,154
Тяжелая вода (HDO)	2 031,743	2 029,711	2 033,774		2 029,711	2 033,774
Водяные пары (H ₂ O)	2 040,477	2 038,436	2 042,517		2 038,436	2 042,517
Кислород (O I)	2 060,070	2 058,010	2 062,130		2 058,010	2 062,130
Тяжелая вода (HDO)	2 064,690	2 062,625	2 066,755		2 062,625	2 066,755

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

Виды	Собственная частота (ГГц)	Предлагаемая минимальная частота (ГГц)	Предлагаемая максимальная частота (ГГц)	Примечания	Сводная минимальная частота (ГГц)	Сводная максимальная частота (ГГц)
Оксид углерода (CO)	2 070,616	2 068,545	2 072,687		2 068,545	2 076,519
Водяные пары (H ₂ O)	2 074,432	2 072,358	2 076,507			
Водяные пары (H ₂ O)	2 074,444	2 072,370	2 076,519			
Оксид углерода (C ¹⁸ O)	2 081,311	2 079,229	2 083,392		2 079,229	2 085,118
Тяжелая вода (HDO)	2 082,718	2 080,635	2 084,801			
Тяжелая вода (HDO)	2 083,035	2 080,952	2 085,118			
Тяжелая вода (HDO)	2 087,226	2 085,139	2 089,313		2 085,139	2 091,330
Оксид углерода (¹³ CO)	2 089,241	2 087,151	2 091,330			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 099,963	2 097,863	2 102,063		2 097,863	2 102,063
Тяжелая вода (HDO)	2 110,993	2 108,882	2 113,104		2 108,882	2 113,104
Тяжелая вода (HDO)	2 121,216	2 119,095	2 123,338		2 119,095	2 123,338
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 143,752	2 141,608	2 145,895		2 141,608	2 154,357
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 147,733	2 145,585	2 149,880			
Тяжелая вода (HDO)	2 149,224	2 147,075	2 151,373			
Тяжелая вода (HDO)	2 152,205	2 150,052	2 154,357			
Водяные пары (H ₂ O)	2 164,132	2 161,968	2 166,296		2 161,968	2 166,296
Оксид углерода (CO)	2 185,135	2 182,950	2 187,320		2 182,950	2 187,320
Водяные пары (H ₂ O)	2 196,346	2 194,149	2 198,542		2 194,149	2 201,998
Тяжелая вода (HDO)	2 199,798	2 197,599	2 201,998			
Тяжелая вода (HDO)	2 204,707	2 202,503	2 206,912		2 202,503	2 206,912
Тяжелая вода (HDO)	2 213,707	2 211,493	2 215,921		2 211,493	2 215,921
Водяные пары (H ₂ O)	2 221,751	2 219,529	2 223,972		2 219,529	2 223,972
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 227,872	2 225,644	2 230,100		2 225,644	2 230,100
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 242,198	2 239,956	2 244,440		2 239,956	2 244,440
Водяные пары (H ₂ O)	2 264,150	2 261,886	2 266,414		2 261,886	2 266,414
Тяжелая вода (HDO)	2 269,686	2 267,416	2 271,956		2 267,416	2 271,956
Тяжелая вода (HDO)	2 278,017	2 275,739	2 280,295		2 275,739	2 280,295
Тяжелая вода (HDO)	2 283,942	2 281,658	2 286,226		2 281,658	2 288,499
Тяжелая вода (HDO)	2 286,213	2 283,926	2 288,499			

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

Виды	Собственная частота (ГГц)	Предлагаемая минимальная частота (ГГц)	Предлагаемая максимальная частота (ГГц)	Примечания	Сводная минимальная частота (ГГц)	Сводная максимальная частота (ГГц)
Тяжелая вода (HDO)	2 291,309	2 289,018	2 293,601		2 289,018	2 293,601
Тяжелая вода (HDO)	2 296,248	2 293,952	2 298,544		2 293,952	2 302,002
Тяжелая вода (HDO)	2 297,652	2 295,355	2 299,950			
Оксид углерода (CO)	2 299,569	2 297,269	2 301,868			
Тяжелая вода (HDO)	2 299,702	2 297,402	2 302,002			
Оксид углерода (¹³ CO)	2 308,031	2 305,723	2 310,339		2 305,723	2 310,339
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 318,554	2 316,236	2 320,873		2 316,236	2 320,873
Тяжелая вода (HDO)	2 327,429	2 325,101	2 329,756		2 325,101	2 329,756
Тяжелая вода (HDO)	2 335,788	2 333,452	2 338,123		2 333,452	2 338,556
Тяжелая вода (HDO)	2 336,220	2 333,883	2 338,556			
Тяжелая вода (HDO)	2 343,735	2 341,392	2 346,079		2 341,392	2 368,266
Водяные пары (H ₂ O)	2 344,290	2 341,945	2 346,634			
Метилен (CH ₂)	2 344,726	2 342,381	2 347,071			
Метилен (CH ₂)	2 348,622	2 346,274	2 350,971			
Тяжелая вода (HDO)	2 351,731	2 349,380	2 354,083			
Тяжелая вода (HDO)	2 355,192	2 352,837	2 357,548			
Аммиак (NH ₃)	2 357,210	2 354,853	2 359,568			
Аммиак (NH ₃)	2 357,727	2 355,369	2 360,084			
Аммиак (NH ₃)	2 358,563	2 356,205	2 360,922			
Тяжелая вода (HDO)	2 360,340	2 357,980	2 362,700			
Трёхатомный водород (H ₂ D ⁺)	2 363,306	2 360,943	2 365,669			
Амино (NH ₂)	2 364,268	2 361,903	2 366,632			
Водяные пары (H ₂ O)	2 365,900	2 363,534	2 368,266			
Тяжелая вода (HDO)	2 382,166	2 379,784	2 384,548			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 388,325	2 385,936	2 390,713		2 385,936	2 393,964
Водяные пары (H ₂ O)	2 391,573	2 389,181	2 393,964			

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

Виды	Собственная частота (ГГц)	Предлагаемая минимальная частота (ГГц)	Предлагаемая максимальная частота (ГГц)	Примечания	Сводная минимальная частота (ГГц)	Сводная максимальная частота (ГГц)
Тяжелая вода (HDO)	2 399,218	2 396,819	2 401,618		2 396,819	2 407,526
Аммиак (NH ₃)	2 400,018	2 397,618	2 402,418			
Аммиак (NH ₃)	2 400,578	2 398,178	2 402,979			
Аммиак (NH ₃)	2 402,265	2 399,863	2 404,667			
Аммиак (NH ₃)	2 405,121	2 402,716	2 407,526			
Тяжелая вода (HDO)	2 411,827	2 409,415	2 414,239		2 409,415	2 420,888
Оксид углерода (CO)	2 413,924	2 411,510	2 416,338			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 418,469	2 416,051	2 420,888			
Ион азота (N II)	2 459,379	2 456,920	2 461,839		2 456,920	2 468,338
Водяные пары (H ₂ O)	2 462,933	2 460,470	2 465,396			
Тяжелая вода (HDO)	2 463,054	2 460,591	2 465,517			
Фторид водорода (HF)	2463,427	2 460,964	2 465,891			
Тяжелая вода (HDO)	2 465,872	2 463,406	2 468,338			
Тяжелая вода (HDO)	2 477,453	2 474,976	2 479,931		2 474,976	2 486,788
Тяжелая вода (HDO)	2 480,807	2 478,326	2 483,287			
Тяжелая вода (HDO)	2 484,303	2 481,819	2 486,788			
Гидроксил (¹⁸ OH)	2 494,674	2 492,179	2 497,169		2 492,179	2 516,847
Гидроксил (¹⁸ OH)	2 498,970	2 496,471	2 501,469			
Гидроксил (¹⁷ OH)	2 501,856	2 499,355	2 504,358			
Тяжелая вода (HDO)	2 502,167	2 499,665	2 504,669			
Гидроксил (¹⁷ OH)	2 506,186	2 503,680	2 508,692			
Гидроксил (OH)	2 509,965	2 507,455	2 512,475			
Гидроксил (OH)	2 514,333	2 511,819	2 516,847			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 526,741	2 524,214	2 529,268		2 524,214	2 531,838
Оксид углерода (CO)	2 528,166	2 525,638	2 530,694			
Тяжелая вода (HDO)	2 529,308	2 526,779	2 531,838			

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

Виды	Собственная частота (ГГц)	Предлагаемая минимальная частота (ГГц)	Предлагаемая максимальная частота (ГГц)	Примечания	Сводная минимальная частота (ГГц)	Сводная максимальная частота (ГГц)
Тяжелая вода (HDO)	2 541,065	2 538,524	2 543,606		2 538,524	2 547,650
Амино (NH ₂)	2 545,105	2 542,560	2 547,650			
Амино (NH ₂)	2 553,966	2 551,412	2 556,520		2 551,412	2 563,471
Тяжелая вода (HDO)	2 558,905	2 556,346	2 561,464			
Амино (NH ₂)	2 560,910	2 558,349	2 563,471		2 575,089	2 582,211
Тяжелая вода (HDO)	2 577,667	2 575,089	2 580,244			
Тяжелая вода (HDO)	2 579,631	2 577,052	2 582,211		2 588,456	2 595,117
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 591,047	2 588,456	2 593,638			
Тяжелая вода (HDO)	2 592,524	2 589,932	2 595,117		2 595,690	2 606,031
Тяжелая вода (HDO)	2 598,288	2 595,690	2 600,886			
Гидроксил (OH)	2 603,427	2 600,824	2 606,031		2 613,549	2 618,781
Тяжелая вода (HDO)	2 616,165	2 613,549	2 618,781			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 622,939	2 620,316	2 625,562		2 628,329	2 633,682
Водяные пары (H ₂ O)	2 630,960	2 628,329	2 633,590			
Водяные пары (H ₂ O)	2 631,051	2 628,420	2 633,682		2 637,833	2 644,963
Водяные пары (H ₂ O)	2 640,474	2 637,833	2 643,114			
Оксид углерода (CO)	2 642,321	2 639,679	2 644,963		2 655,008	2 660,323
Водяные пары (H ₂ O)	2 657,666	2 655,008	2 660,323			
Водяные пары (H ₂ O)	2 664,561	2 661,897	2 667,226		2 661,897	2 677,662
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 666,732	2 664,065	2 669,398			
Тяжелая вода (HDO)	2 669,415	2 666,745	2 672,084			
Тяжелая вода (HDO)	2 674,283	2 671,609	2 676,957			
Дейтерированный водород (HD)	2 674,987	2 672,312	2 677,662		2 682,953	2 688,325
Водяные пары (H ₂ O)	2 685,639	2 682,953	2 688,325			
Тяжелая вода (HDO)	2 735,277	2 732,541	2 738,012		2 732,541	2 738,012
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 741,675	2 738,933	2 744,416		2 738,933	2 744,416
Тяжелая вода (HDO)	2 748,312	2 745,564	2 751,060		2 745,564	2 751,060
Оксид углерода (CO)	2 756,383	2 753,626	2 759,139		2 753,626	2 759,139

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

Виды	Собственная частота (ГГц)	Предлагаемая минимальная частота (ГГц)	Предлагаемая максимальная частота (ГГц)	Примечания	Сводная минимальная частота (ГГц)	Сводная максимальная частота (ГГц)
Водяные пары (H ₂ O)	2 773,977	2 771,203	2 776,751		2 771,203	2 776,751
Метилен (CH ₂)	2 783,064	2 780,281	2 785,847		2 780,281	2 785,847
Тяжелая вода (HDO)	2 794,002	2 791,208	2 796,796		2 791,208	2 796,829
Тяжелая вода (HDO)	2 794,035	2 791,241	2 796,829			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 805,384	2 802,579	2 808,190		2 802,579	2 816,325
Тяжелая вода (HDO)	2 807,498	2 804,691	2 810,306			
Тяжелая вода (HDO)	2 809,406	2 806,597	2 812,216			
Тяжелая вода (HDO)	2 810,880	2 808,069	2 813,691			
Тяжелая вода (HDO)	2 813,511	2 810,698	2 816,325			
Тяжелая вода (HDO)	2 834,411	2 831,577	2 837,245		2 831,577	2 837,245
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 845,980	2 843,134	2 848,826		2 843,134	2 848,826
Тяжелая вода (HDO)	2 855,631	2 852,776	2 858,487		2 852,776	2 861,891
Тяжелая вода (HDO)	2 859,032	2 856,173	2 861,891			
Оксид углерода (CO)	2 870,338	2 867,468	2 873,208		2 867,468	2 875,782
Тяжелая вода (HDO)	2 872,909	2 870,036	2 875,782			
Водяные пары (H ₂ O)	2 880,025	2 877,145	2 882,905		2 877,145	2 890,914
Водяные пары (H ₂ O)	2 884,279	2 881,395	2 887,163			
Водяные пары (H ₂ O)	2 884,312	2 881,427	2 887,196			
Водяные пары (H ₂ O)	2 884,941	2 882,056	2 887,826			
Водяные пары (H ₂ O)	2 884,950	2 882,065	2 887,835			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 888,026	2 885,138	2 890,914			
Тяжелая вода (HDO)	2 900,172	2 897,272	2 903,072		2 897,272	2 906,294
Тяжелая вода (HDO)	2 903,391	2 900,487	2 906,294			
Тяжелая вода (HDO)	2 916,109	2 913,193	2 919,025		2 913,193	2 923,819
Тяжелая вода (HDO)	2 920,898	2 917,977	2 923,819			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 938,998	2 936,059	2 941,937		2 936,059	2 944,831
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 939,000	2 936,061	2 941,939			
Тяжелая вода (HDO)	2 941,889	2 938,947	2 944,831			

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

Виды	Собственная частота (ГГц)	Предлагаемая минимальная частота (ГГц)	Предлагаемая максимальная частота (ГГц)	Примечания	Сводная минимальная частота (ГГц)	Сводная максимальная частота (ГГц)
Тяжелая вода (HDO)	2 948,042	2 945,094	2 950,990		2 945,094	2 955,592
Аммиак (NH ₃)	2 948,411	2 945,462	2 951,359			
Аммиак (NH ₃)	2 948,669	2 945,721	2 951,618			
Аммиак (NH ₃)	2 949,480	2 946,531	2 952,430			
Аммиак (NH ₃)	2 950,815	2 947,864	2 953,765			
Аммиак (NH ₃)	2 952,640	2 949,687	2 955,592			
Водяные пары (H ₂ O)	2 962,111	2 959,149	2 965,073		2 959,149	2 975,081
Тяжелая вода (HDO)	2 966,081	2 963,115	2 969,047			
Водяные пары (H ₂ O)	2 968,749	2 965,780	2 971,717			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 969,868	2 966,899	2 972,838			
Водяные пары (H ₂ O)	2 970,800	2 967,829	2 973,771			
Водяные пары (H ₂ O)	2 970,801	2 967,830	2 973,772			
Оксониум (H ₃ O ⁺)	2 972,109	2 969,137	2 975,081		2 977,754	3 002,430
Оксониум (H ₃ O ⁺)	2 980,735	2 977,754	2 983,715			
Оксид углерода (CO)	2 984,168	2 981,183	2 987,152			
Тяжелая вода (HDO)	2 984,559	2 981,575	2 987,544			
Аммиак (NH ₃)	2 989,643	2 986,653	2 992,632			
Водяные пары (H ₂ ¹⁸ O)	2 990,139	2 987,149	2 993,129			
Аммиак (NH ₃)	2 991,555	2 988,564	2 994,547			
Аммиак (NH ₃)	2 994,786	2 991,792	2 997,781			
Тяжелая вода (HDO)	2 997,115	2 994,118	3 000,112	Н		
Аммиак (NH ₃)	2 999,430	2 996,431	3 002,430	Н		

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Символ G в графе "Примечания" показывает, что линия может наблюдаться с земли при очень хороших атмосферных условиях.

Символ H в графе "Примечания" показывает, что максимальная предлагаемая частота превышает 3000 ГГц.

Предлагаемая минимальная и максимальная частоты соответствуют частотам с доплеровским сдвигом для скорости +300 км/с и –300 км/с, соответственно.

Источники: IAU Resolution A.2 (1991, Buenos Aires; revised 2009, Rio de Janeiro);
 JPL Molecular Spectroscopy Database (<http://spec.jpl.nasa.gov/>);
 The Cologne Database for Molecular Spectroscopy (<http://www.astro.uni-koeln.de/cdms/>).

РИСУНОК 1

Вертикальная прозрачность атмосферы, рассчитанная с использованием исходных данных из п. 2 Приложения 1

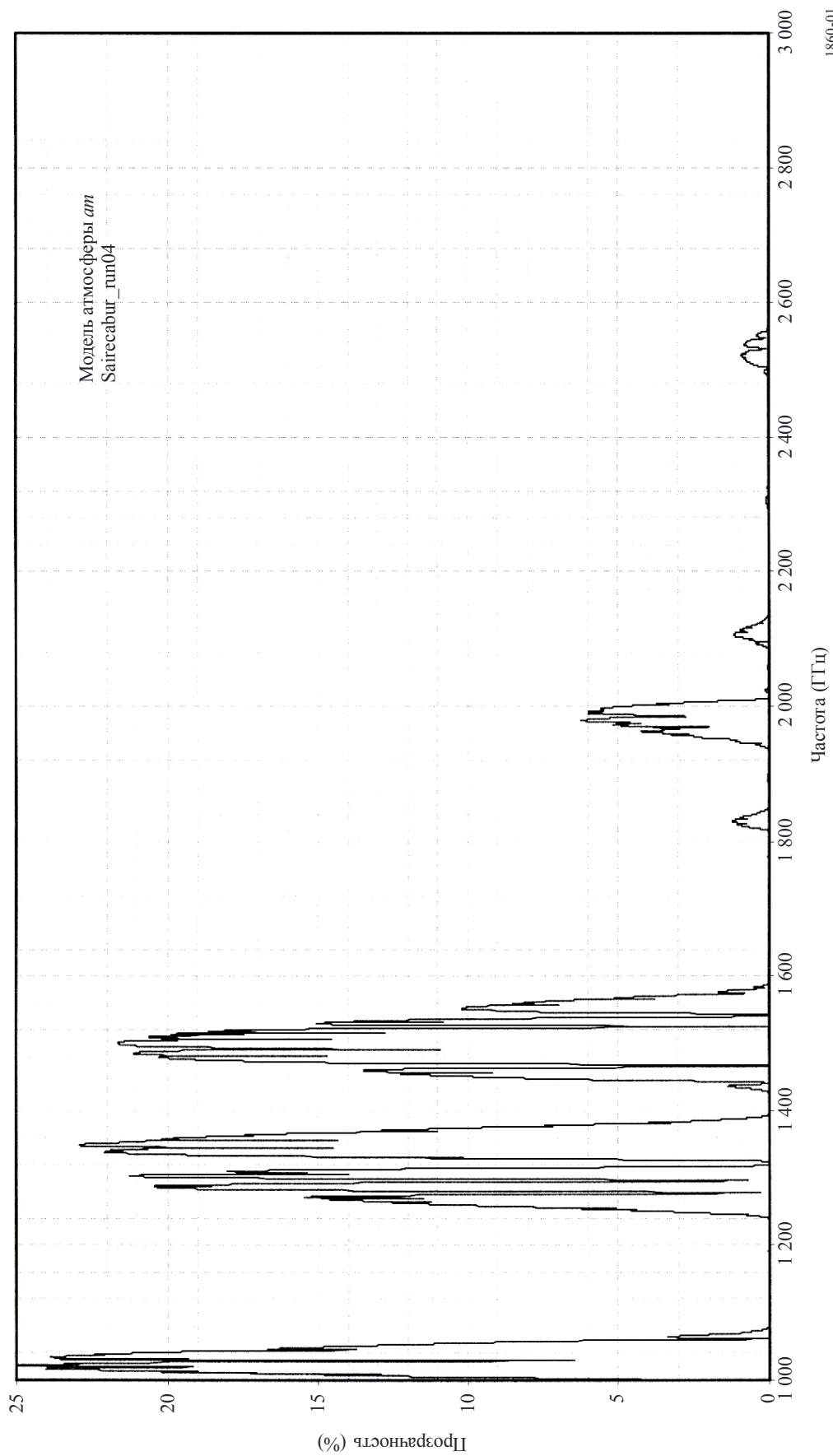


РИСУНОК 2

Вертикальное ослабление в атмосфере, рассчитанное с использованием исходных данных из п. 2 Приложения 1

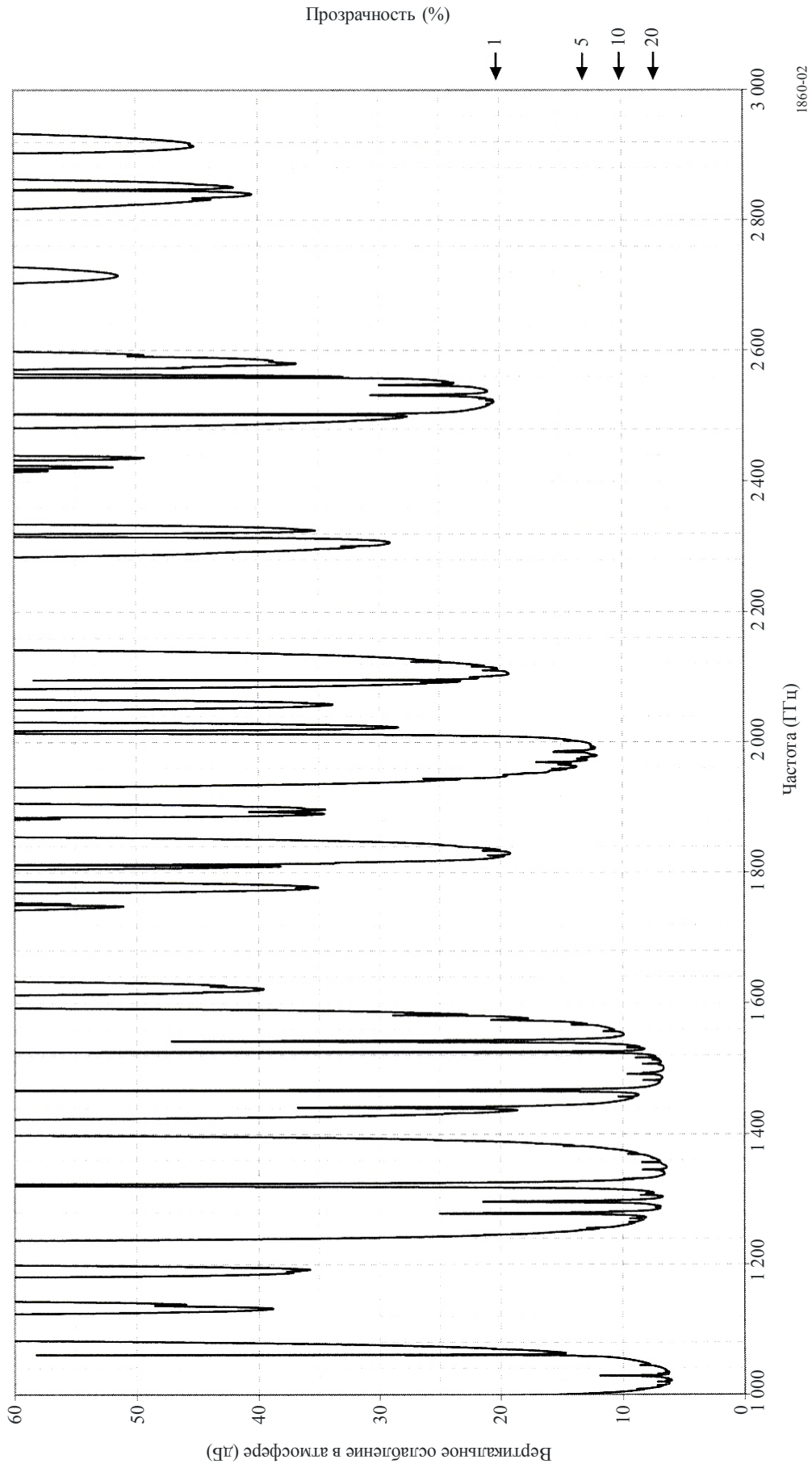
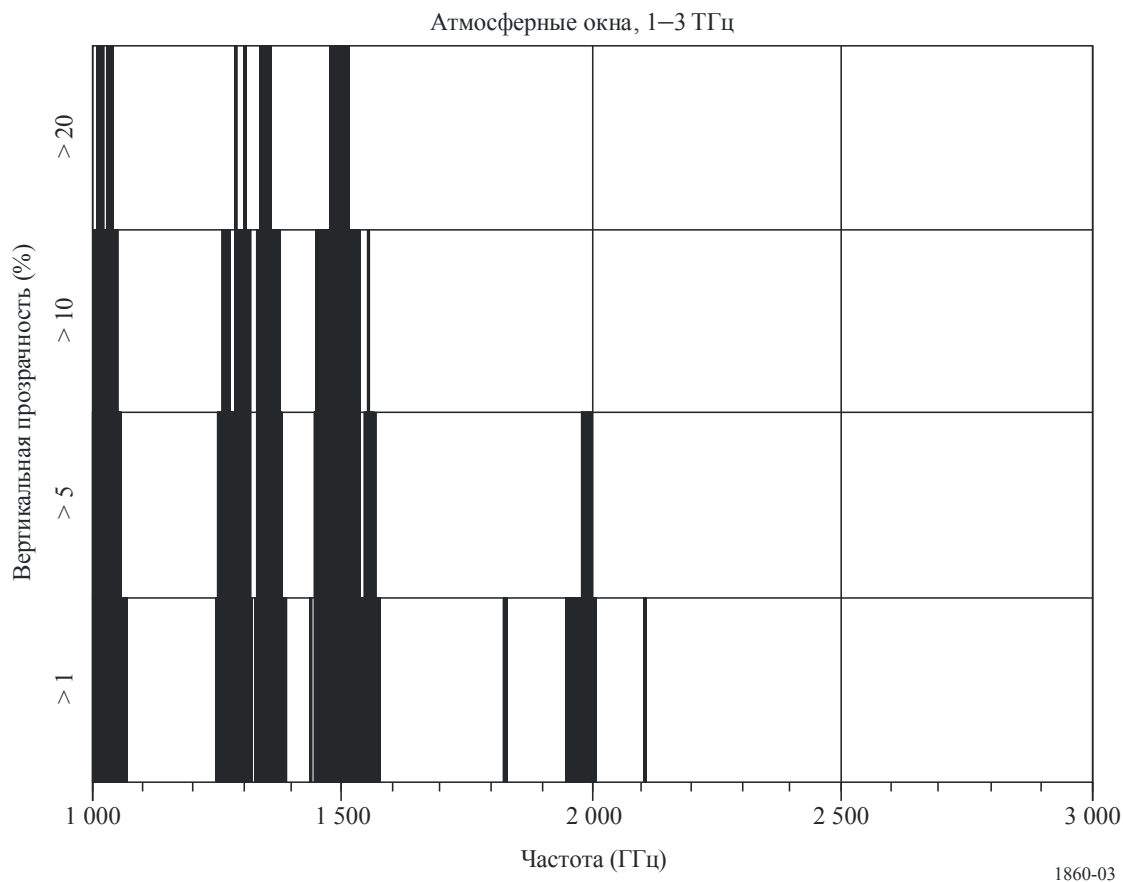


ТАБЛИЦА 2

Полосы частот на рисунке 1, в которых прозрачность атмосферы соответствует или превышает установленное значение (ГГц)

1%	5%	10%	20%
998,4–1 060,4	1 001,7–1 058,6	1 004,7–1 028,4 1 029,3–1 054,9	1 011,8–1 013,8 1 014,3–1 019,3 1 019,7–1 026,2 1 029,9–1 041,7
1 061,9–1 069,6	–	–	–
1 245,9–1 277,5	1 253,1–1 276,6	1 259,7–1 275,6	–
1 279,0–1 295,9	1 279,9–1 294,9	1 281,3–1 294,1	1 285,6–1 286,8 1 287,9–1 289,4
1 296,9–1 318,0	1 297,9–1 316,4	1 298,8–1 314,7	1 301,8–1 305,4
1 326,0–1 388,5	1 327,7–1 380,9	1 329,4–1 374,9	1 335,5–1 343,9 1 345,9–1 355,7 1 357,7–1 359,0
1 434,4–1 438,2	–	–	–
1 442,7–1 465,4	1 445,7–1 464,6	1 451,2–1 463,4	–
1 468,2–1 524,4	1 469,0–1 524,0	1 469,9–1 523,3	1 478,6–1 481,0 1 482,8–1 489,3 1 495,3–1 505,0 1 505,5–1 506,0 1 508,3–1 512,1
1 525,8–1 540,0	1 526,3–1 538,6	1 526,9–1 536,6	–
1 543,9–1 573,9	1 545,6–1 566,5 1 567,6–1 568,4	1 550,3–1 553,8	–
1 575,0–1 579,9	–	–	–
1 827,2–1 833,1	–	–	–
1 946,7–2 009,2	1 977,5–1 983,6 1 987,9–1 999,6	–	–
2 102,7–2 109,7	–	–	–

РИСУНОК 3
Графическое представление таблицы 2



На основе рассмотрения полос, в которых прозрачность атмосферы в хорошем месте для астрономических наблюдений превышает 5%, позволяя выполнять полезные наблюдения, следующие полосы являются предлагаемыми минимальными полосами для защиты радиоастрономических наблюдений, выполняемых с поверхности Земли:

ТАБЛИЦА 3
Предлагаемые минимальные полосы
для радиоастрономии наземного базирования

1 000–1 060 ГГц
1 250–1 320 ГГц
1 325–1 385 ГГц
1 445–1 540 ГГц
1 545–1 570 ГГц
1 975–2 000 ГГц

Из-за значительного ослабления в атмосфере даже в высокогорных и сухих местах радиоастрономических наблюдений наземного базирования использование полос частот выше 2000 ГГц для радиоастрономии ограничено применениями воздушного и космического базирования.