|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Бюро радиосвязи (БР)** | | |
| Административный циркуляр  **CACE/1151** | | 8 августа 2025 года |
|  | | |
|  | | |
| **Администрациям Государств – Членов МСЭ, Членам Сектора радиосвязи, Ассоциированным членам МСЭ-R и Академическим организациям − Членам МСЭ** | | |
|  | | |
|  | | |
| Предмет: | **Предложение администрациям рекомендовать экспертам и ученым из академических организаций и НИИ принять участие в работе  3-й Исследовательской комиссии МСЭ-R и внести в нее свой вклад** | |
|  |
|  |
|  | | |
|  | | |

# 1 Введение

На собрании Консультативной группы по радиосвязи, состоявшемся 14–17 апреля 2025 года, Группа просила Директора Бюро радиосвязи рассмотреть возможность выпуска циркулярного письма с предложением администрациям рекомендовать экспертам и ученым из академических организаций и научно-исследовательских институтов принять участие в работе 3-й Исследовательской комиссии МСЭ-R и внести в нее вклад (см. краткий обзор выводов 32‑го собрания Консультативной группы по радиосвязи в Административном циркуляре [CA/277](https://www.itu.int/md/R00-CA-CIR-0277/en)). На этом собрании была отмечена важность деятельности рабочих групп 3-й Исследовательской комиссии МСЭ-R для проектирования систем радиосвязи и оценки помех между такими системами, и эта важность подтверждается статистикой загрузок Рекомендаций МСЭ-R, среди которых серия P на протяжении более чем 15 лет неизменно остается наиболее загружаемой.

# 2 Цель Циркулярного письма

Цель настоящего Циркулярного письма состоит в том, чтобы предложить всем администрациям Государств-Членов и Членам Сектора радиосвязи поощрять участие научно-исследовательских институтов и академических организаций, расположенных в их странах, в деятельности рабочих групп 3-й Исследовательской комиссии МСЭ-R и оказывать им содействие.

Следующие собрания Рабочих групп 3J, 3K, 3L и 3M МСЭ-R планируются к проведению в Женеве 15−25 июня 2026 года, а 26 июня 2026 года должно состояться собрание 3-й Исследовательской комиссии МСЭ-R. Участвовать в этих собраниях возможно как в очном, так и дистанционном формате. Вклады к этим собраниям следует представить в секретариат МСЭ-R не позднее 16 час. 00 мин. UTC 3 июня 2026 года по электронной почте: [brsgd@itu.int](mailto:brsgd@itu.int).

# 3 Деятельность 3-й Исследовательской комиссии МСЭ-R

На своем собрании 6 июня 2025 года 3-я Исследовательская комиссия МСЭ-R приняла решение сохранить в своем составе четыре рабочие группы, пересмотрела их круг ведения и избрала их председателей и заместителей председателей (см. Приложение 1). Прогресс в работе рабочих групп 3-й Исследовательской комиссии МСЭ-R по-прежнему в значительной степени зависит от достижений научно-исследовательских институтов и академических организаций, а также от вклада членов, которые активно работают в области моделирования прогнозирования распространения радиоволн. Каждая рабочая группа ведет работу в рамках своей программы по темам, для которых такой вклад особенно актуален (см. Приложение 2). В период между ежегодными собраниями рабочих групп продолжается работа по конкретным вопросам в специально созданных группах, работающих по переписке. Списки работающих по переписке групп в составе каждой рабочей группы приведены в Приложении 3.

3-я Исследовательская комиссия МСЭ-R ведет банк данных по измерениям различных явлений, имеющих отношение к моделированию распространения радиоволн. Такие измерения крайне важны для разработки моделей и подтверждения их точности. Кроме того, такие измерения должны быть репрезентативными для возможно большего числа географических регионов и радиоклиматических зон. По этой причине измерения в полосах частот и в географических регионах, которые не представлены в банках данных 3-й Исследовательской комиссии МСЭ-R, прежде всего в развивающихся странах, особенно странах, находящихся в тропических и сходных с ними зонах, отвечают пункту *a)* раздела *сознавая* Резолюции **5 (Пересм. ВКР-23)** "Техническое сотрудничество с развивающимися странами в вопросах исследования распространения радиоволн в тропических и сходных с ними зонах" и имели бы огромную ценность. В связи с этим администрациям, территории которых расположены в таких зонах, настоятельно рекомендуется передавать результаты измерений в рабочие группы 3-й Исследовательской комиссии МСЭ-R и поддерживать участие экспертов в области распространения радиоволн в деятельности этих рабочих групп.

Многие Рекомендации серии Р включают в себя сложные алгоритмы, и в последние годы предпринимаются значительные усилия по разработке программных реализаций этих комплексных методов, которые находятся в свободном доступе на веб-странице программного обеспечения 3‑й Исследовательской комиссии (<https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg3/Pages/iono-tropo-spheric.aspx>). Программная реализация Рекомендаций серии Р также приветствуется.

Марио Маневич  
Директор

**Приложения**: 3

Приложение 1

Организация работы 3-й Исследовательской комиссии МСЭ-R

После консультаций в соответствии с разделами A1.3.1.4, A1.3.1.4*bis* и A1.3.1.4*ter* Резолюции [МСЭ-R 1-9](https://www.itu.int/pub/R-RES-R.1) 3-я Исследовательская комиссия МСЭ-R на собрании 6 июня 2025 года приняла решение сохранить в своем составе четыре рабочие группы (РГ), обязанности которых, а также председатели и заместители председателей указаны ниже.

# 1 [Рабочая группа 3J](https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg3/rwp3j/Pages/default.aspx) – Основные принципы распространения радиоволн в неионизированной среде

Рабочая группа 3J отвечает за предоставление информации и разработку моделей, описывающих основные принципы и механизмы распространения радиоволн в неионизированной среде. Другие рабочие группы 3-й Исследовательской комиссии используют эти результаты в качестве основы для разработки методов прогнозирования распространения радиоволн.

Председатель: д-р Лоран КАСТАНЭ (Dr Laurent CASTANET) (F)

Заместитель председателя: г-н Эрик ХИЛЛ (Mr Eric HILL) (USA)

# 2 [Рабочая группа 3K](https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg3/rwp3k/Pages/default.aspx) – Прогнозирование распространения радиоволн для трасс распространения из пункта в зону

Рабочая группа 3K отвечает за разработку методов прогнозирования распространения радиоволн для трасс связи пункта с зоной, связанных с наземными и воздушными станциями, в неионизированной среде для полос частот выше 30 МГц.

Председатель: д-р Хадзимэ СУЗУКИ (Dr Hajime SUZUKI) (AUS)

Заместитель председателя: д-р Ватару ЯМАДА (Dr Wataru YAMADA) (J)

# 3 [Рабочая группа 3L](https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg3/rwp3l/Pages/default.aspx) – Прогнозирование ионосферного распространения и распространения земной волны и радиошум

Рабочая группа 3L отвечает за предоставление информации и разработку моделей, описывающих основные принципы и механизмы распространения радиоволн в ионизированной среде и через нее, а также за разработку методов прогнозирования распространения земной волны между наземными станциями на частотах ниже 30 МГц и трассами, затронутыми ионосферой. Она также занимается тематикой, связанной с радиошумом, возникающим от природных и техногенных источников, и количественным определением уровня такого шума.

Председатель: д-р Анжело КАНАВИТСАС (Dr Angelo CANAVITSAS) (B)

Заместители председателя: г-н Адам ХИКС (Mr Adam HICKS) (USA), г-н Сок-Хи ПЭ (Mr Seok-Hee BAE) (KOR)

# 4 [Рабочая группа 3M](https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg3/rwp3m/Pages/default.aspx) – Прогнозирование распространения радиоволн для трасс связи пункта с пунктом и трасс между Землей и космосом

Рабочая группа 3M отвечает за разработку методов прогнозирования распространения радиоволн и оптического сигнала для трасс связи пункта с пунктом, относящихся к наземным, воздушным, морским и космическим станциям на частотах выше 30 МГц, а также для трасс Земля-космос, космос-Земля и космос-космос.

Председатель: д-р Ричард РАДД (Dr Richard RUDD) (G)

Заместители председателя: д-р Лэкэ ЛИНЬ (Dr Leke LIN) (CHN), д-р Реза АРЕФИ (Dr Reza AREFI) (USA) и д-р Ольга ЯСТРЕБЦОВА (RUS)

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Направления продолжающейся работы в рамках программ рабочих групп   
3-й Исследовательской комиссии МСЭ-R

# 1 Рабочая группа 3J – Основные принципы распространения радиоволн в неионизированной среде

Влияние чистой атмосферы

• Для прогнозирования распространения под малым углом необходима улучшенная параметризация входных радиометеорологических переменных, что обеспечивает более точную оценку искажений, в частности влияния многолучевого распространения при распространении над поверхностью моря и в высоких широтах. Необходимо усовершенствовать моделирование замираний из-за рефракции на трассах с малыми углами, а также упростить методы оценки ослабления в атмосферных газах на трассах с углами менее 5°.

• Необходимо рассмотреть и проверить точность оценки индекса рефракции в атмосфере и тропосферного увеличения длины трассы (изменчивость) с использованием новых экспериментальных таблиц климатологических параметров, для которых требуются новые данные для оценки погрешности прогнозирования. Необходимо продолжить разработку моделей, учитывающих индекс рефракции радиоволн в атмосфере и его влияние на распространение радиоволн.

• Необходимо внести обновления в модели увеличения длины трассы, чтобы отразить использование новых радиометеорологических данных, которые можно применить при расчете параметров модели (таких как средняя температура столба водяного пара и др.) в разбивке по месяцам/суткам.

• Для совершенствования Рекомендации [МСЭ-R P.676](https://www.itu.int/rec/R-REC-P.676/en) необходим обзор измерений линий поглощения в атмосферных газах для всего диапазона атмосферных параметров в разных атмосферных условиях (тропосфера и стратосфера).

• Для пересмотра Рекомендации [МСЭ-R P.1621](https://www.itu.int/rec/R-REC-P.1621/en) следует усовершенствовать моделирование ослабления вследствие поглощения в атмосферных газах и связанных с этим эффектов для проектирования систем связи Земля-космос, работающих в диапазоне частот от 20 ТГц до 375 ТГц.

Влияние облаков и осадков

• Для совершенствования Рекомендации [МСЭ-R P.837](https://www.itu.int/rec/R-REC-P.837/en) необходимо расширение статистического моделирования пространственной и временной изменчивости осадков. Необходимо повысить точность логарифмически нормальной модели, основываясь на экспериментальных наблюдениях в конкретных климатических условиях. Исследования по этим темам способны повысить точность модели осадков из Рекомендации МСЭ-R P.837.

• Совершенствование модели высоты слоя дождя на основе новых объединенных данных для изучения взаимосвязи высоты изотермы 0° с облаками и осадками.

• Для оценки моделей ослабления из-за облачности применительно к диапазону частот от 20 ТГц до 375 ТГц необходимы данные наземных микроволновых радиометров. Требуется исследовать взаимосвязь между появлением облаков и осадками с целью получения в долгосрочной перспективе статистических данных о содержании жидкости в облаках при наличии осадков и в условиях ясного неба.

• Для анализа надежности систем (например, систем радиосвязи, обеспечивающих безопасность человеческой жизни и являющихся критически важными) необходимы оценка и определение характеристик периода повторения случаев экстремальных осадков.

• В рамках изучения деполяризации и ослабления в атмосфере необходимо разработать модели общего содержания льда в облаках, а также микрофизических свойств частиц облаков и осадков.

• Необходимо обработать данные о микрофизических свойствах частиц осадков (например, данные дисдрометров), которые следует расширить, включив в них данные дополнительных приборов и новые результаты экспериментов.

• Требуется усовершенствовать определение параметров погонного ослабления в дожде, в том числе влияния многократного рассеяния электромагнитных волн в осадках, в диапазоне частот 100–200 ГГц с возможным расширением до 1000 ГГц, с использованием статистических свойств характеристик распределения капель по размерам, полученных на основе данных длительных экспериментов.

Глобальное отображение и статистические аспекты

• Были составлены карты параметров атмосферы, полученные с использованием новейших цифровых устройств с высоким разрешением. Необходимо согласовать для карт параметры, которые еще не были разработаны (высота слоя дождя, показатель рефракции, содержание льда и т. д.).

• Должны быть исследованы межмесячные и межсезонные колебания (тот или иной месяц либо сезон одного года в сравнении с тем же месяцем либо сезоном другого года) ослабления в дожде и интенсивности дождевых осадков, а также межгодовая изменчивость ослабления в водяном паре и облаках.

• Требуют дальнейшего развития методы синтеза временных рядов, особенно для систем НГСО.

Влияние препятствий и растительности

• В связи с большим разнообразием растительности и сложностью ее классификации требуются результаты экспериментов и практические методы расчета для оценки потерь, связанных с растительностью.

• Необходимо усовершенствовать модель распространения радиоволн над местностью при уделении особого внимания трассам, не проходящим по дуге большого круга, с учетом отражения и рассеяния, в том числе моделирование влияния изменения высоты рельефа перпендикулярно направлению распространения. Кроме того, возрастает потребность в оценке статистических данных о потерях при моделировании городской среды и рельефа местности, что требует применения методов трехмерного моделирования и определения того, какой тип информации наилучшим образом характеризует соответствующую среду.

• Необходимы данные измерений, таких как измерения зоны покрытия радиовещания, для того чтобы определить, как учитывать потери, вызванные отражением от препятствий, на наземных трассах распространения сигнала от высокой точки к низкой.

• Существует необходимость в подробной информации о характеристиках диффузного рассеяния от поверхностей зданий.

• Необходимы данные измерений для разработки моделей коэффициента отражения различных типов поверхности Земли для диапазона частот, используемых датчиками спутниковой службы исследования Земли (пассивной и активной).

• Требуется дальнейшее усовершенствование моделирования распространения радиоволн в лунной среде.

# 2 Рабочая группа 3K – Прогнозирование распространения радиоволн для трасс распространения из пункта в зону

• Необходимо продолжить разработку моделей распространения, которые могли бы обеспечить надежное прогнозирование основных потерь передачи как для наземных трасс, так и для трасс воздух-земля, которые включают плотную городскую, городскую, пригородную и сельскую среду, с учетом неоднородности рельефа на трассе, поведения "установившегося поля", характерного для распространения над крышами за счет дифракции в более плотно застроенной квазигладкой среде, а также наличия препятствий на местности и влияния кривизны Земли в менее плотно застроенной или богатой растительностью среде, а также на более протяженных трассах.

– Эти модели должны также учитывать изменчивость во времени и местоположении напряженности поля/основных потерь передачи на трассе таким образом, чтобы это соответствовало высоте терминалов, окружающей их среде и длине трассы, а также механизмы распространения, такие как аномальное распространение, волноводное распространение и тропосферное рассеяние.

– Трехмерная информация о расположении зданий и растительности, зонах охвата и высотах должна быть доступна во всех цифровых базах данных в форматах, подходящих для извлечения данных для применений в области распространения радиоволн в целях использования в таких моделях.

– Разработка метода(ов) извлечения профилей рельефа и препятствий из цифровых моделей рельефа и поверхности вдоль геодезической линии между терминалами, включая программное обеспечение и данные проверки для этого типа анализа.

• Требуется расширить применимые диапазоны частот в моделях, чтобы учесть растущее значение процессов многократного отражения и рассеяния, включая рассеяние гидрометеорами, а также поглощения в газах на частотах выше примерно 20 ГГц.

• Для моделей распространения, используемых при планировании систем и в исследованиях межсистемной электромагнитной совместимости, требуются усовершенствованные модели потерь на входе в здание, в частности способы сочетания потерь на входе в здание и потерь из-за отражения от препятствий.

• Требуются дополнительные данные измерений и результаты моделирования для продолжения разработки методов, используемых для планирования систем радиосвязи внутри помещения и систем радиосвязи вне помещения малого радиуса действия, локальных радиосетей и наземных широкополосных систем радиодоступа.

• При разработке моделей распространения радиоволн необходимо учитывать полные интегральные функции распределения, т. е. повышение (усиление) и понижение (замирание) уровня сигнала во времени относительно медианного значения.

• Требуются методы моделирования совокупных источников помех с корреляцией и без корреляции.

• Требуется дальнейшая разработка методов прогнозирования профиля задержки для широкополосных сухопутных подвижных служб, использующих диапазоны УВЧ и СВЧ, с расширением области применения до бóльших расстояний.

• Требуется дальнейшее улучшение методов прогнозирования распространения радиоволн для оценки влияния сверхширокополосных устройств.

• В сценариях малой дальности следует учитывать методы разнесения (в пространстве, по поляризации, секторам антенны и частоте). Методы разнесения и информацию об угле прихода сигнала полезно использовать при разработке таких систем, как система с многоканальным входом и многоканальным выходом (MIMO).

# 3 Рабочая группа 3L – Прогнозирование ионосферного распространения и распространения земной волны и радиошум

• Необходимо улучшить модель прогнозирования напряженности поля на частотах ниже приблизительно 150 кГц.

• Требуются дополнительные измерения для проверки и повышения эффективности метода прогнозирования рабочих характеристик ВЧ-линий.

• Для получения параметров ионосферы необходимо дальнейшее развитие радионавигационных методов.

• Необходимы данные для дальнейшей разработки и проверки моделей, описывающих мерцания, вызванные характеристиками ионосферы.

• Необходима совместная работа для разработки недорогой системы измерения для улавливания радиошума в глобальном масштабе, а также для совместного использования и согласования методов снижения уровня радиошума.

# 4 Рабочая группа 3M – Прогнозирование распространения радиоволн для трасс связи пункта с пунктом и трасс между Землей и космосом

Наземные трассы связи пункта с пунктом

• Необходимо разработать и испытать модели прогнозирования ослабления в дожде на коротких трассах для транзитных и периферийных линий связи базовых станций на частотах миллиметрового диапазона.

• Необходимо провести измерения ослабления в дожде на очень коротких наземных трассах прямой видимости. В таких измерениях для измерения совпадающего ослабления и интенсивности дождя следует использовать время интегрирования в одну минуту с проведением корректировки для исключения влияния мокрой антенны.

• Для разработки моделей прогнозирования для линий MIMO прямой видимости требуются данные долговременных измерений.

• Для разработки методов прогнозирования для коротких трасс на линии прямой видимости и вне ее для систем, работающих на частотах миллиметрового диапазона и обеспечивающих гигабитную пропускную способность для базовых станций в городах, необходимы измерения ослабления из-за зеркального отражения и дифракции.

• Требуются долговременные измерения для сравнения со статистическими данными за прошлые периоды, с тем чтобы можно было оценить потенциальное воздействие системного изменения климата на точность современных методов прогнозирования.

• Требуется провести измерения и разработать метод прогнозирования интенсивности отказов, вызванных замираниями в условиях осадков и в условиях ясного неба, которые вызывают неготовность наземных линий и влияют на их показатели качества по ошибкам.

• Необходимы измерения мерцаний на наземных трассах, которые должны использоваться для разделения эффектов мерцаний в условиях ясного неба и мерцаний, связанных с дождем.

• Необходимо проведение измерений и их анализ для разработки глобальных физических моделей прогнозирования динамики замираний, в том числе их продолжительности и суточных изменений, кратковременных замираний, вызванных многолучевостью, и ослабления в дожде. Динамические характеристики включают количество замираний в условиях осадков и многолучевости, а также продолжительность периодов замирания и между замираниями и предполагают последующее рассмотрение суточных изменений из-за многолучевости на протяжении периодов продолжительностью в нескольких дней.

• Для совершенствования моделей прогнозирования для проектирования линий в диапазоне 275–1000 ГГц и линий оптической связи в свободном пространстве требуются подробные данные измерений параметров видимости и мерцания, а также типов осадков в разбивке на дождь, мокрый снег и сухой снег.

• Требуются данные измерений для систем с двойной поляризацией в целях моделирования прогнозирования отказов систем, использующих защиту с пространственным и частотным разнесением, а также в целях исследования отказов и уточнения метода прогнозирования с учетом защиты с помощью разнесения.

• Для моделирования тропосферного рассеяния в загоризонтных радиорелейных системах необходимо разработать метод преобразования статистических характеристик наихудшего месяца в эквивалентные годовые значения.

Трассы Земля-космос

• Необходимы дальнейшие исследования и экспериментальные данные, чтобы предложить процедуру расчета функции плотности вероятности значений ослабления в дожде и общего ослабления для трасс Земля-космос, а также расширить и испытать модели ухудшений характеристик распространения радиоволн на частотах по крайней мере до 100 ГГц при более высоком проценте времени в результате многочисленных одновременных ухудшений характеристик распространения, таких как ослабление в дожде, ослабление в облаках, поглощение в газах, ослабление в слое таяния и тропосферное мерцание. Необходимо пересмотреть методы масштабирования частоты, угла места и поляризации, в частности методы затухания в дожде и методы, относящиеся к явлениям кроссполяризации, а также провести оценку методов прогнозирования общего ухудшения для составления месячных прогнозов, особенно для низких и высоких широт.

• Необходимо усовершенствовать методы прогнозирования ухудшения характеристик распространения вследствие тропосферных явлений (замирания, вызванного мерцанием и многолучевостью, дождя, облаков, водяного пара и т. д.) на трассах Земля-космос при малых углах места (<5°) применительно к системам спутниковой связи в высоких широтах и системам НГСО, таким как системы с линиями вниз для передачи данных наблюдения Земли, системы, обеспечивающие взаимодействие с воздушными судами, и мегагруппировки.

• Необходимы данные измерений для поддержки разработки и тестирования методов прогнозирования с временным разнесением. Требуется дальнейшее совершенствование моделирования зависимости динамики замираний от климата и угла места для прогнозирования крутизны замирания. Моделирование длительности периодов между замираниями также нуждается в совершенствовании ввиду его важности не только для систем ГСО, но и для систем НГСО фиксированной спутниковой службы (ФСС), где движение спутника влияет на динамические характеристики.

• Метод прогнозирования пространственного разнесения нуждается в доработке в целях прогнозирования статистических данных об общем ослаблении на разных площадках в широком диапазоне расстояний. Модель прогнозирования дифференциального ослабления в дожде также нуждается в совершенствовании, и требуется новый метод прогнозирования пространственной корреляции при разнесении спутников, в частности для линий связи Земля-космос с несколькими спутниками. Для проверки и совершенствования этих моделей необходимы кампании по исследованию характеристик распространения с использованием спутников НГСО. Проверка также требует расчета функции глобальной пространственной корреляции и возможного изменения функции региональной или локальной пространственной корреляции в малых, средних и крупных масштабах.

• Необходимы экспериментальные данные для пересмотра методов прогнозирования для оптических систем связи Земля-космос в свободном пространстве, а также необходимо разработать модель для прогнозирования ослабления в распыленных веществах. Требуются дальнейшие исследования для прогнозирования ослабления в дожде, поскольку вероятно, что на частотах выше 300 ГГц, особенно в оптическом спектре, будет учитываться влияние многократного рассеяния.

• Необходимо расширить применимость существующих моделей прогнозирования характеристик распространения для систем подвижной спутниковой службы (ПСС) и ФСС, в частности для моделирования разнесения спутников, и статистической модели для смешанных условий распространения, а также с учетом требований глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС).

• Необходимы измерения распространения радиоволн для совершенствования методов прогнозирования ослабления из-за облаков и тропосферного мерцания на трассах между воздушной платформой и поверхностью Земли или космосом.

Трассы помех

• Для расширения модели расчета помех на наземных трассах с целью охвата диапазона частот до 105 ГГц необходимы измерения распространения радиоволн в течение длительного периода.

• Необходимо исследовать чувствительность результатов прогнозирования к разрешению шага профиля трассы (разрешающей способности предсказания) в целях разработки предложений по более совместимым характеристикам для всех значений разрешающей способности предсказания.

• Требуется разработать более качественную классификацию препятствий, и сохраняется необходимость оценки возможной выгоды от непосредственного использования данных о высоте поверхности в рамках существующих моделей распространения. Необходимо изучить оптимальные методы выбора профилей рельефа местности и препятствий для заданных баз данных высоты местности и препятствий (включая методы интерполяции/комбинирования профилей рельефа и препятствий).

• Необходимо усовершенствовать и протестировать метод прогнозирования основных потерь передачи в условиях тропосферного рассеяния, чтобы охватить весь спектр параметров, все сценарии, а также весь диапазон применимости методов прогнозирования распространения для случаев его использования.

• Требуется разработать и протестировать метод для учета частичной корреляции ослабления, вызванного поглощением в газах и тропосферным мерцанием, для основных потерь передачи, не превышаемых в течение небольшого процента времени – менее 20%, а обычно 1% и менее.

• Для проверки моделей трасс распространения наземных помех необходимы данные долговременных измерений, относящиеся к рассеянию в дожде при работе в бистатическом режиме на частотах до 105 ГГц.

Применение машинного обучения

• При применении машинного обучения для прогнозирования распространения радиоволн необходимо учитывать следующие аспекты:

– понимание того, каким образом методы/инструменты машинного обучения могут быть использованы для разработки методов прогнозирования распространения радиоволн;

– установление процедур для обеспечения того, чтобы модель распространения, разработанная с использованием алгоритмов машинного обучения, могла быть обобщена и была репрезентативной для всех возможных условий, прежде всего тех, которые не были учтены в наборе данных, использованном для разработки этой модели;

– использование машинного обучения в сочетании с физическими и статистическими моделями распространения для тестирования и подтверждения репрезентативности моделей машинного обучения в границах имеющихся знаний в области физики.

• Необходимо пересмотреть и разработать алгоритмы и принципы машинного обучения, чтобы его можно было использовать в следующих целях:

– разработка и совершенствование моделей распространения радиоволн для сложных сценариев и сред;

– анализ и обработка данных о распространении радиоволн для получения аналитической информации и вводных данных для проводимых исследований;

– анализ эмпирических данных с целью улучшения параметров в существующих моделях распространения.

Приложение 3

Активные работающие по переписке группы в составе рабочих групп   
3-й Исследовательской комиссии МСЭ-R

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Группы, работающие по переписке, в Рабочей группе 3J | | | |
| Группа | Название | Председатель/сопредседатели | |
| ГП 3J-1 | Затухание в атмосферных газах в Рекомендации МСЭ-R P.676 | Эрик Хилл (USA) | Антонио Мартеллуччи (ЕКА) |
| ГП 3J-2 | Моделирование пространственной и временной изменчивости осадков | Арсим Кельменди (F) | Антонио Мартеллуччи (ЕКА) |
| ГП 3J-3 | Генераторы временных рядов | Лоран Кастанэ (F) | Карло Рива (I) |
| ГП 3J-4 | Статистические вопросы для тестирования и определение показателей тестирования | Лоран Кастанэ (F) | Антонио Мартеллуччи (ЕКА) |
| ГП 3J-3M-5 | Влияние облаков и осадков на ослабление и деполяризацию на наклонных трассах | Антонио Мартеллуччи (ЕКА) | Лэкэ Линь (CHN)) |
| ГП 3J-3K-3M-8 | Потери на входе в здание | Ричард Радд (G) | – |
| ГП 3J-10 | Координация деятельности Рабочей группы 3J | Карло Рива (I) | – |
| ГП 3J-11 | Эталонные стандартные атмосферы в Рекомендации [МСЭ-R P.835](https://www.itu.int/rec/R-REC-P.835/en) | Эрик Хилл (USA) | – |
| ГП 3J-3M-13 | Примеры проверки | Луи Эмилиани (LUX) | – |
| ГП 3J-3K-3M-14 | Вопросы исследования, относящиеся к модели распространения для HAPS | Хадзиме Сузуки (AUS) | – |
| ГП 3J-3K-3M-16 | Индекс рефракции радиоволн в атмосфере и его влияние на распространение радиоволн | Антонио Мартеллуччи (ЕКА) | Лэкэ Линь (CHN) |
| ГП 3J-17 | Моделирование двухпозиционного рассеяния на поверхности Земли или других планет | Паоло де Маттеис (IEEE) | Райан Макдоно (USA) |
| ГП 3J-23 | Общее моделирование дифракции на рельефе местности для наклонной трассы | Болунь Го (CHN) | – |
| ГП 3J-26 | Моделирование распространения радиоволн на Луне | Эрик Хилл (USA) | – |
| ГП 3J-3K-3L-3M-27 | Машинное обучение для исследований распространения радиоволн | Зубейр Бокус (G) | – |

| Группы, работающие по переписке, в Рабочей группе 3K | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| Группа | Название | Председатель/сопредседатели | |
| ГП 3K-1 | Проверка Рекомендации МСЭ-R P.1812 | Алакананда Поль (USA) | – |
| ГП 3K-2 | Банк данных ИК3 МСЭ-R по измерениям для Таблицы VI-1 (Данные для наземных служб "из пункта в зону") | Ричард Радд (G) | – |
| ГП 3K-4 | Вопросы, относящиеся к Рекомендации [МСЭ-R P.1546](https://www.itu.int/rec/R-REC-P.1546/en) | Ричард Радд (G) | – |
| ГП 3K-5 | Вопросы, относящиеся к Рекомендации [МСЭ-R P.1411](https://www.itu.int/rec/R-REC-P.1411/en) | Сана Салус (G) | – |
| ГП 3K-6 | Модели и характеристики распространения для более высоких частот | Джуюль Ли (KOR) | – |
| ГП 3J-3K-3M-8 | Потери на входе в здание | Ричард Радд (G) | – |
| ГП 3К-3М-9 | Распространение радиоволн вдоль воздушных трасс | Уильям Козма (USA) | – |
| ГП 3К-3М-12 | Прогнозирование потерь, вызываемых отражением от препятствий, на частотах до 105 ГГц | Клэр Аллен (G) | Реза Арефи (Apple) |
| ГП 3J-3K-3M-14 | Вопросы исследования, относящиеся к модели распространения для HAPS | Хадзимэ Сузуки (AUS) | – |
| ГП 3J-3K-3M-16 | Индекс рефракции радиоволн в атмосфере и его влияние на распространение радиоволн | Антонио Мартеллуччи (ЕКА) | Лэкэ Линь (CHN)) |
| ГП 3К-3М-18 | Изучение некоторых общих вопросов Рекомендаций [МСЭ-R P.452](https://www.itu.int/rec/R-REC-P.452/en), [МСЭ-R P.1812](https://www.itu.int/rec/R-REC-P.1812/en) и [МСЭ-R P.2001](https://www.itu.int/rec/R-REC-P.2001/en) | Ивица Стеванович (SUI) | – |
| ГП 3K-21 | Модель прогнозирования влияния затенения людьми | Сана Салус (G) | – |
| ГП 3K-24 | Модель оценки вероятности прямой видимости | Елена Сенич (USA) | – |
| ГП 3J-3K-3L-3M-27 | Машинное обучение для исследований распространения радиоволн | Зубейр Бокус (G) | – |

| Группы, работающие по переписке, в Рабочей группе 3L | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| Группа | Название | Председатель/сопредседатели | |
| ГП 3L-2 | Справочник 32 "Ионосфера и ее воздействие на распространение радиоволн" | Адам Хикс (USA) | – |
| ГП 3L-5 | Радионавигационные методы для получения параметров ионосферы | Рауль Орус-Перес (ЕКА) | Мамору Исии (J) |
| ГП 3L-6 | Модель ионосферных мерцаний | Рауль Орус-Перес (ЕКА) | – |
| ГП 3L-7 | Радиошум | Эрик Хилл (USA) | – |
| ГП 3L-20 | Рекомендация [МСЭ-R P.684-8](https://www.itu.int/rec/R-REC-P.684/en) "Прогнозирование напряженности поля на частотах ниже приблизительно 150 кГц" | Адам Хикс (USA) | – |
| ГП 3J-3K-3L-3M-27 | Машинное обучение для исследований распространения радиоволн | Зубейр Бокус (G) | – |

| Группы, работающие по переписке, в Рабочей группе 3M | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| Группа | Название | Председатель/сопредседатели | |
| ГП 3M-2 | Состояние банков данных DBSG3 | Антонио Мартеллуччи (ЕКА) | – |
| ГП 3M-4 | Деятельность, связанная с программными продуктами, цифровыми картами и справочными численными данными | Томас Прехтль (Австрия) | Рауль Оруз-Перес (ЕКА) |
| ГП 3J-3M-5 | Влияние облаков и осадков на ослабление и деполяризацию на наклонных трассах | Антонио Мартеллуччи (ЕКА) | Лэкэ Линь (CHN) |
| ГП 3M-8 | Справочник по связи на трассе Земля-космос | Луи Эмилиани (LUX) | Ричард Радд (G) |
| ГП 3J-3K-3M-8 | Потери на входе в здание | Ричард Радд (G) | – |
| ГП 3К-3М-9 | Распространение радиоволн вдоль воздушных трасс | Уильям Козма (USA) | – |
| ГП 3M-10 | Разработка модели рассеяния гидрометеорами в Рекомендации [МСЭ-R P.452](https://www.itu.int/rec/R-REC-P.452/en) | Райан Макдоно (USA) | – |
| ГП 3К-3М-12 | Прогнозирование потерь, вызываемых отражением от препятствий, на частотах до 105 ГГц | Клэр Аллен (G) | Реза Арефи (Apple) |
| ГП 3J-3M-13 | Примеры проверки | Луи Эмилиани (LUX) | – |
| ГП 3J-3K-3M-14 | Вопросы исследования, относящиеся к модели распространения для HAPS | Хадзимэ Сузуки (AUS) | – |
| ГП 3М-15 | Улучшение моделей ослабления в дожде и общего ослабления в Рекомендации [МСЭ-R P.618](https://www.itu.int/rec/R-REC-P.618/en) | Лоран Кастанэ (F) | – |
| G 3J-3K-3M-16 | Индекс рефракции радиоволн в атмосфере и его влияние на распространение радиоволн | Антонио Мартеллуччи (ЕКА) | Лэкэ Линь (CHN) |
| ГП 3К-3М-18 | Изучение некоторых общих вопросов Рекомендаций МСЭ-R P.452, МСЭ-R P.1812 и МСЭ-R P.2001 | Ивица Стеванович (SUI) | – |
| ГП 3M-22 | Исследование результатов измерений ослабления в дожде со значением коэффициента уменьшения трассы, превышающим единицу на коротких трассах | Лоренцо Луини (И) | – |
| ГП 3М-25 | Обновленная редакция Справочника 58 "Методы МСЭ-R по прогнозированию распространения радиоволн для исследования помех и совместного использования частот" | Райан Макдоно (USA) | – |
| ГП 3J-3K-3L-3M-27 | Машинное обучение для исследований распространения радиоволн | Зубейр Бокус (G) | – |

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