АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 2022, том 99, № 8, с. 694–704

СПУТНИКОВЫЕ МЕГАСОЗВЕЗДИЯ И ПРОБЛЕМА ТЕМНОГО И СПОКОЙНОГО НЕБА

© 2022 г. Б. М. Шустов[1, *]

[1] *Институт астрономии Российской академии наук, Москва, Россия*

******E-mail: bshustov@mail.ru*

Поступила в редакцию 13.05.2022 г.
После доработки 21.06.2022 г.
Принята к публикации 21.06.2022 г.

В последние годы большое внимание в мире уделяется проблеме влияния технологий на перспективы развития астрономических наблюдений с поверхности Земли и из околоземного космического пространства. Проблема получила название Dark and Quiet Sky (Темное и спокойное небо). Выделяют 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 в) передача радиосигналов наземными и космическими излучателями, особенно со спутников на низкой околоземной орбите. Обострение озабоченности помехами категорий б) и в) связано с бурным развертыванием большого количества спутников на низких околоземных орбитах, предназначенных для обеспечения глобальной сетевой связи. Примеры таких спутниковых созвездий, реализация которых идет полным ходом, известны всем. Это мегасозвездия Starling, OneWeb, Amazon, Samsung и др., включая отечественный проект Сфера. За последние два года астрономы и другие эксперты по наблюдениям объектов в ОКП провели несколько международных конференций по данной тематике. В общем, мировое астрономическое сообщество активно готовится к парированию опасностей, связанных с проблемой Dark and Quiet Sky, и Россия не может оставаться в стороне, хотя пока что вклад России здесь незначителен. Отчасти это связано с недостаточной информированностью российских специалистов и лиц, ответственных за принятие решений, с сутью проблемы и с ее нарастающей остротой. В этом кратком обзоре обсуждаются как технические, так и организационные аспекты влияния крупных спутниковых группировок на обострение проблемы темного и спокойного неба.

Ключевые слова: мегасозвездия спутников, проблема темного и спокойного неба

DOI: 10.31857/S0004629922090109

1. ВВЕДЕНИЕ

В последние годы большое внимание в мире уделяется проблеме влияния технологий на перспективы развития астрономических наблюдений с поверхности Земли и из околоземного космического пространства. Эта проблема, получившая название проблемы темного и спокойного неба (Dark and Quiet Sky, D&QS), имеет глобальный характер. Этой проблеме было посвящено несколько недавних крупных международных конференций и совещаний. Одной из самых представительных стала конференция “Темное и спокойное небо науке и обществу”, которая была проведена в режиме онлайн 3–7 октября 2021 г., а также совместные совещания астрономов и экспертов из космической индустрии. По результатам этих конференций опубликовано и находится в открытом доступе несколько сборников [1–4]. К сожалению, Россия пока что остается несколько в стороне, и ее вклад в общую активность незначителен. Отчасти это связано с недостаточной информированностью российских специалистов и лиц, ответственных за принятие решений, с сутью проблемы и с ее нарастающей остротой.

Выделяют три категории искусственных помех, отрицательно влияющих на астрономические наблюдения:

а) искусственное освещение в ночное время;

б) оптические/инфракрасные следы на астрономических приемниках излучения от спутников на низких околоземных орбитах;

в) передача радиосигналов наземными и космическими излучателями, особенно со спутников на низкой околоземной орбите.

Помехи астрономическим наблюдениям от искусственного освещения в ночное время (в англоязычной литературе обычно используется аббревиатура ALAN – Artificial Light at Night) об-

Таблица 1. Параметры некоторых мегасозвездий ИСЗ

Название группировки	Диапазон высот, км	Диапазон наклонений, градусы	Количество ИСЗ
Starlink Generation 1	335–560	42–97	11926
Starlink Generation 2	328–614	30–148	30000
Amazon Kuiper	590–360	33–52	3236
OneWeb Phase 1	1200	88	1980
OneWeb Phase 2 revised	1200	40–88	6372
GuoWang GW-A59	508–1145	30–85	12992
Total			66506

суждаются мировым астрономическим сообществом уже не менее двух десятков лет, а на локальном уровне гораздо дольше. Она стала острой в связи с появлением светодиодов, особенно излучающих интенсивный синий свет. Международный астрономический союз (МАС) установил рекомендуемый максимально допустимый порог светового загрязнения для мест расположения астрономических объектов на 10% выше естественного фонового уровня. Уровень светового загрязнения во всем мире ежегодно возрастает на 2–6% (см. документ ООН A/AC.105/C.1/L.396 V.21–09743 3/6), и многие места расположения обсерваторий уже находятся в зонах неприемлемо высокого светового загрязнения. Помимо влияния на астрономию, искусственное освещение в ночное время может оказывать значительное биологическое воздействие на флору и фауну.

Крупные группировки спутников (т.н. мегасозвездия) 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, находящихся в пределах одного “пояса”). Проблемы б) и с) из приведенного выше списка все более обостряются в связи с интенсификацией запусков мегасозвездий ИСЗ. Примеры таких спутниковых созвездий, реализация которых идет полным ходом, известны всем. Это мегасозвездия Starlink, OneWeb, Amazon, Samsung и др., включая отечественный проект Сфера.

За последние два года астрономы и другие эксперты по наблюдениям объектов в ОКП провели несколько международных конференций по данной тематике. Одной из самых представительных стала упомянутая выше конференция “Темное и спокойное небо науке и обществу” (3–7 октября 2021 г.). Мировое астрономическое сообщество активно готовится к парированию опасностей, связанных с проблемой Dark and Quiet Sky, и Россия не может оставаться в стороне. В этом кратком обзоре обсуждаются как технические, так и организационные аспекты влияния крупных спутниковых группировок на обострение проблемы темного и спокойного неба.

2. СПУТНИКОВЫЕ МЕГАСОЗВЕЗДИЯ

Согласно различным оценкам по ИНТЕРНЕТ источникам за три года с начала 2019 г. число активных спутников в околоземном пространстве (ОКП) увеличилось с ~2000 до ~5000. Кроме того, в ОКП насчитывается ~3000 неактивных спутников. На подготовительном (к рассмотрению на 59-й сессии Научно-технического подкомитета Комитета ООН по мирному использованию космоса в феврале 2022 г.) совещании по проблеме D&QS C. Walker (США) представила следующую диаграмму (см. рис. 1), иллюстрирующую быстрый рост числа ИСЗ в ОКП. Диаграмма была построена астрофизиком из Гарварда Джонатаном МакДауэллом (J. McDowell), известным экспертом по статистике космической деятельности[1].

Согласно данным Международного союза электросвязи (МСЭ, международное название – ITU, International Telecommunication Union) и другим источникам, например [5], в ближайшее десятилетие на низкую околоземную орбиту могут быть выведены около 100 000 спутников, и несколько компаний уже приступили к созданию и запуску гигантских спутниковых группировок. В табл. 1 перечислены некоторые часто упоминаемые мегасозвездия ИСЗ и приведены их основные параметры: количество ИСЗ, диапазон высот, диапазон наклонений.

Основная цель этих спутниковых созвездий – обеспечить связь с низкой задержкой в любом населенном регионе земного шара. Хотя эти усилия могут принести огромную пользу обществу, влияние полностью развернутых созвездий на видимость ночного неба и на профессиональные астрономические наблюдения пока что не было должным образом изучено и учтено. Из-за их

[1] См., напр., https://www.planet4589.org/space/papers/space21.pdf)

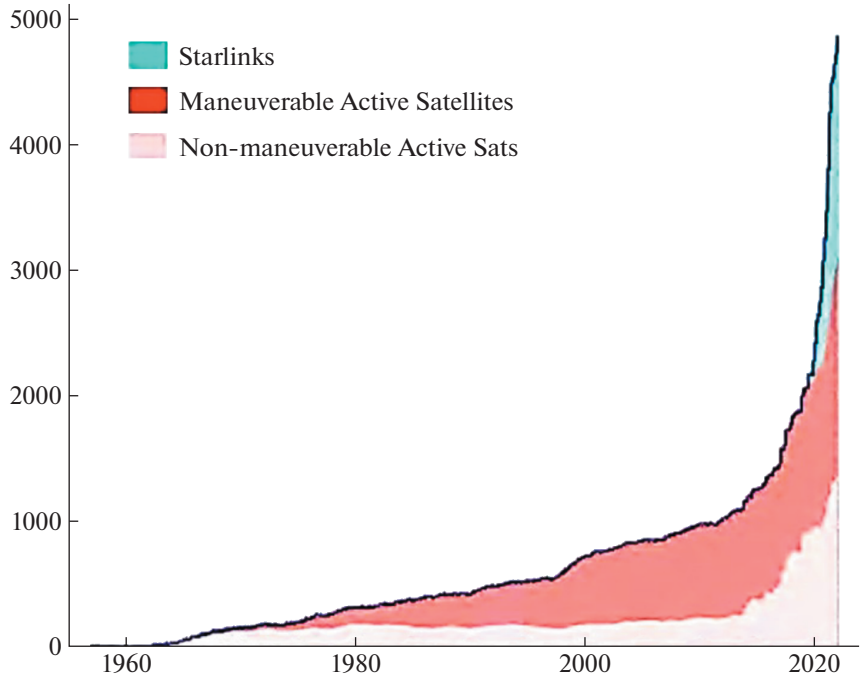

Рис. 1. Рост числа активных ИСЗ за последние 60 лет.

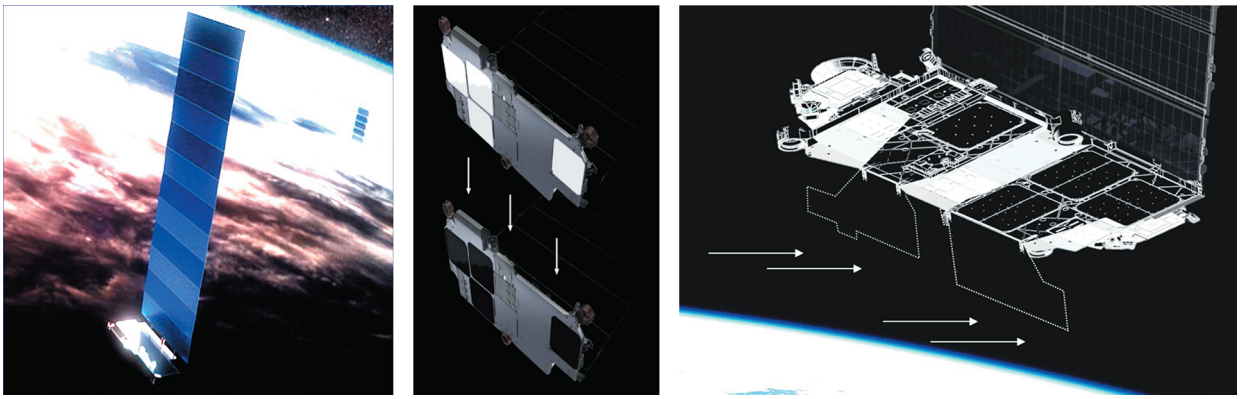

Рис. 2. Слева – общий вид КА Starlink. В центре – корпус КА в двух вариантах: обычный (вверху) и Darksat (внизу). Справа – вариант КА Vizorsat.

низких орбит значительное число спутников может быть видно невооруженным глазом, особенно на малых высотах над горизонтом в сумерках и на рассвете. Новые спутники будут ярче, чем 99% объектов, находящихся сейчас на орбите!

Типичные размеры спутников – несколько метров, а типичное альбедо ~0.25. На рис. 2 показан пример – наиболее часто встречающийся в литературе технический облик космического аппарата (КА) Starlink. Согласно [6] КА Starlink – это тонкая прямоугольная шина $3.0\times1.5\times0.2$ м, изготовленная в основном из алюминия со многими конструктивными особенностями, такими как двигатели и плоские антенны, обращенные к надиру, и большая (длинная) солнечная панель, состоящая из 12 сегментов 3.0×0.8 м каждый. Доступная информация о массе дает оценку в ~260 кг. На средней панели рис. 2 основной корпус КА показан в двух вариантах: обычный (вверху) и Darksat (внизу). Модификация Darksat была реализована корпорацией SpaceX в ответ на обращения астрономов с просьбой уменьшить отражательную способность КА в оптическом диапазоне. Darksat отличается темным покрытием на панелях антенн, обращенных к надиру, которые ранее были белыми. Для Darksat альбедо ~0.08.

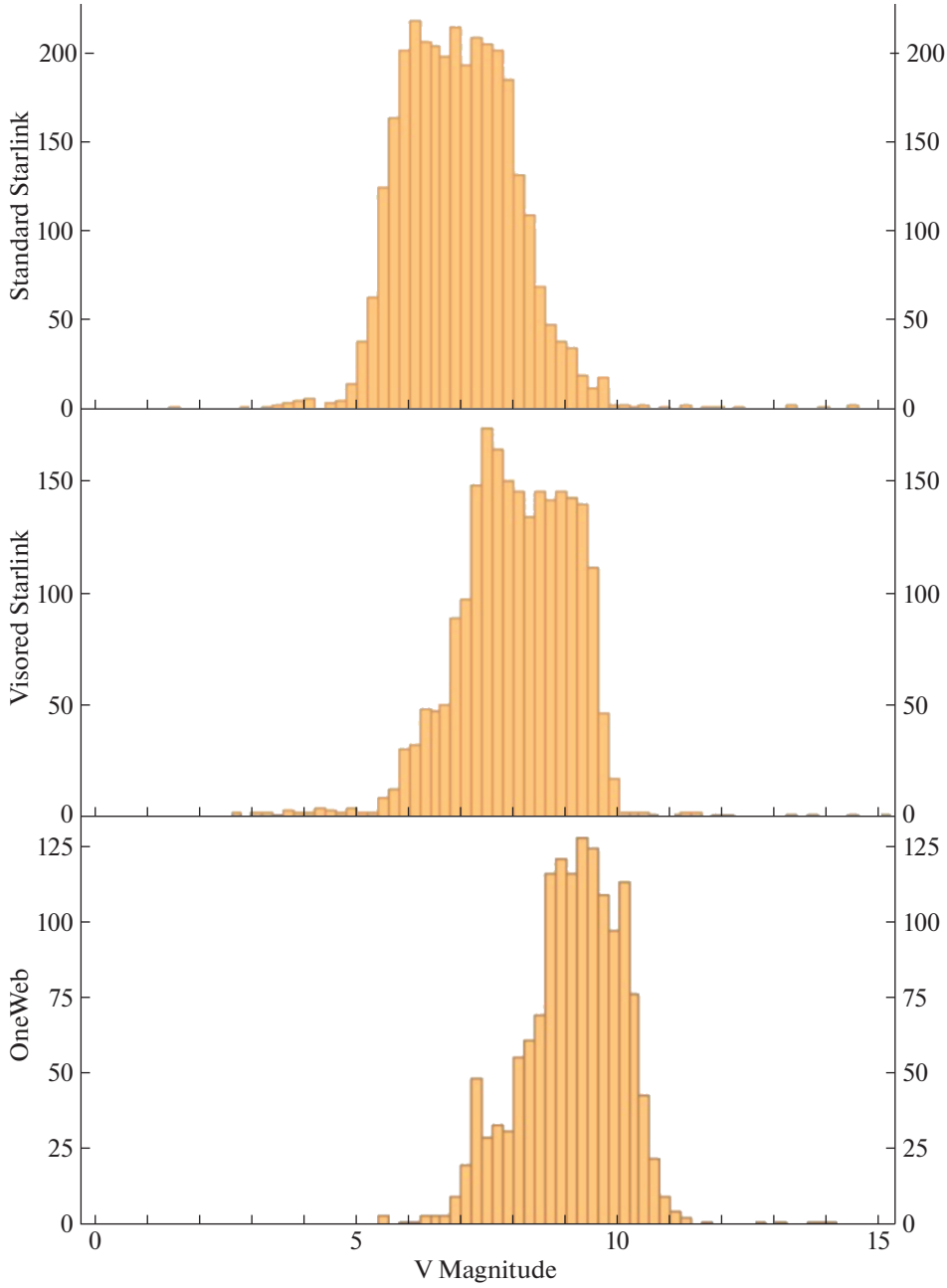

Рис. 3. Гистограммы наблюдаемого блеска стандартного КА Starlink (вверху), вариантов Vizorsat (в центре) и КА OneWeb (внизу) согласно [6].

Темное покрытие уменьшает отраженный свет, видимый наблюдателям на Земле. Однако в последнее время большее предпочтение отдано показанному на правой панели варианту Vizorsat (КА со светоблокирующими козырьками).

Согласно [6] введение козырьков позволило существенно снизить блеск КА. На рис. 3 показаны гистограммы наблюдаемого блеска стандартного КА Starlink, варианта Vizorsat и КА OneWeb согласно [6].

Звездная величина ИСЗ зависит не только от параметров самого КА, но и от расстояния между наблюдателем и ИСЗ и от условий освещенности. На рис. 4 показаны наблюдаемый блеск ИСЗ Starlink и расстояние до наблюдателя [7]. Наблюдения проводились в Аризоне на мобильном роботе-телескопе Pomenis апертурой 180 мм, с полем зрения 4.2° [1, Ottarola et al.]. Теоретические кривые получены с использованием упрощенной модели сферы Ламберта для двух высот. Неизвест-

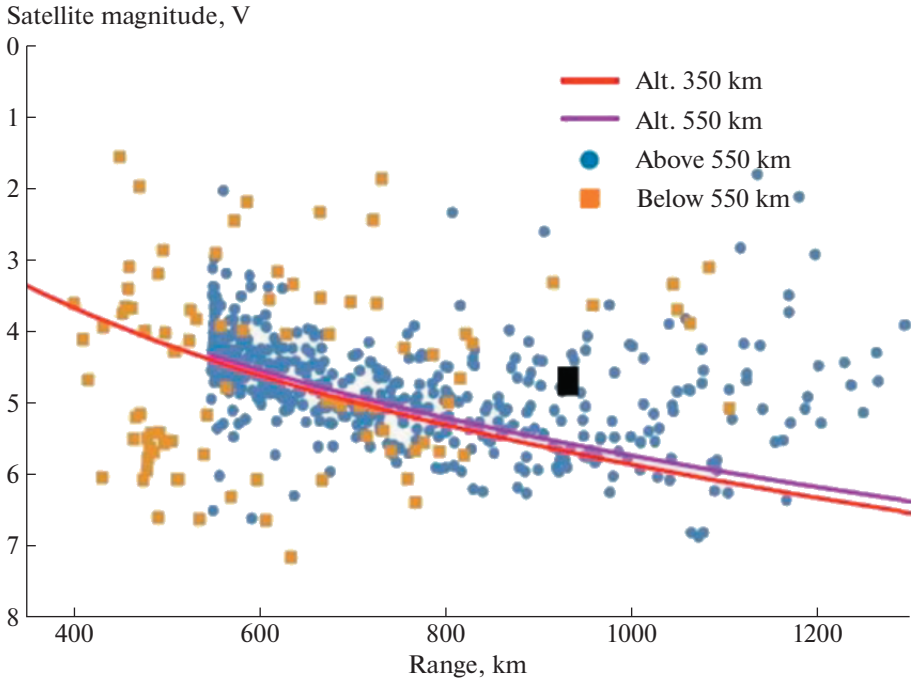

Рис. 4. Блеск ИСЗ в зависимости от расстояния между наблюдателем и ИСЗ. Линии получены с использованием упрощенной модели сферы Ламберта для двух высот [7].

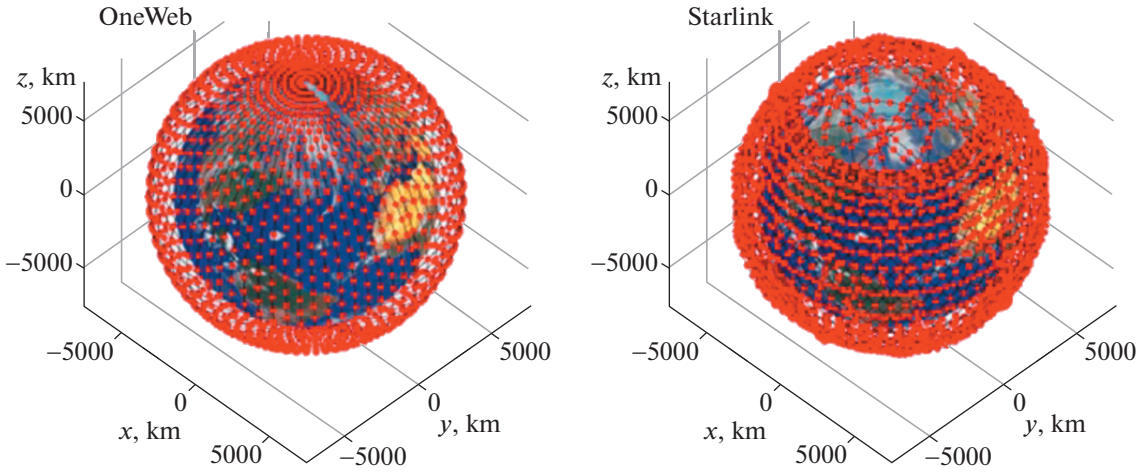

Рис. 5. Примерный вид конфигураций мегасозвездий Starlink и OneWeb.

ный фазовый угол Солнца вносит свой вклад в разброс измерений.

Количество следов ИСЗ в кадре зависит от параметров камеры, длительности экспозиции, параметров группировки ИСЗ и условий видимости. Условия видимости зависят, естественно, от конфигурации группировки ИСЗ, от даты и времени наблюдений и от географической широты обсерватории. На рис. 5 показаны типично представляемые конфигурации мегасозвездий OneWeb и Starlink [8]. Конечно, детальная конфигурация выглядит сложнее. ИСЗ запускаются группами по различным орбитальным плоскостям и/или по различным оболочкам.

Для мегасозвездий количество ИСЗ, находящихся над горизонтом в данной местности примерно постоянно, т.к. большое количество ИСЗ с квазиравномерным распределением по небесной сфере усредняют общую картину. Какая часть всего населения ИСЗ находится над горизонтом, зависит от высоты орбиты. В табл. 2 приведены оценки относительного числа ИСЗ, находящихся

Таблица 2. Параметры некоторых мегасозвездий ИСЗ

Высота орбиты ИСЗ, км	Доля ИСЗ над горизонтом, %	Доля ИСЗ при $h > 10°$, %
350	2.6	0.9
550	4.0	1.8
780	5.5	3.2
1200	7.9	4.3
1325	8.6	5.0
2000	11.9	7.0

над горизонтом или имеющих высоту $h > 10°$ над горизонтом (на более низких высотах наблюдения, как правило, затруднены) от их общего числа. Как видно из этой таблицы, при полном развертывании спутниковых созвездий число находящихся одновременно над горизонтом ИСЗ может достигать нескольких тысяч. Это может создать серьезные помехи и перед наземной астрономией и даже для телескопов на низких околоземных орбитах.

Для оптических наблюдений важно не вообще количество ИСЗ над горизонтом, а количество освещенных Солнцем ИСЗ. ИСЗ, не освещенные Солнцем, не создают оптических помех. Условия освещения зависят от времени года и широты места наблюдения. На рис. 6 показано[2], как на момент равноденствия в течение ночи в географическом пункте с широтой 50° (Благовещенск, Брюссель и т.д.) изменяется количество освещенных ИСЗ группировок Starlink и OneWeb (промоделирован вариант с 48 тыс. КА). Особо выделена динамика количества ярких ИСЗ ($<5–6^m$). Хорошо видно, что наибольшее количество ИСЗ будет видно в часы близ астрономических сумерек, а посередине ночи оно будет минимальным.

3. ВЛИЯНИЕ МЕГАСОЗВЕЗДИЙ НА НАБЛЮДЕНИЯ

3.1. Помехи для оптических наблюдений

Довольно часто для иллюстрации серьезности проблемы оптического загрязнения новыми созвездиями ИСЗ приводят кадр с изображением группы галактик NGC 5353/4, сделанный в обсерватории Лоуэлла в Аризоне (США) в ночь на 25 мая 2019 г. Диагональные линии показывают 25 из 60 недавно (на тот момент) запущенных спутников Starlink. Эта “ужасающая” картина показана на рис. 7. Однако нужно иметь в виду, что плотность следов и блеск спутников значительно выше в первые дни после запуска (как показано здесь), пока ИСЗ находятся на парковочных орбитах. В последующем блеск спутников будет уменьшаться по мере достижения их конечной орбитальной высоты[3]. Так что этот случай не показателен.

Считается, что для большинства классических узкопольных астрономических телескопов проблема светового загрязнения мегасозвездиями не столь остра. Мешающее воздействие заметнее для телескопов с большим полем зрения, таких как инструменты для обнаружения движущихся объектов, например, инструменты поддерживаемой ООН Международной сети предупреждения об опасных астероидах (IAWN).

По оценкам [9, 10], до 30–40% снимков, сделанных с помощью самого крупного доступного ученым на данный момент обзорного оптического телескопа PASTURERS (США) или такого широкоугольного телескопа как обзорный телескоп Симони (ранее назывался LSST), может оказаться непригодным для использования. Телескоп Симони – это 8-м обзорный телескоп с очень большим полем зрения, который находится в обсерватории имени Веры Рубин (США), и который должен заработать в 2022 г. На рис. 8 приведена проекционная карта Моллвейде всего неба, показывающая полосы, которые ИСЗ созвездия Starlink могло бы сделать за 10-минутную экспозицию в случайно выбранную дату (11 октября 2022 г.) сразу после вечерних сумерек при наблюдениях на телескопе Симони. Зенит находится в центре, север вверху, а восток слева. Изображения следов сгруппированы, потому что группы ИСЗ заполняют орбитальные плоскости. Область, свободная от следов, обусловлена тенью Земли. Серые области находятся ниже горизонта [9].

Исследователи (см., напр., [11]) обнаружили, что широкопольная спектроскопия будет затронута помехами на более низком уровне; до 15% кадров, сделанных в начале и в конце ночи, будут испорчены.

В случае узкопольных инструментов проблема конечно же не так остра, но даже и в этом случае в некоторых условиях может проявиться световое загрязнение следами ИСЗ. На рис. 9 показана карта неба с количеством следов ИСЗ, оставленных за экспозицию 5 мин в кадре узкопольной камеры (поле зрения 6′). Тонкие белые круги обозначают высоту 10, 20, 30 и 60°, точка зенита находится в центре круга. Широта обсерватории 50°; высота Солнца –18° (астрономические сумерки). В черной области на юго-востоке спутники находятся в тени Земли. Полосы, идущие с северо-востока на юго-запад, соответствуют оболочкам созвездий на более низких высотах, юго-восточные части которых уже находятся в тени. Резкие черты, идущие с востока на запад, соответствуют

[2] Рисунок взят с сайта https://www.eso.org/ohainaut/satellites/

[3] https://www.williamsseaandsky.com/?page_id=8169)

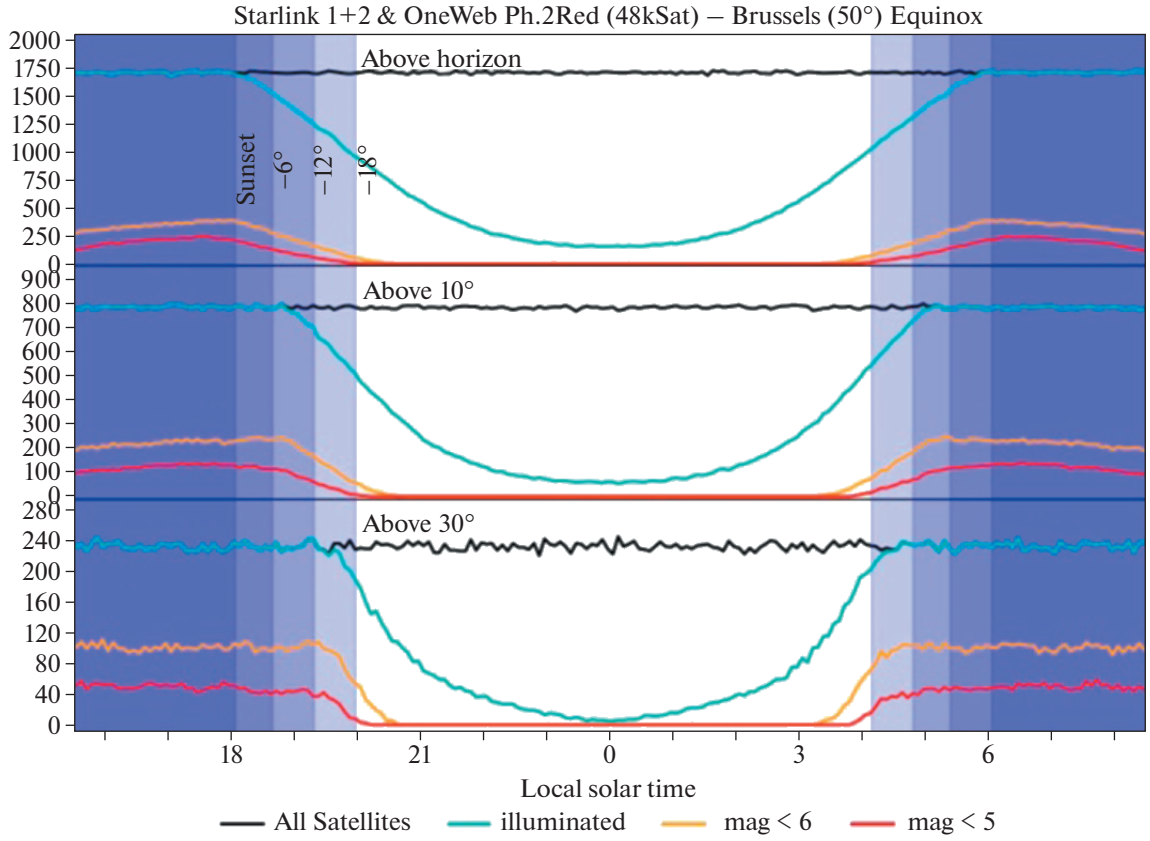

Рис. 6. Изменение количества освещенных ИСЗ группировок Starlink и OneWeb в течение ночи в географическом пункте с широтой 50° на момент равноденствия.

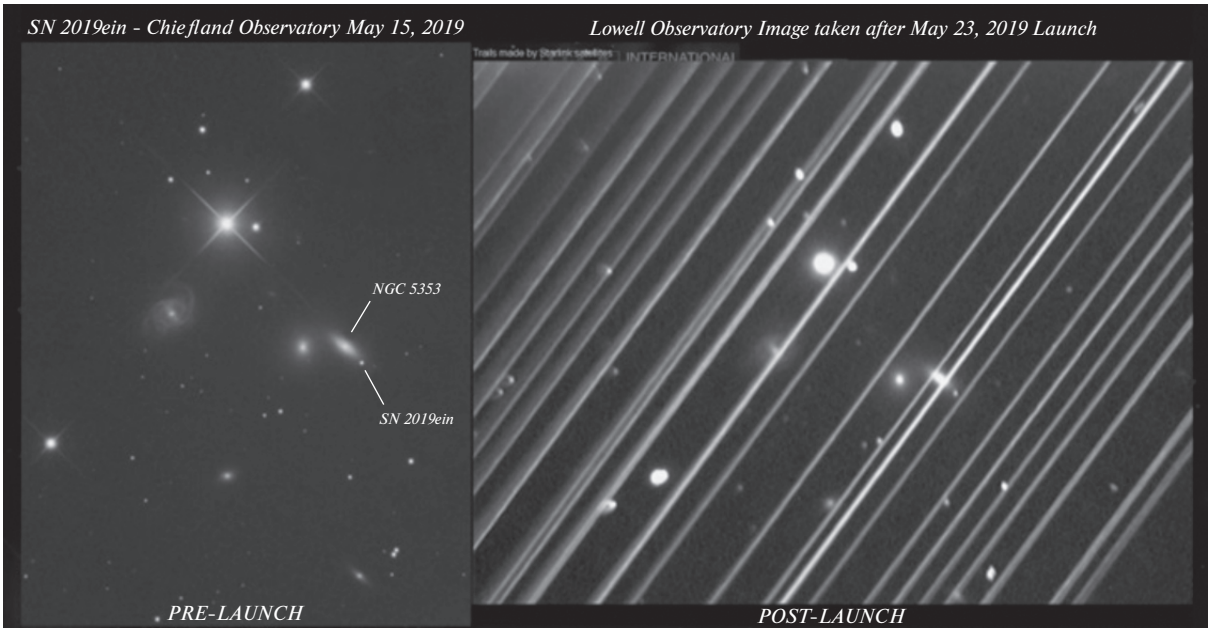

Рис. 7. Изображение группы галактик NGC 5353/4, сделанное в обсерватории Лоуэлла в Аризоне в ночь на 25 мая 2019 г. Диагональные линии показывают 25 из 60 недавно (на тот момент) запущенных спутников Starlink.

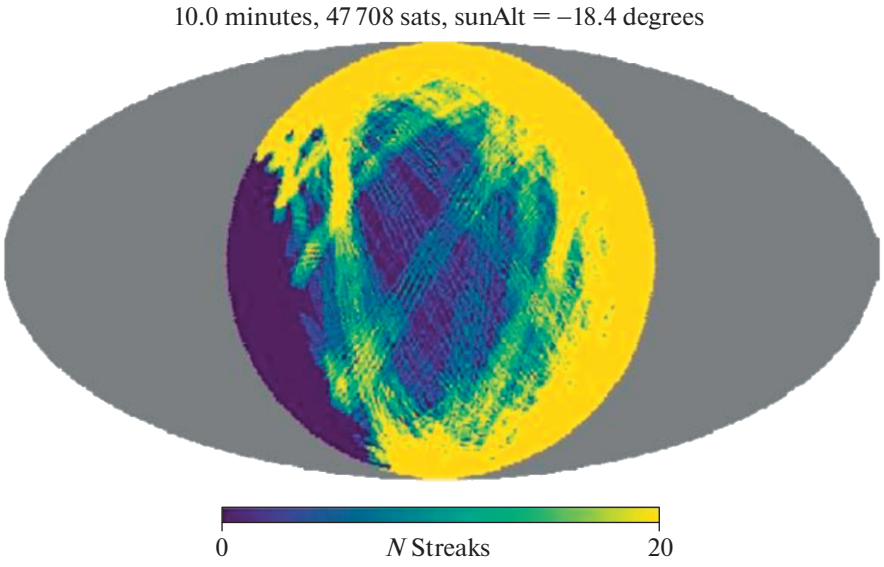

Рис. 8. Количество полос (следов ИСЗ), которые созвездие Starlink могло бы оставить в кадре на телескопе Симони за 10-минутную экспозицию в случайно выбранную дату (11 октября 2022 г.) сразу после вечерних сумерек [9].

краям оболочек созвездий, наклоны которых близки к широте обсерватории [7].

Количество следов – лишь одна из характеристик. Важна еще ширина следа. Если она существенно шире одного пикселя, то, соответственно, число "засвеченных" пикселей может быть большим. В современных оптических системах размеры оптического пикселя (определяется качеством оптики) и пикселя приемника излучения согласованы. Но это выполняется только для использования в наблюдениях (бесконечно) далеких источников. Для достаточно длиннофокусных современных телескопов ИСЗ, находящиеся на расстояниях в сотни километров, оказываются "не в фокусе". Даже для камер с коротким фокусом такая ситуация имеет место, если наблюдаются близкие объекты (например, метеоры). Кроме того, угловой размер объекта может быть вполне заметным, т.е. объект уже нельзя считать точечным. Для оценки эффективного углового размера изображения ИСЗ θ_{eff} можно применить оценочную формулу [12].

$$\theta_{\text{eff}}^2 = \theta_{\text{atm}}^2 + \frac{D_{\text{satellite}}^2 + D_{\text{mirror}}^2}{d^2}, \qquad (1)$$

где θ_{atm} – атмосферное качество изображения (seeing), $D_{\text{satellite}}$ – размер ИСЗ, D_{mirror} – диаметр главного зеркала, d – расстояние до ИСЗ. На рис. 10 показана зависимость углового размера (полуширины пика распределения энергии) изображения ИСЗ, полученного с помощью телескопа Subaru, от расстояния до ИСЗ и размера ИСЗ [13].

Подробный анализ возможных последствий для астрономических наблюдений на инструментах ESO выполнен в работе [5]. Подробно проанализированы помеховые последствия для наблюдений на инструменте FORS2 (FOcal Reducer and low dispersion Spectrograph), разработанном как многоцелевой инструмент для наблюдений в диапазоне рабочих длин волн от 330 до 1100 нм. FORS2 включает фокальный редуктор (поле зрения 6.8′) и спектрограф-камеру низкой дисперсии (R до 2800), а также мультиобъектный спектрограф. Согласно результатам анализа возможных последствий для астрономических наблюдений на инструментах ESO, выполненном в [5], до 0.3% изображений FORS2 будут испорчены яркими спутниками (пиковое значение 2.7% во время астрономических сумерек). В среднем до 20% изображений будут включать в себя более слабые спутниковые следы, каждый из которых затрагивает до 1.5% пикселей кадра. Кроме случая очень коротких экспозиций, эффект масштабируется в зависимости от времени экспозиции и размера поля зрения. Инструменты, попадающие в эту категорию, включают также EFOSC2 (La Silla), SPHERE, HAWK-I (Paranal).

3.2. Помехи для радионаблюдений

Как известно, весь радиодиапазон поделен в частотном отношении между различными группами пользователей. За радиоастрономами зарезервировано несколько участков. Частотные участки, выделенные для радиоастрономии, показаны желтыми полосками на рис. 11. Зеленые стрелки указывают участки частот для радиосвязи

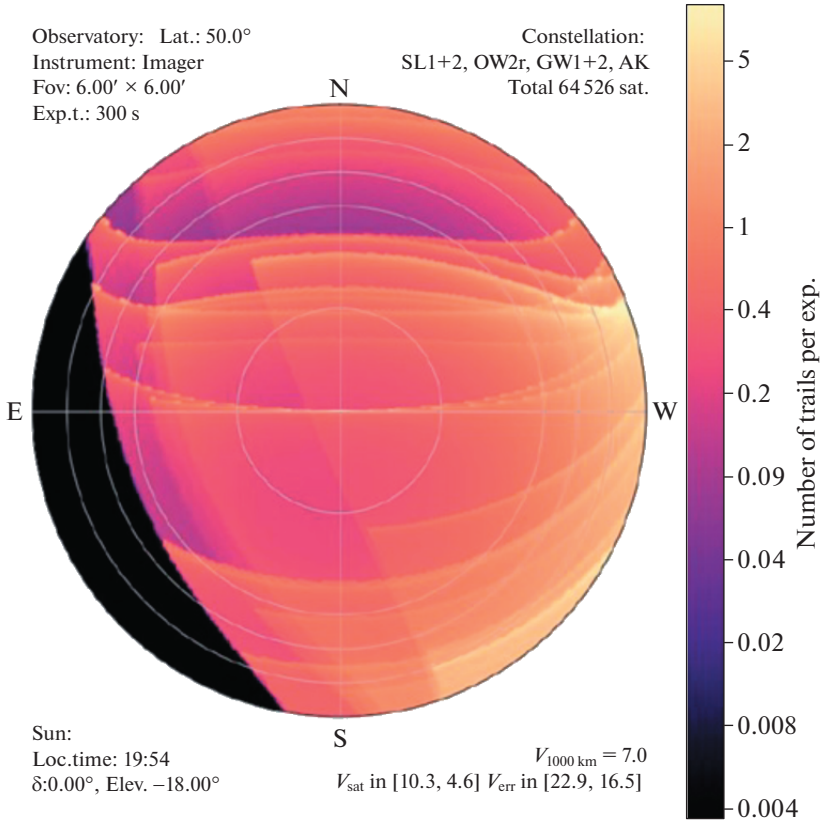

Рис. 9. Количество следов ИСЗ, оставленных за экспозицию 5 мин в кадре узкопольной камеры (поле зрения 6′), сделанном в момент астрономических сумерек. Широта обсерватории 50°. Другие детали описаны в тексте.

со спутниками Starlink (левая пара стрелок) и OneWeb (правая пара стрелок). Направления стрелок в каждой паре соответствуют направлениям передачи (downlink и uplink). В StarLink и OneWeb предполагается использовать Ku диапазон (10.7–12.7 и 14–14.5 ГГц) и Ka диапазон (17.8–19.3 и 27.5–30.0 ГГц).

Формально участки для связи с ИСЗ и радиоастрономии разнесены. Однако самые амбициозные радиоастрономические проекты связаны с наблюдениями в широком диапазоне частот. Поэтому такие мегапроекты, как SKA, реализуются в так называемых радиоспокойных зонах (Radio Quiet Zone – RQZ). Такие зоны есть в наименее населенных регионах планеты, но с появлением мегасозвездий ИСЗ радиоспокойных зон не будет нигде на земном шаре. Радиоастрономы в других проектах также ведут наблюдения в незащищенных диапазонах в RQZ и уже сталкиваются с проблемами. Излучение со спутников создает, например, проблемы для всех радиотелескопов и телескопов СМВ в Чили и на Южном полюсе.

Проблемой могут стать внеполосные и паразитные излучения в защищенных радиоастрономических диапазонах. Боковые лепестки диаграмм направленности также будут создавать заметный фон. Так что суть проблемы радиопомех в том, что десятки тысяч ИСЗ из обсуждаемых коммуникационных спутниковых созвездий будут активно излучать в радиодиапазоне. С 50000 спутниками на орбите в среднем один ИСЗ будет находиться (и излучать на Землю) в пределах 1.3° от линии наведения наземного радиотелескопа, где бы этот телескоп ни находился и куда бы он ни наводился.

4. НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Проблема влияния мегасозвездий ИСЗ на астрономические наблюдения реальна. Пока она не является критичной, но быстро растет.

Что касается наблюдений в оптическом и ближнем инфракрасном диапазонах, то негативный эффект спутниковых следов более существенен для широкопольных камер, в первые и последние часы ночи. Спектрографы с низким и средним разрешением подвержены меньшему помеховому воздействию, но помехи могут быть примерно на том же уровне, что и у полезного сигнала. Спектрографы с высоким разрешением, по сути, будут невосприимчивы.

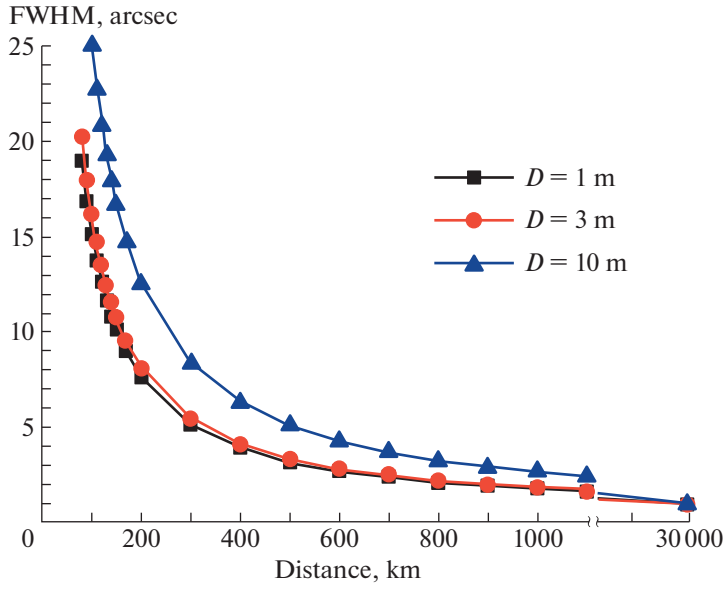

Рис. 10. Размер FWHM изображения расфокусированного объекта диаметром D на камере SuprimeCam (Subaru), полученный на телескопе с типичным размером видимости 0.8″ [13].

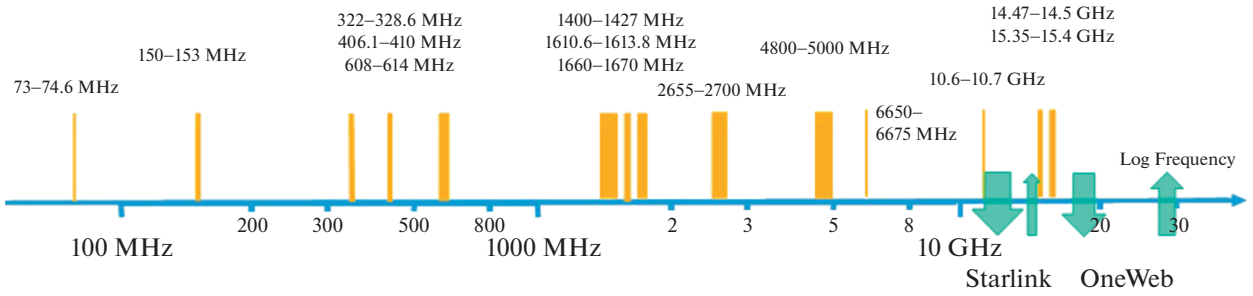

Рис. 11. Частотные диапазоны, выделенные для радиоастрономии (желтые полоски). Зелеными стрелками показаны участки частот для радиосвязи со спутниками Starlink (левая пара стрелок) и OneWeb (правая пара стрелок).

Относительно конкретных технических рекомендаций можно отметить, что нет универсальных рекомендаций по смягчению последствий спутниковых следов для всех типов научных приборов и всех научных задач. Что касается конкретики выработанных рекомендаций, то они простые (по формулировке), но иногда противоречивые и даже взаимоисключающие.

В отношении наблюдений в оптическом диапазоне производителям ИСЗ, запускающим и эксплуатирующим организациям рекомендуется:

• делать спутники как можно более темными ($V > 7^m$);

• свести к минимуму общее количество спутников;

• выбирать предпочтительные высоты орбиты <600 км;

• управлять положением ИСЗ, чтобы не отражать свет на обсерватории;

• учитывать условия изменения видимости при орбитальных маневрах (сход, подъем и т.д.);

• предоставлять общедоступные данные высокой точности о местоположении спутника с тем, чтобы можно было оптимизировать программы наблюдений.

В отношении наблюдений в радиодиапазоне:

• избегать прямого освещения передатчиками ИСЗ радиообсерваторий (согласно результатам интенсивного обсуждения среди экспертов вряд ли возможно “сжечь” приемник на радиотелескопе, но прямая засветка точно приводит к сбою в настройках этих очень чувствительных и сложных устройств);

• придерживаться предельных значений эквивалентной плотности потока мощности, реко-

мендуемых МСЭ для электромагнитных помех. Минимизировать внеполосные, паразитные излучения. Радиопередатчики на спутниках должны иметь уровни излучения в боковых лепестках достаточно низкие, чтобы непрямое освещение ими радиотелескопов и зон радиомолчания не создавало помех ни по отдельности, ни в совокупности.

Общая рекомендация вполне естественна. Она формулируется просто – развивать сотрудничество астрономического и спутникового сообществ.

Во Введении отмечалось, что проблеме D&QS было посвящено несколько недавних крупных международных конференций и совещаний, и что тема стала одной из обсуждаемых на трибуне ООН. Международный астрономический союз учредил Центр по защите темного и спокойного неба от воздействия спутниковых группировок (IAU Centre for the Protection of the Dark and Quiet Sky from Satellite Constellation Interference), который приступил к работе на базе исследовательской лаборатории NOIRLab и обсерватории SKAO с 1 апреля 2022 г. Основная работа центра будет включать разработку программных инструментов для помощи астрономам, работу над национальной и международной политикой в сфере спутниковых группировок, работу с общественностью и промышленностью над технологиями для устранения воздействий спутников на астрономические наблюдения. Центр уже установил связь с Amazon, OneWeb и SpaceX.

Также отмечалось, что, к сожалению, Россия пока что остается несколько в стороне и ее вклад в общую активность незначителен. Но ситуация меняется. 18–21 апреля 2022 г. в Москве состоялась Всероссийская научно-практическая конференции с международным участием “Околоземная астрономия – 2022”. Конференция была организована Институтом астрономии РАН и Институтом космических исследований РАН. Конференция была посвящена тематике космических угроз. Было уделено внимание и проблеме темного и спокойного неба. Обсуждение этой темы на большом общероссийском форуме состоялось впервые. По итогам конференции были приняты решения, одно из которых сформулировано так: “...поддержать инициативу Международного астрономического союза о продолжении серьезного профессионального рассмотрения глобальной проблемы темного и спокойного неба на площадке ООН.”

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *C. Walker, S. Di Pippo, M. Aubé, J. Barrentine, et al.*, Dark and Quiet Skies I (2020), Report of the conference held 5–9 October, 2020.
2. *C. Walker, S. Di Pippo, M. Aubé, J. Barrentine, et al.*, Dark and Quiet Skies II (2021), Report of the conference held 3–7 October, 2021.
3. *C. Walker*, The NOIRLab Mirror **2**, 74 (2021).
4. *J. Hall, C. Walker, M. Rawls, J. McDowell, et al.*, Bull. Amer. Astron. Soc. **53**, 1 (2021).
5. *A. Williams, O. Hainaut, A. Otarola, G. H. Tan, A. Biggs, N. Phillips, and G. Rotola*, arXiv:2108.03999 [astro-ph.IM] (2021).
6. *H. Krantz, E. C. Pearce, and A. Block*, arXiv:2110.10578 [astro-ph.IM] (2021).
7. *C. G. Bassa, O. R. Hainaut, and D. Galadí-Enríquez*, Astron. and Astrophys. **657**, id. A75 (2022), arXiv:2108.12335 [astro-ph.IM].
8. *N. Reiland, A. J. Rosengren, R. Malhotra, and C. Bombardelli*, Adv. Space Research **67**, 3755 (2021), arXiv:2002.00430 [astro-ph.EP].
9. *J. A. Tyson, Ž. Ivezić, A. Bradshaw, M. L. Rawls, et al.*, Astron. J. **160**, id. 226 (2020), arXiv:2006.12417 [astro-ph.IM].
10. *M. L. Rawls, H. B. Thiemann, V. Chemin, L. Walkowicz, M. W. Peel, and Y. G. Grange*, Res. Notes Amer. Astron. Soc. **4**, 189 (2020), arXiv:2011.05168 [physics.pop-ph].
11. *O. R. Hainaut and A. P. Williams*, Astron. and Astrophys. **636**, id. A121 (2020), arXiv:2003.01992 [astro-ph.IM].
12. *D. Bekteš*ević, *D. Vinković, A. Rasmussen, and Ž. Ivezić*, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **474**, 4837 (2018), arXiv:1707.07223 [astro-ph.EP].
13. *M. Iye, M. Tanaka, M. Yanagisawa, N. Ebizuka, et al.*, Publ. Astron. Soc. Japan **59**, 841 (2007), arXiv:0704.3491 [astro-ph].