

## **Рекомендация МСЭ-R S.2158-0 (09/2023)**

Серия S: Фиксированная спутниковая служба

**Методика рассмотрения  
соответствия воздушных земных  
станций, находящихся в движении,  
которые взаимодействуют  
с геостационарными космическими  
станциями фиксированной  
спутниковой службы  
в полосе 27,5–29,5 ГГц,  
набору предварительно  
установленных пределов п.п.м.  
на поверхности Земли**

## 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 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/ru>, 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/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
<b>S</b>	<b>Фиксированная спутниковая служба</b>
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, 2024 г.

© ITU 2024

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 S.2158-0

**Методика рассмотрения соответствия воздушных земных станций, находящихся в движении, которые взаимодействуют с геостационарными космическими станциями фиксированной спутниковой службы в полосе 27,5–29,5 ГГц, набору предварительно установленных пределов п.п.м. на поверхности Земли**

(2023)

**Сфера применения**

В настоящей Рекомендации представлена методика для использования Бюро радиосвязи МСЭ при рассмотрении характеристик воздушной земной станции, находящейся в движении (А-ЕСИМ), которая работает с геостационарными спутниковыми сетями, в отношении соответствия пределам плотности потока мощности, указанным в Части II Дополнения 3 к Резолюции **169 (ВКР-19)** Регламента радиосвязи.

**Ключевые слова**

Воздушная ЕСИМ, А-ЕСИМ, ГСО, п.п.м., методика

**Сокращения/гlossарий**

А-ЕСИМ	Aeronautical earth station in motion	Воздушная земная станция, находящаяся в движении
GSO	Geostationary orbit	ГСО Геостационарная орбита

**Соответствующие Рекомендации и Отчеты МСЭ**

Рекомендация МСЭ-R P.676 "Затухание в атмосферных газах и связанное с ним воздействие"

Отчет МСЭ-R M.2221 "Возможность работы ПСС в определенных полосах частот"

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

*a)* что ВКР-19 в Резолюции **169 (ВКР-19)** Регламента радиосвязи (РР) приняла пределы плотности потока мощности (п.п.м.), применимые к воздушным земным станциям, находящимся в движении (А-ЕСИМ), которые взаимодействуют с геостационарными космическими станциями в системах фиксированной спутниковой службы (ФСС) в полосе частот 27,5–29,5 ГГц, для обеспечения защиты наземных служб;

*b)* что согласно пункту 1.2.5 раздела *решает* Резолюции **169 (ВКР-19)** Бюро должно рассмотреть характеристики А-ЕСИМ, взаимодействующих со спутниками ГСО ФСС, в отношении соответствия пределам п.п.м. на поверхности Земли, указанным в Части II Дополнения 3 к Резолюции **169 (ВКР-19)**, и опубликовать результаты такого рассмотрения в ИФИК БР;

*c)* что без надлежащей методики Бюро не может рассмотреть соответствие, указанное в пункте *b)* раздела *учитывая*;

*d)* что в Резолюции **169 (ВКР-19)** ВКР-19 предложила МСЭ-R провести соответствующие исследования для определения методики рассмотрения, упомянутого в пункте *b)* раздела *учитывая*,

*признавая,*

что в пункте 1.2.4 раздела *решает* Резолюции **169 (ВКР-19)** указано, что "положения настоящей Резолюции, включая Дополнение 3, устанавливают условия для целей защиты наземных служб от неприемлемых помех, создаваемых воздушными и морскими ЕСИМ в соседних странах в полосе частот

27,5–29,5 ГГц; вместе с тем остается в силе требование не создавать неприемлемых помех наземным службам и не требовать защиты от наземных служб, которым эта полоса частот распределена и которые работают в соответствии с Регламентом радиосвязи";

*рекомендует*

1 при расчете п.п.м., создаваемой излучениями А-ESIM, взаимодействующей со спутниками ГСО ФСС на поверхности Земли, и оценке соответствия пределам п.п.м., указанным в Дополнении 3 к Части II Резолюции **169 (ВКР-19)**, учитывать методику, определенную в Приложении;

2 считать следующие примечания частью настоящей Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – При применении настоящей Рекомендации следует принимать во внимание пункт а) приведенного выше раздела *признавая*.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В отношении работы с шириной полосы излучения, меньшей чем эталонная ширина полосы, данная методика применима при условии подтверждения заявляющей администрацией, что А-ESIM использует только одно излучение в эталонной ширине полосы. В случае отсутствия такого подтверждения данная методика неприменима.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Результаты рассмотрения должны быть опубликованы в соответствии с выходным форматом, определенным в Приложении.

## Приложение

### **Методика рассмотрения п.п.м. на поверхности Земли, создаваемой излучениями А-ESIM, взаимодействующей со спутниками ФСС ГСО, и соответствия предварительно установленным пределам п.п.м.**

#### **1 Обзор**

Приведенная ниже методика представляет собой функциональное описание для рассмотрения А-ESIM, работающих со спутниковыми сетями ГСО, и их соответствия пределам п.п.м., указанным в Части II Дополнения 3 к Резолюции **169 (ВКР-19)**.

#### **2 Параметры А-ESIM, необходимые для рассмотрения**

Для надлежащего рассмотрения А-ESIM и их соответствия пределам п.п.м. необходимы следующие параметры:

- название спутниковой сети;
- долгота спутника ГСО;
- границы широты зоны обслуживания ГСО;
- границы долготы зоны обслуживания ГСО;
- пиковое усиление антенны А-ESIM;
- плотность мощности и ширина полосы А-ESIM, приведенные в таблице 1;
- маска ослабления в фюзеляже, выраженная как функция угла под горизонтом А-ESIM на основе Отчетов или Рекомендаций МСЭ-R.

### 3 Методика рассмотрения

#### 3.1 Введение

A-ESIM может работать в разных по широте, долготе и высоте местах. Данная методика определяет максимально допустимую мощность  $P_j$  для передатчика A-ESIM, осуществляющего связь со спутником ГСО ФСС, чтобы обеспечить соответствие предварительно установленным пределам п.п.м. для установленного набора диапазонов высот в целях защиты наземных служб во всех позициях. Эта методика позволяет получить  $P_j$  с учетом соответствующих потерь и ослабления в рассматриваемой геометрии.

Затем по методике проводится сравнение вычисленного значения  $P_j$  с диапазоном заявленной мощности излучения A-ESIM. Минимальное и максимальное значения мощности излучения A-ESIM –  $P_{\min\_emission,j}$  и  $P_{\max\_emission,j}$  – рассчитываются на основе данных, включенных в информацию для заявления по Приложению 4 спутниковой сети ГСО, с которой взаимодействует A-ESIM, и характеристик A-ESIM.

Оценка A-ESIM проводится по нескольким заранее определенным диапазонам высот в целях установления ряда уровней  $P_j$ .

В ходе рассмотрения Бюро следует применять эту методику для установленного диапазона высот, чтобы определить, соответствует ли работа A-ESIM в данной спутниковой сети ГСО предварительно установленным пределам п.п.м. для защиты наземных служб.

#### 3.2 Параметры и геометрия

На основе гипотетической сети ГСО ФСС в нижеприведенной таблице 1 представлен пример излучений, которые включены в одну группу, относящуюся к классу UO земных станций, ведущих передачу в полосе 27,5–29,5 ГГц. В таблицах 2–4 приведены дополнительные допущения, а на рисунке 1 представлено описание геометрии, используемой при рассмотрении.

ТАБЛИЦА 1

Пример группы излучений A-ESIM (со ссылкой на соответствующие поля данных Приложения 4 к РР)

Излучение №	С.7.а Обозначение излучения	BW <sub>emission</sub> (МГц)	С.8.с.3 Минимальная плотность мощности (дБ(Вт/Гц))	С.8.а.2/С.8.б.2 Максимальная плотность мощности (дБ(Вт/Гц))
1	6M00G7W--	6,0	-69,7	-66,0
2	6M00G7W--	6,0	-64,7	-61,0
3	6M00G7W--	6,0	-59,7	-56,0

ТАБЛИЦА 2

## Примеры дополнительных допущений

Идентификатор	Параметр	Обозначение	Значение	Единицы измерения
1	Частотное присвоение	$f$	29,5	ГГц
2	Эталонная полоса маски п.п.м.	$BW_{Ref}$	1,0 или 14,0 в зависимости от рассматриваемой высоты	МГц
3	Долгота спутника ГСО	$GSO_{lon}$	13,0	Градусы в. д.
4	Границы широты зоны обслуживания ГСО	$GSO_{srvLat}$	(23,55; 63,55)	Градусы с. ш.
5	Границы долготы зоны обслуживания ГСО	$GSO_{srvLon}$	(-9,72; 30,28)	Градусы в. д.
6	Пиковое усиление антенны А-ESIM	$G_{max}$	37,5	дБи
7	Диаграмма усиления антенны А-ESIM	—	В соответствии с Рекомендацией МСЭ-R S.580 (см. С.10.d.5.a)	

ТАБЛИЦА 3

## Дополнительные допущения, определенные в методике

Идентификатор	Параметр	Обозначение	Значение	Единицы измерения
8	Минимальный угол места А-ESIM в направлении к спутнику ГСО	$\varepsilon$	10	Градусы
9	Атмосферное затухание	$L_{atm}$	Вычисляется в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R P.676 (см. Примечание, ниже)	дБ
10	Угол прихода падающей волны над поверхностью Земли	$\delta$	Определяется предварительно установленными наборами пределов п.п.м., варьируется от 0° до 90°	Градусы
11	Минимальная рассматриваемая высота	$H_{min}$	0,01	км
12	Максимальная рассматриваемая высота	$H_{max}$	15,0	км
13	Расстояние между рассматриваемыми высотами <sup>1</sup>	$H_{step}$	1,0	км

<sup>1</sup> Четвертое значение высоты ( $H_4$ ), вычисленное в соответствии с этим интервалом  $H_{step}$ , корректируется до 2,99 км, чтобы облегчить рассмотрение соответствия двум наборам предварительно установленных значений п.п.м., указанных в таблицах 5 и 6.

ТАБЛИЦА 3 (окончание)

Идентификатор	Параметр	Обозначение	Значение	Единицы измерения
14	Ослабление в фюзеляже	$L_f$	Вычисляется в соответствии с Отчетами или Рекомендациями МСЭ-R (см. таблицу 4)	дБ

ПРИМЕЧАНИЕ. – Атмосферное затухание вычисляется в соответствии с Рекомендацией МСЭ-R P.676 с использованием значений среднегодовой глобальной эталонной атмосферы, определенных в Рекомендации МСЭ-R P.835.

РИСУНОК 1

Геометрия для рассмотрения соответствия для двух различных высот A-ESIM

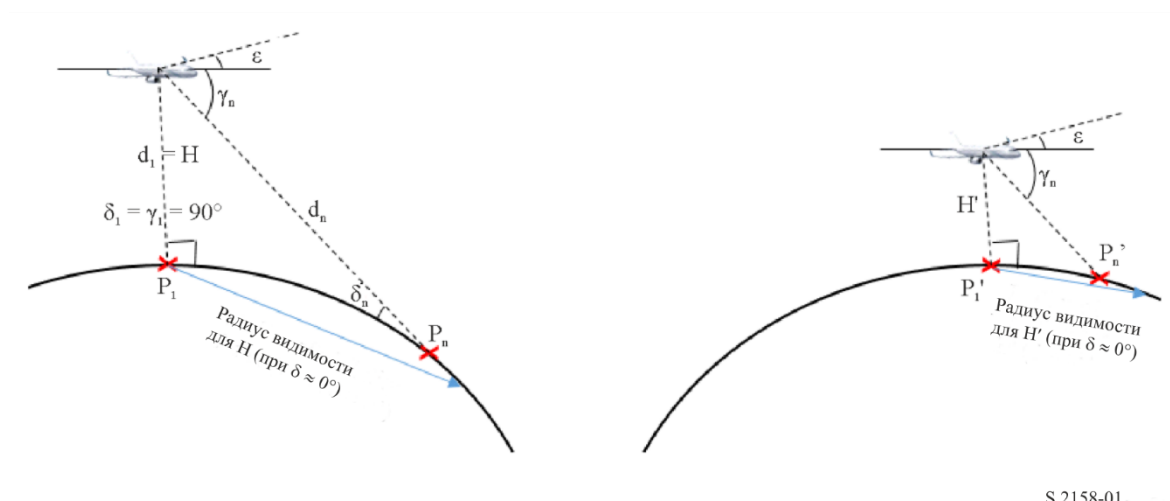


ТАБЛИЦА 4

Модель ослабления в фюзеляже

$L_{fuse}(\gamma) = 3,5 + 0,25 \cdot \gamma$	дБ	при	$0^\circ \leq \gamma \leq 10^\circ$
$L_{fuse}(\gamma) = -2 + 0,79 \cdot \gamma$	дБ	при	$10^\circ < \gamma \leq 34^\circ$
$L_{fuse}(\gamma) = 3,75 + 0,625 \cdot \gamma$	дБ	при	$34^\circ < \gamma \leq 50^\circ$
$L_{fuse}(\gamma) = 35$	дБ	при	$50^\circ < \gamma \leq 90^\circ$

#### Примечания

- Данная модель ослабления в фюзеляже основана на измерениях, проведенных на частоте 14,2 ГГц (см. рисунок 3.6-14 в Отчете МСЭ-R M.2221).

Таблицы 5 и 6 представлены согласно Части II Дополнения 3 к Резолюции 169 (ВКР-19). Эталонная ширина полосы для наборов пределов п.п.м., включенных в таблицы 5 и 6, составляет 1 МГц и 14 МГц соответственно.

ТАБЛИЦА 5

## Требуемое соответствие маски п.п.м. для высот не более 3 км

$\text{pfd}(\delta) = -136,2$	(дБ(Вт/(м <sup>2</sup> · 1 МГц)))	при $0^\circ \leq \delta \leq 0,01^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -132,4 + 1,9 \cdot \log \delta$	(дБ(Вт/(м <sup>2</sup> · 1 МГц)))	при $0,01^\circ < \delta \leq 0,3^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -127,7 + 11 \cdot \log \delta$	(дБ(Вт/(м <sup>2</sup> · 1 МГц)))	при $0,3^\circ < \delta \leq 1^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -127,7 + 18 \cdot \log \delta$	(дБ(Вт/(м <sup>2</sup> · 1 МГц)))	при $1^\circ < \delta \leq 12,4^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -108$	(дБ(Вт/(м <sup>2</sup> · 1 МГц)))	при $12,4^\circ < \delta \leq 90^\circ$

ТАБЛИЦА 6

## Требуемое соответствие маски п.п.м. для высот более 3 км

$\text{pfd}(\delta) = -124,7$	(дБ(Вт/(м <sup>2</sup> · 14 МГц)))	при $0^\circ \leq \delta \leq 0,01^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -120,9 + 1,9 \cdot \log \delta$	(дБ(Вт/(м <sup>2</sup> · 14 МГц)))	при $0,01^\circ < \delta \leq 0,3^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -116,2 + 11 \cdot \log \delta$	(дБ(Вт/(м <sup>2</sup> · 14 МГц)))	при $0,3^\circ < \delta \leq 1^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -116,2 + 18 \cdot \log \delta$	(дБ(Вт/(м <sup>2</sup> · 14 МГц)))	при $1^\circ < \delta \leq 2^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -117,9 + 23,7 \cdot \log \delta$	(дБ(Вт/(м <sup>2</sup> · 14 МГц)))	при $2^\circ < \delta \leq 8^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -96,5$	(дБ(Вт/(м <sup>2</sup> · 14 МГц)))	при $8^\circ < \delta \leq 90,0^\circ$

## 3.3 Алгоритм расчета

В настоящий раздел включено пошаговое описание того, как будет реализована методика рассмотрения.

**НАЧАЛО**

i) Для каждой высоты A-ESIM необходимо рассчитать столько углов  $\delta_n$  (угол прихода падающей волны), сколько требуется для проверки полного соответствия применимому набору пределов п.п.м.  $N$  углов  $\delta_n$  должны включать диапазон от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  и иметь разрешение, совместимое с дроблением предварительно установленных пределов п.п.м. Каждому из углов  $\delta_n$  будет соответствовать такое же число  $N$  точек на земной поверхности.

ii) Для каждой высоты  $H_j = H_{min}, H_{min} + H_{step}, \dots, H_{max}$ :

a) установить высоту A-ESIM на  $H_j$ ;

b) вычислить углы под горизонтом  $\gamma_{j,n}$ , видимые с A-ESIM, для каждого из  $N$  углов  $\delta_n$ , полученных в пункте i), используя следующее уравнение:

$$\gamma_{j,n} = \arccos \left( \frac{R_e \cdot \cos(\delta_n)}{R_e + H_j} \right), \quad (1)$$

где  $R_e$  – средний радиус Земли;

c) вычислить расстояние  $D_{j,n}$  в км для  $n = 1, \dots, N$  между A-ESIM и проверяемой точкой на земной поверхности:

$$D_{j,n} = \sqrt{R_e^2 + (R_e + H_j)^2 - 2 R_e (R_e + H_j) \cos(\gamma_n - \delta_n)}; \quad (2)$$

d) вычислить ослабление в фюзеляже  $L_{f,j,n}$  (дБ) при  $n = 1, \dots, N$  применительно к каждому из углов  $\gamma_{j,n}$ , рассчитанных в пункте b), выше;

e) вычислить поглощение в газах  $L_{atm,j,n}$  (дБ) при  $n = 1, \dots, N$  применительно к каждому из расстояний  $D_{j,n}$ , вычисленных в пункте c), выше, с использованием соответствующих разделов Рекомендации МСЭ-R P.676.



iii)

- а) Для каждой высоты  $H_j = H_{min}, H_{min} + H_{step}, \dots, H_{max}$  и каждого угла под горизонтом  $\gamma_{j,n}$  рассчитать максимальную мощность излучения в эталонной ширине полосы  $P_{j,n}(\delta_n, \gamma_{j,n})$ , в отношении которой обеспечивается соответствие пределам п.п.м., с использованием следующего алгоритма:

$$P_{j,n}(\delta_n, \gamma_{j,n}) = pfd(\delta_n) + 10 \log_{10}(4\pi(D_{j,n} \cdot 1000)^2) + L_{f j,n} + L_{atm,j,n} - Gtx(\gamma_{j,n} + \varepsilon),$$

где  $Gtx(\gamma_{j,n} + \varepsilon)$  – усиление передающей антенны с внеосевым углом от направления прицеливания, представляющим собой сумму обоих углов  $\gamma_{j,n}$  и минимального угла места  $\varepsilon$ , равного  $10^\circ$ , как определено в таблице 3.

- б) Вычислить минимальное значение  $P_j$  по всем значениям, рассчитанным на предыдущем этапе:

$$P_j = \text{Min}(P_{j,n}(\delta_n, \gamma_{j,n})).$$

Результатом этого этапа является максимальная мощность в эталонной ширине полосы, которая может использоваться А-ЕСИМ для обеспечения соответствия пределам п.п.м., указанным в таблице 5 или 6, в зависимости от ситуации, относительно всех углов  $\delta_n$  на высоте  $H_j$  и угла места, указанного в таблице 3. Для каждой из рассматриваемых высот  $H_j$  будет одно значение  $P_j$ .

Результат этапа б) кратко представлен в таблице 7.

ТАБЛИЦА 7

Рассчитанные значения  $P_j$ 

$H_j$ (высота) (км)	$P_j$ (максимальная мощность в эталонной ширине полосы, которая может использоваться при минимальном угле места) (дБ(Вт/ВВ))
0,01	Подлежит определению
1,0	Подлежит определению
2,0	Подлежит определению
2,99	Подлежит определению
4,0	Подлежит определению
5,0	Подлежит определению
6,0	Подлежит определению
7,0	Подлежит определению
8,0	Подлежит определению
9,0	Подлежит определению
10,0	Подлежит определению
11,0	Подлежит определению
12,0	Подлежит определению
13,0	Подлежит определению
14,0	Подлежит определению
15,0	Подлежит определению

- с) Для каждой  $H_j = H_{min}, H_{min} + H_{step}, \dots, H_{max}$  и каждого из излучений в рассматриваемых группах излучений рассчитать минимальную и максимальную мощность излучения в эталонной ширине полосы:

$P_{min\_emission,j}$  = Минимальная плотность мощности (Излучение, дБВт/Гц + 10 \* log<sub>10</sub> (BW));

$P_{max\_emission,j}$  = Максимальная плотность мощности (Излучение, дБВт/Гц + 10 \* log<sub>10</sub> (BW));

BW (ширина полосы) в Гц составляет:

$BW_{Ref}$  при  $BW_{Ref} = 1$  МГц;

$BW_{Ref}$  при  $BW_{Ref} = 14$  МГц и  $BW_{emission} \geq BW_{Ref}$ ;

$BW_{emission}$  при  $BW_{Ref} = 14$  МГц и  $BW_{emission} < BW_{Ref}$ .

- д) Для каждого излучения в рассматриваемых группах излучений проверить, существует ли хотя бы одна высота  $H_j$ , для которой

$$P_{max\_emission,j} > P_j > P_{min\_emission,j}$$

Результаты этой проверки показаны в таблице 8.

ТАБЛИЦА 8

Пример сравнения значений  $P_j$  и ( $P_{min\_emission,j}$ ;  $P_{max\_emission,j}$ )

Излучение №	С.7.а Обозначение излучений	$BW_{emission}$ (МГц)	С.8.с.3 Минимальная плотность мощности (дБ(Вт/Гц))	С.8.а.2/С.8.б.2 Максимальная плотность мощности (дБ(Вт/Гц))	Наименьшая высота $H_j$ (км), для которой $P_{max\_emission,j} > P_j > P_{min\_emission,j}$
1	6M00G7W--	6,0	-69,7	-66,0	Подлежит определению
2	6M00G7W--	6,0	-64,7	-61,0	Подлежит определению
3	6M00G7W--	6,0	-59,7	-56,0	Подлежит определению

- е) В зависимости от результатов проверки, подробно описанной в подпункте iii) пункта д), выше, проведенной для всех излучений из рассматриваемой группы, Бюро выносит либо благоприятное заключение в отношении этой группы после исключения излучений, не прошедших проверку при рассмотрении, либо неблагоприятное (в случае если ни одно из излучений не прошло проверку при рассмотрении).
- iv) Результаты применения этой методики должны, как минимум, включать:
- итоговые параметры, приведенные в таблице 7;
  - результаты рассмотрения по каждой группе;
  - для тех случаев, когда одни излучения успешно прошли проверку, а другие нет – результаты рассмотрения сформировавшейся новой группы, включающей только те излучения, которые успешно прошли проверку при рассмотрении.