



---

**Комитет по использованию космического  
пространства в мирных целях**  
Научно-технический подкомитет  
Пятьдесят девятая сессия  
Вена, 7–18 февраля 2022 года

## **Защита темного и спокойного неба**

**Рабочий документ, подготовленный Испанией, Словакией,  
Чили, Международным астрономическим союзом,  
Европейской южной обсерваторией и Обсерваторией  
с антенной решеткой в квадратный километр**

### **I. Введение**

1. В последние шесть десятилетий в связи с мирным использованием космоса развитие астрономии получило огромный импульс. Десятки научных спутников сделали доступным весь диапазон космических электромагнитных сигналов, от микроволнового до высокоэнергетического гамма-излучения. Новые данные были использованы учеными для построения комплексной модели всей Вселенной и воссоздания ее истории, а также позволили им описать новые высокоэнергетические явления, для изучения которых современные и будущие наземные экспериментальные установки не подходят. Космос оказался незаменимой лабораторией для развития фундаментальной физики.
2. Однако сама по себе космическая астрономия не достигла бы таких успехов без существенного дополнительного вклада крупных наземных центров астрономических исследований. Только сочетание космических и наземных данных делает возможным реальный прогресс нашего познания физической реальности. Точно так же изучение тел Солнечной системы, от астероидов до планет, в решающей мере зависит от детальных наблюдений с помощью наземных и космических астрономических приборов. Поэтому все международное научное сообщество должно быть заинтересовано в том, чтобы защитить возможности проведения во всем мире астрономических наблюдений от неблагоприятных и очень дезорганизирующих и вредных искусственных помех.
3. Существуют три категории искусственных помех, отрицательно влияющих на астрономические наблюдения: а) освещение городов или искусственное освещение в ночное время; б) оптические/инфракрасные следы спутников на низкой околоземной орбите; и с) передача радиосигналов наземными и космическими излучателями, особенно со спутников на низкой околоземной орбите.
4. Новейшая из этих категорий связана с развертыванием большого количества спутников связи на низкой околоземной орбите в рамках инновационных



прорывных технологий. Их основное назначение — обеспечение сетевой связи Земля-космос-Земля с низким значением задержки для любого населенного людьми района мира. Это открывает большие перспективы для сетевого взаимодействия и может стать важной частью мировой системы широкополосной связи.

5. Крупные группировки спутников представляют собой новую проблему для астрономии ввиду их количества, яркости на фоне неба (вследствие оптического отражения или теплового излучения), расположения повсюду в небе (по сравнению со спутниками на геостационарной орбите в пределах одного «пояса») и их близости (что является фактором низкой задержки).

6. Все вышеупомянутые категории помех были рассмотрены в рамках практикума и конференции по теме «Темное и спокойное небо для науки и общества», которые были организованы Управлением по вопросам космического пространства, правительством Испании и Международным астрономическим союзом (МАС). Доклад о работе практикума, который был проведен в режиме онлайн 5–9 октября 2020 года, доступен по адресу [www.iau.org/static/publications/dqskies-book-29-12-20.pdf](http://www.iau.org/static/publications/dqskies-book-29-12-20.pdf).

7. Резюме выводов практикума было предоставлено Научно-техническому подкомитету на его пятьдесят восьмой сессии в документе зала заседаний “Recommendations to keep dark and quiet skies for science and society” («Рекомендации по сохранению темного и спокойного неба науке и обществу») (A/AC.105/C.1/2021/CRP.17), который представили делегации Иордании, Испании, Словакии, Чили и Эфиопии и Международный астрономический союз. Делегации Канады, Соединенных Штатов Америки и Японии представили связанный с этим документ зала заседаний “Proposal for a single issue/item for discussion at the fifty-ninth session of the Scientific and Technical Subcommittee in 2022 on ‘General exchange of views regarding satellite system effects upon terrestrial-based astronomy’” («Предложение по отдельному вопросу/пункту для обсуждения на пятьдесят девятой сессии Научно-технического подкомитета в 2022 году по теме “Общий обмен мнениями о влиянии спутниковых систем на наземную астрономию”») (A/AC.105/C.1/2021/CRP.24). Подкомитет в докладе о работе своей пятьдесят восьмой сессии призвал Управление по вопросам космического пространства взаимодействовать со всеми соответствующими заинтересованными сторонами, такими как МАС и другие, по вопросу о темном и спокойном небе и отметил, что намеченная на 2021 год конференция может способствовать предметному обсуждению возможностей международного сотрудничества (A/AC.105/1240, п. 233).

8. На конференции по теме «Темное и спокойное небо науке и обществу», которая была проведена в режиме онлайн 3–7 октября 2021 года, были проанализированы результаты почти двухлетних исследований вышеупомянутых помех и состоялось плодотворное обсуждение с астрономическим сообществом и представителями отраслей космической промышленности вопросов реализации практических мер, способных смягчить негативное воздействие помех на науку и общество. Доклад о работе конференции содержится в документе A/AC.105/1255, а подробный технический отчет рабочих групп, подготовивших это мероприятие, доступен по адресу <https://noirlab.edu/public/products/techdocs/techdoc051>. Настоящий рабочий документ посвящен тем мерам, которые относятся к компетенции Комитета по использованию космического пространства в мирных целях.

## II. Искусственное освещение в ночное время

9. Помехи астрономическим наблюдениям от искусственного освещения в ночное время, которые мешают как астрономам-любителям, так и профессиональным астрономам, стали острой проблемой с появлением светодиодов, особенно излучающих интенсивный синий свет. МАС установил рекомендуемый максимально допустимый порог светового загрязнения для мест расположения астрономических объектов на 10 процентов выше естественного фонового уровня. Уровень светового загрязнения во всем мире ежегодно возрастает

на 2–6 процентов, что ведет к повсеместному снижению темноты, в том числе в местах расположения обсерваторий: на площадках мирового класса 10-процентный порог может быть достигнут в следующем десятилетии, а многие не столь большие площадки уже находятся под угрозой. Помимо влияния на астрономию, искусственное освещение в ночное время может оказывать значительное биологическое воздействие на флору и фауну, включая как позвоночных, так и беспозвоночных, и эта проблема требует дальнейшего изучения соответствующими экспертами.

10. Искусственное освещение в ночное время оказывает серьезное негативное влияние на астрономическую науку в целом, а следовательно, и на космическую астрономию. Поэтому делегациям предлагается рассмотреть возможность принятия подробных рекомендаций по количественной оценке, включенных в доклады о работе онлайн-практикума и Конференции, особенно в том, что касается наземных астрономических средств.

### **III. Спутниковые группировки и оптическая/инфракрасная астрономия**

11. Согласно данным Международного союза электросвязи (МСЭ) и документам для национальных регулирующих органов, в ближайшее десятилетие на низкую околоземную орбиту могут быть выведены около 100 000 спутников, и несколько компаний уже приступили к созданию и запуску спутниковых группировок.

12. Несмотря на неоспоримые достоинства группировок спутников связи, беспрецедентно большое количество спутников, которые будут находиться на низкой околоземной орбите, порождает новую ситуацию и ряд проблем, в том числе для первоначальной видимости ночного неба и для астрономии.

13. Участники практикума и Конференции по теме «Темное и спокойное небо науке и обществу» указали на то, что крупные группировки спутников являются проблемой для оптической/инфракрасной астрономии, поскольку космические аппараты создают световые помехи, обусловленные их отражательной способностью и тепловым фактором. Это новая проблема для астрономии вызвана значительным увеличением числа спутников, их повсеместным присутствием на небе и близостью к Земле. Видимость и яркость спутника в ночное время зависят от высоты его орбиты (в настоящее время 350–1200 км), отражательной способности его поверхности и положения относительно наблюдателя, а также от орбитальной конфигурации системы. Часть спутников, находящихся на орбите, видна невооруженным глазом (спутники до 7-й звездной величины), но все они могут быть обнаружены во время повышения и снижения орбиты и на орбите высокочувствительными детекторами телескопов, поскольку оставляют следы своего прохождения на изображениях астрономических объектов, что значительно снижает научную пригодность собранных данных. Постобработка таких изображений не решает проблему: более яркие следы (менее 7-й звездной величины) могут перегружать детекторы, делая части изображений непригодными для использования, а удаление более тусклых следов имеет остаточные эффекты, которые серьезно влияют на реализацию важных научных программ, таких как статистические автоматические обзоры слабых галактик.

14. Уменьшить отрицательное влияние можно с помощью действий по двум основным направлениям: а) меры, которые могут принять астрономы в рамках деятельности на наблюдательных объектах; и б) меры, которые могут принять спутниковая индустрия и регулирующие органы в отношении проектирования и эксплуатации спутниковых группировок. Как показывает накопленный к настоящему времени опыт, наиболее эффективные результаты достигаются при тесном сотрудничестве астрономического сообщества и производственных предприятий.

15. Меры, которые астрономы могут принять для уменьшения влияния спутниковых группировок, изложены в докладах о работе семинара и Конференции и, в частности, включают: а) скоординированные наблюдения отдельных спутников с нескольких площадок; б) разработку алгоритмов выявления и маскировки полос и прогнозирования прохождения спутников через конкретные запланированные линии визирования; в) разработку «умных» оптических/инфракрасных детекторов и систем радиоприемников; г) программные решения и постобработку данных; и е) распространение информации и содействие внедрению передовых методов наблюдения и обработки данных.

16. Рабочая группа Конференции по спутниковым группировкам в разделе своего отчета<sup>1</sup>, посвященного позиции отрасли, пришла к выводу, что операторы спутников с большей вероятностью готовы добровольно освоить методы или средства смягчения влияния, если они будут взаимодействовать с астрономами на ранних стадиях проектного цикла до завершения проектирования космического аппарата, когда изменения в архитектуре, конструкции или эксплуатации космического аппарата могут быть внесены с меньшими затратами или последствиями для графика. В докладе о работе Конференции кратко изложен ряд рекомендаций в отношении передовой практики, охватывающих пять приоритетных областей: а) решение проблемы видимой яркости спутников при наблюдении с земли; б) учет влияния на астрономическую науку ухудшения видимости из-за крупных низкоорбитальных спутниковых группировок, находящихся на высоте более 600 км; в) предоставление доступа к общедоступным высокоточным данным (эфемеридам) о прогнозируемом местоположении отдельных спутников, которые нужны астрономам, чтобы избежать следов спутников во время проведения наблюдений; г) учет операций по повышению и снижению орбиты в целях сведения к минимуму прерываний спутниками астрономических наблюдений сразу после их запуска и на этапах сведения с орбиты/возвращения в атмосферу; и е) продолжение сотрудничества астрономического и спутникового сообществ. Рабочая группа также разработала проект плана действий, который может стать основой тем для обсуждения в рамках единого пункта повестки дня.

17. Влияние спутниковых группировок на астрономию в конечном счете зависит от сочетания всех вышеуказанных факторов. Поэтому вместо введения конкретных ограничений по отдельным факторам (например, в отношении высоты орбиты, отражательной способности поверхности и т. д.) мы предлагаем, чтобы компании, планирующие осуществлять проектирование, запуск и эксплуатацию спутниковой группировки, проводили количественное исследование предполагаемого влияния этой группировки на астрономию. Недавно созданный МАС Центр защиты темного неба от спутниковых группировок будет готовить и распространять новые данные и информацию о воздействии спутников, которые сможет использовать любая группа заинтересованных сторон. Центр, по запросу, может содействовать проведению исследований и предлагать меры, которые в случае их добровольного принятия на ранней стадии проектирования могут уменьшить влияние на астрономию без существенного увеличения стоимости и без ущерба для достижения целей группировки.

18. Остается еще много нерешенных вопросов и областей, требующих дальнейшего изучения. Понимание влияния на оптическую/инфракрасную астрономию еще не до конца сформировано: это многомерная проблема, и на такие вопросы, как рекомендуемое общее количество спутников в различных орбитальных конфигурациях, ответа не имеется. Рекомендуется продолжить изучение этого и других связанных с ним вопросов.

<sup>1</sup> Доступен по адресу <https://noirlab.edu/public/products/techdocs/techdoc051>.

## IV. Спутниковые группировки и радиоастрономия

19. Регулирование использования радиочастотного спектра является задачей Сектора радиосвязи МСЭ. Регламент радиосвязи предусматривает распределения частот для различных служб, в том числе для целей радиоастрономии в рамках радиоастрономической службы. Действительно, с радиоастрономией связана долгая история переговоров, направленных на защиту представляющих для нее интерес полос частот от вредных помех, создаваемых искусственными источниками радиоизлучения в пределах важного для астрономии диапазона длин волн, включая распределение, определения и примечания о защите спектра в Регламенте радиосвязи.

20. Ситуация, характеризуемая появлением новых крупных группировок телекоммуникационных спутников, чревата новыми угрозами для радиоастрономии, которые заслуживают дальнейшего изучения. В докладе о работе Конференции перечислен ряд конкретных проблем и указано на то, что существующие меры защиты недостаточны для защиты радиоастрономических наблюдений даже в зонах радиомолчания. Рекомендации по обеспечению защиты радиоастрономии, изложенные в докладе о работе Конференции, включают следующее: а) конструкция спутников должна позволять избегать прямой засветки радиотелескопов и зон радиомолчания; и б) эквивалентная плотность потока мощности непреднамеренного электромагнитного излучения, включая суммарное, внеполосное, гармоническое и паразитное излучение, должна быть ниже предела, согласованного МСЭ (для отдельных и общих случаев). В докладе подчеркивается важность повышения общей осведомленности об уязвимости радиоастрономии.

21. Помимо вышеизложенных рекомендаций по защите радиоастрономии особое внимание следует уделить защите наземных исследований космического микроволнового фонового излучения, к средствам измерения которого относятся болометры, чувствительные к любой лучистой энергии в пределах их спектральной полосы. Сообществу, изучающему космическое микроволновое фоновое излучение, и спутниковым операторам предлагается совместно оценить ожидаемое воздействие совокупного микроволнового излучения спутниковыми группировками и предложить стратегии смягчения последствий.

## V. Заключение

22. В ходе онлайн-практикума 2020 года и Конференции по теме «Темное и спокойное небо науке и обществу» 2021 года, организованных Управлением по вопросам космического пространства, правительством Испании и МАС, была проведена научно-техническая оценка влияния, которое крупные группировки спутников на низкой околоземной орбите будут оказывать на астрономию. На этих мероприятиях также были предложены конструктивные меры по смягчению последствий, актуальный набор рекомендаций в отношении передовой практики и общий план будущей работы по уменьшению негативного влияния, которое спутниковые группировки могут оказывать на астрономические наблюдения.

23. В настоящем рабочем документе на рассмотрение делегаций в Комитете по использованию космического пространства в мирных целях представлены сводный обзор доклада о работе Конференции, ряд предложений, касающихся рационального применения мер по смягчению последствий, и рекомендации в отношении передовой практики, которые можно осуществить применительно к спутниковым группировкам.

24. Мы хотели бы, в частности, предложить делегациям рассмотреть следующие предлагаемые действия и в перспективе согласиться со всеми или некоторыми из них:

- a) выделить астрономические исследования, проводимые с земли и из космоса, в качестве важной части космической деятельности;
- b) привлечь внимание соответствующих государственных органов к тому, что неконтролируемое распространение искусственного освещения в ночное время вредит не только астрономии, но и, возможно, другим сферам;
- c) поддержать принятие набора применимых в добровольном порядке рекомендаций в отношении передовой практики для низкоорбитальных спутниковых группировок и астрономического сообщества, которые изложены применительно к радиоастрономии и оптической/инфракрасной астрономии в докладах о работе практикума и Конференции;
- d) включить в повестку дня Научно-технического подкомитета пункт «Влияние спутниковых группировок на средства астрономических наблюдений». Спутниковые группировки все более активно выводятся в космос, и следовательно их воздействие на астрономию будет возрастать и создавать новые проблемы, которые могут потребовать принятия новых стратегий по смягчению последствий. Этот пункт повестки дня даст делегациям надлежащую возможность представлять и обсуждать их мнения по этой теме, актуальную информацию о технологиях и изменения к набору рекомендаций в отношении передовой практики в его нынешнем виде. Этот пункт можно будет исключить из повестки дня после того, как ситуация станет достаточно устойчивой.