

УДК 523.9-466

ИССЛЕДОВАНИЕ ЯРКИХ КОМПАКТНЫХ РАДИОИСТОЧНИКОВ СЕВЕРНОЙ ПОЛУСФЕРЫ НА ЧАСТОТЕ 111 МГц

© 2020 г. С. А. Тюльбашев^{1,*}, И. В. Чашей¹, И. А. Субаев¹, М. А. Китаева¹

¹ Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН,
Пушчино, Россия

*E-mail: serg@prao.ru

Поступила в редакцию 19.12.2019 г.

После доработки 13.01.2020 г.

Принята к публикации 24.01.2020 г.

Проведен поиск компактных компонентов методом межпланетных мерцаний у сильных ($S_{\text{int}} \geq 5$ Ян на 102.5 МГц) дискретных радиоисточников Пушчинского каталога. Компактные (мерцающие) компоненты обнаружены у 812 источников из 3620 исследованных. Даны оценки флуктуации плотности потока компактных компонентов этих источников, пересчитанные из индекса мерцаний (m_{max}), относящегося к элонгации 25° . Для 178 объектов из 812 источников с компактными компонентами получены оценки угловых размеров и компактности. Получены индексы мерцаний источников, относящиеся к компактному компоненту (m_0), а также плотности потока компактных компонентов. Показано, что медленные вариации пространственного распределения межпланетной плазмы, связанные с 11-летним циклом солнечной активности, могут оказывать систематическое влияние на оценки угловых размеров источников. Найдены коэффициенты, позволяющие компенсировать отклонения от сферической симметрии солнечного ветра при оценках угловых размеров с помощью коэффициента асимметрии статистического распределения флуктуаций интенсивности. Исследование корреляции между параметрами источников выборки показывает, что выраженная зависимость углового размера от интегрального потока отсутствует, а максимальное значение индекса мерцаний уменьшается при увеличении интегрального потока.

DOI: 10.31857/S0004629920060067

1. ВВЕДЕНИЕ

Для оценки угловых размеров компактных радиоисточников в метровом диапазоне длин волн используются два основных метода. Первый из них — радиоинтерферометрические наблюдения. Если есть возможность использования нескольких радиотелескопов для наблюдений за источником, можно сделать апертурный синтез изображения. После обработки наблюдений получается карта источника, на которой можно выделить его компактные компоненты и оценить их размеры. Если угловые размеры компактного радиоисточника меньше угловой секунды, то база (расстояние между телескопами) должна быть порядка 1000 км. Второй подход — использование метода межпланетных мерцаний. При размере компактного радиоисточника меньше нескольких угловых секунд наблюдаются его мерцания на движущихся неоднородностях плазмы солнечного ветра. Анализ наблюдаемых флуктуаций плотности потока позволяет оценить размеры радиоисточника. Если угловые размеры компактных компонентов источника меньше нескольких десятков миллисекунд, то в источнике, помимо

межпланетных мерцаний, должны также наблюдаться межзвездные мерцания.

Оценка углового размера радиоисточника из наблюдаемых флуктуаций плотности потока может быть сделана разными способами, например, из наблюдений зависимости индекса мерцаний от элонгации в области слабых мерцаний [1], по спектру мощности мерцаний [2, 3], по исследованию временных спектров дифракционных мерцаний в области насыщения [4], а также по измерениям коэффициента асимметрии статистического распределения флуктуаций плотности потока излучения [5, 6].

В работе [7] развит метод с использованием коэффициента асимметрии и оценки угловых размеров и компактностей на основе выборки 53 сильных мерцающих радиоисточников, отобранных из обзора мерцающих радиоисточников [8].

В настоящей работе метод оценки компактностей и угловых размеров радиоисточников с использованием коэффициента асимметрии применен к выборке дискретных источников, наблюдавшихся на Большой синфазной антенне

(БСА ФИАН) в обзоре северного неба на частоте 102.5 МГц [9].

2. МОНИТОРИНГОВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА РАДИОТЕЛЕСКОПЕ БСА ФИАН И ПОЛУЧЕНИЕ ВЫБОРКИ КОМПАКТНЫХ РАДИОИСТОЧНИКОВ

После капитальной реконструкции, закончившейся в 2012 г., эффективная площадь меридианного радиотелескопа БСА ФИАН возросла в 2–3 раза. Позднее, начиная с 2013 г., введены в эксплуатацию несколько независимых систем диаграммообразования. В частности, круглосуточный мониторинг ведется на системе, состоящей из 128 неуправляемых лучей, имеющих фиксированное расположение координат по склонениям. 96 лучей из 128 подключены к цифровым регистраторам. Эти 96 лучей антенны перекрывают склонения от -9° до $+42^\circ$ и имеют мгновенную площадь обзора примерно 50 кв. град., если учитывать диаграмму направленности каждого используемого луча по его половинной мощности. Круглосуточные мониторинговые наблюдения на радиотелескопе БСА ФИАН ведутся на центральной частоте 110.3 МГц в полосе 2.5 МГц. Частота опроса составляет примерно 100 мс, что позволяет наблюдать мерцания компактных источников на межпланетной плазме. Мониторинговые наблюдения на БСА ФИАН, имеющие незначительные пропуски по времени из-за аварийных отключений электричества и регламентных работ на антенне, начаты в 2014 г. Детальная информация о параметрах реконструированного радиотелескопа БСА ФИАН и программах наблюдений в 96 лучах приведена в работах [10, 11].

К настоящему времени накоплено 5 полных лет круглосуточных наблюдений площадки с размером около 17000 кв. град. Ранние наблюдения на БСА ФИАН показали, что в обзоре компактных источников регистрируется примерно один мерцающий радиочастотный источник на 1 кв. град [12]. Поэтому ожидаемое количество компактных источников, доступных для наблюдений, составляет приблизительно 15000–20000. Однако далеко не для всех наблюдаемых мерцающих источников можно оценить их угловые размеры. В частности, если для получения оценки углового размера используется коэффициент асимметрии, то необходимо знать интегральную плотность потока источника. Эта плотность потока должна быть задано больше уровня путаницы протяженных (не мерцающих) радиочастотных источников. Уровень путаницы протяженных источников на антенне БСА ФИАН составляет примерно 0.6 Ян [9] по наблюдениям на 102.5 МГц. Нижняя граница плотностей потоков источников, для которых можно пытаться получить оценки угловых размеров, должна в несколько раз превышать этот уровень.

Для дальнейшей работы из каталога дискретных радиочастотных источников [9] были отобраны источники с интегральной плотностью потока больше 5 Ян. Выбор этой границы по плотности потока связан с тем, что направление лучей БСА ФИАН на небе фиксировано, и координаты источника по склонению могут не совпадать с направлением луча БСА. Поэтому в лучах антенны записывается не полный поток дискретного источника, а лишь его часть. При выбранной границе 5 Ян можно ожидать, что даже если координаты исследуемого источника по склонению окажутся посередине между направлениями двух соседних лучей, наблюдаемая плотность потока в этих лучах будет в 3–4 раза больше уровня путаницы. Эта же граница 5 Ян указана в работе [9], как плотность потока, на которой гарантирована полнота обзора.

Всего в электронной версии¹ Пушинского каталога дискретных радиочастотных источников на склонениях $-9^\circ < \delta < +42^\circ$ находится 6487 источников. 3620 источников из этой выборки имеют плотность потока больше 5 Ян. Из них для дальнейшего исследования нужно было выбрать источники с компактными компонентами. Как показано в работе [13], на антенне БСА ФИАН предельно слабые компактные источники, обнаруживаемые в наблюдениях методом межпланетных мерцаний, имеют отношение сигнала к шуму $S/\text{Ш} = 0.5$ на постоянной времени 0.5 с. Так как длительность обрабатываемой записи составляет примерно 200 независимых точек, взятых в максимум диаграммы направленности антенны, конечное отношение сигнала к шуму будет $S/\text{Ш} = 200^{1/2} \times 0.5 = 7$. В этой же работе показано, что примерно половина источников с $S/\text{Ш} = 0.5$ при слепом поиске будет пропущена. Если за критерий отбора мерцающих радиочастотных источников взять источники, имеющие отношение $S/\text{Ш} = 1$, то возможные потери будут составлять 1 источник из 1000. Критерий $S/\text{Ш} \geq 1$ был взят для отбора мерцающих радиочастотных источников из полученной выборки источников, что соответствует $S/\text{Ш} \approx 14$ для самых слабых наблюдаемых компактных радиочастотных источников после обработки их мерцаний.

Проверка существования компактного радиочастотного источника в отобранном дискретном объекте проводилась следующим образом.

1. Координаты проверяемого источника пересчитывались на год наблюдений, рассчитывались номера лучей, между которыми попадает источник.
2. Рассчитывались оптимальные элонгации ϵ наблюдений, максимально близкие к $\epsilon = 25^\circ$ (на частоте 111 МГц $23\text{--}25^\circ$ определяют максимум наблюдаемых флуктуаций плотности потока).

¹ <http://astro.prao.ru/db/>

3. Отбирались первичные данные для дней с оптимальной элонгацией, и делалась свертка записанного сигнала с моделированной формой диаграммы направленности антенны. Так как в метровом диапазоне может быть велик вклад ионосферных мерцаний, сдвигающих каталожную координату от секунд до минуты, то процедура определения точной координаты источника на день наблюдений является обязательной.

4. Полная длина записи источника на антенне, являющейся дифракционной решеткой, зависит от его склонения как $1/\cos \delta$, поэтому исходя из найденной координаты источника, можно определить ожидаемое расположение нулей (отсутствие сигнала) источника при его прохождении через диаграмму направленности антенны.

5. На интервале в 60 с на вершине источника и 30 с в нулях диаграммы направленности определялись среднеквадратичные отклонения шумов. Если оценка среднеквадратичных отклонений шума на вершине была в $2^{1/2}$ (соответствует $C/Ш = 1$) больше, чем в нулях диаграммы направленности, источник отбирался для дальнейшего исследования.

6. Все отобранные источники проверялись визуально. Эта проверка позволила выявить источники, у которых увеличение шумовой дорожки на вершине было вызвано помехами. Визуальная проверка позволила удалить часть источников из предварительно отобранных для дальнейшей работы.

На рис. 1 проиллюстрирован отбор компактных источников для дальнейшего исследования.

Таким образом, окончательно было отобрано 812 источников.

3. ОЦЕНКИ УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ РАДИОИСТОЧНИКОВ В ПЕРИОД 2014–2018 гг.

Для каждого отобранного источника рассчитывались индекс мерцаний и коэффициент асимметрии статистического распределения флуктуаций плотности потока во всех доступных сеансах наблюдений. Дальнейший анализ по получению оценок компактности и угловых размеров источников проводился согласно методике, приведенной в работе [7]. Оценка индекса мерцаний для данного сеанса получалась из наблюдений интенсивности исследуемого источника:

$$m^2 = \langle (I - \langle I \rangle)^2 \rangle / \langle I \rangle^2, \quad (1)$$

где m – индекс мерцаний в данный день наблюдений, I – текущее значение плотности потока в условных единицах, а $\langle I \rangle$ – средняя интенсивность. Проводя наблюдения на разных элонгациях, можно получить оценку максимального ин-

декса мерцаний (m_{\max}) из зависимости $m(\epsilon)$ (ϵ – элонгация источника):

$$m_{\max} = x m_0, \quad (2)$$

где x – компактность исследуемого источника, а m_0 – максимальное значение индекса мерцаний, относящееся к компактному компоненту радиоисточника. Индекс мерцаний m_0 , в свою очередь, связан с эффективным значением углового размера источника:

$$m_0^2 = [1 + (\theta_1^2 / \theta_{Fr}^2)]^{-1}, \quad (3)$$

где θ_1 – эффективный угловой размер источника [7], а θ_{Fr} – угловой размер зоны Френеля, зависящий от длины волны (центральной частоты наблюдений) и от расстояния до модулирующего слоя ($\theta_{Fr} = 2.06265 \times 10^5 \times (z/k)^{1/2}$), где θ_{Fr} выражено в секундах дуги, z – расстояние до модулирующего слоя в метрах, $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число, λ – длина волны в метрах). Эффективное значение углового размера связано с реальным угловым размером через коэффициент:

$$\theta_0 = \beta \theta_1, \quad (4)$$

где θ_0 – угловой размер компактного радиоисточника, а $\beta = 0.8$ – коэффициент, определенный в работе [7] по наблюдениям ряда источников с известными угловыми размерами. В свою очередь коэффициент асимметрии, определяемый как

$$\gamma = \langle (I - \langle I \rangle)^3 \rangle / \langle (I - \langle I \rangle)^2 \rangle^{3/2}, \quad (5)$$

пропорционален индексу мерцаний и, согласно работе [6], не зависит от протяженного (не мерцающего) компонента (галло):

$$\gamma = A m_{\max} = A_0 m_0. \quad (6)$$

Значения A и A_0 – коэффициенты пропорциональности, определенные в [7]. Таким образом, угловой размер источника в работе [7] оценивался, исходя из параметров, вычисляемых из оценок индекса мерцаний в максимуме зависимости $m(\epsilon)$ и параметра A , определяемого из коэффициента асимметрии:

$$\theta_0 = \beta \theta_{Fr} [(A_0 / A m_{\max})^2 - 1]^{1/2}. \quad (7)$$

Обращаем внимание, что используемые в формуле (7) значения A и m_{\max} получаются из зависимостей $\gamma(m)$ и $m(\epsilon)$, т.е. фактически из наблюдений. Для каждого исследуемого источника эти зависимости будут уникальными. Значение θ_{Fr} вычисляется в предположении, что расстояние до модулирующего слоя известно. По умолчанию предполагается, что это расстояние равно $1 \text{ а.е.} \times \cos \epsilon$. Однако это расстояние будет другим, например, для случая выброса корональной массы, когда луч зрения проходит через выброс. Так как боль-

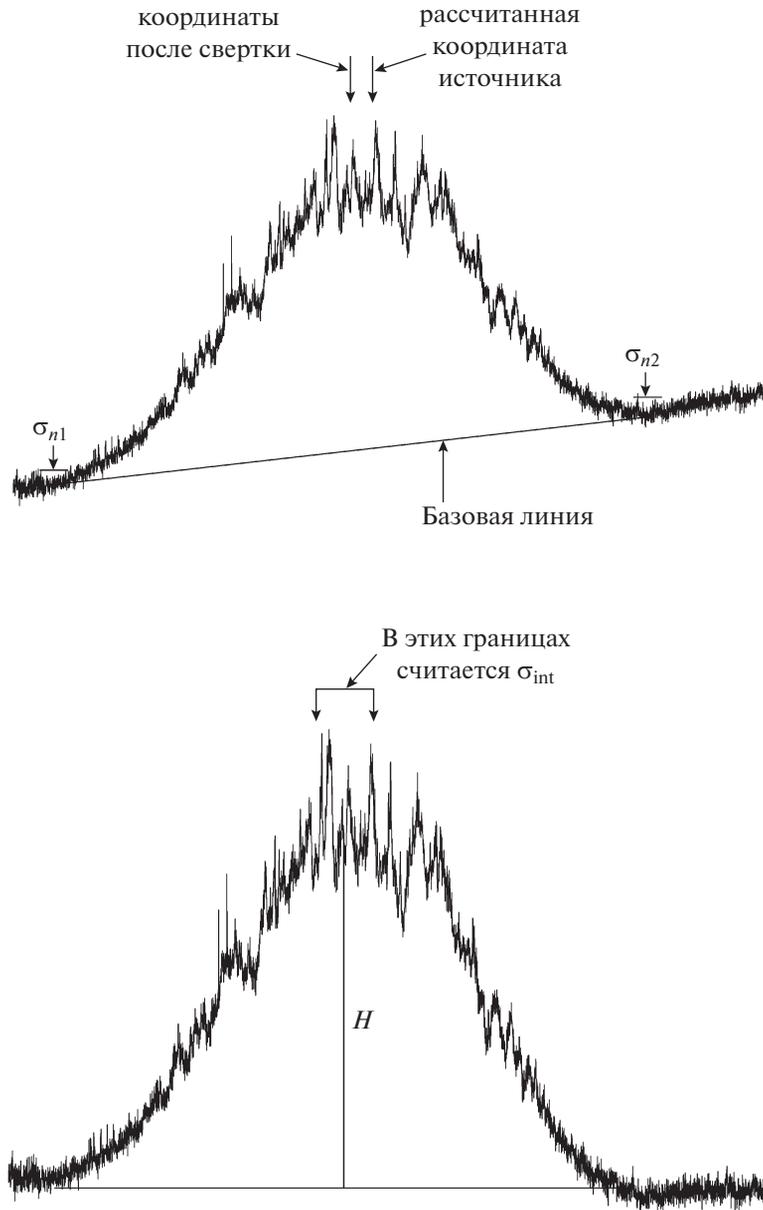


Рис. 1. В верхней части рисунка приведена исходная запись интенсивности радиоисточника 4C+21.09. На записи стрелками показаны минимальные уровни сигнала источника при прохождении через меридиан (нули диаграммы направленности). Через нули диаграммы проведена прямая (базовая) линия, отражающая температуру фона Галактики. Две стрелки на вершине источника указывают на координату источника, рассчитанную на дату наблюдений, и координату источника, полученную после проведения процедуры свертки. Свертка массива наблюдаемой интенсивности и теоретической диаграммы направленности БСА ФИАН позволяет найти сдвиг координаты источника из-за ионосферных мерцаний. В нижней части рисунка показан тот же источник после вычитания отсчетов базовой линии. Рядом с каждым из нулей диаграммы направленности проведены короткие отрезки (длительностью 30 с), показывающие границы, внутри которых вычислялись среднеквадратичные отклонения шумов (σ_{n1} и σ_{n2}). Вертикальная линия, маркированная H , показывает плотность потока излучения источника в условных единицах, вертикальные короткие линии на вершине – границы, на которых проводилась оценка среднеквадратичных шумов на вершине источника $\sigma_{int} = (\sigma_{sc}^2 + \sigma_n^2)^{1/2}$ ($\sigma_n^2 = (\sigma_{n1}^2 + \sigma_{n2}^2)/2$; σ_{sc}^2 – дисперсия флуктуаций плотности потока компактного компонента; σ_n^2 – дисперсия шумового сигнала).

шую часть времени Солнце находится в спокойном состоянии, то угловой размер зоны Френеля для данной элонгации считается константой.

Значения $\beta = 0.8$ и $A_0 = 2$ были найдены в работе [7] на основе выборки источников, у которых имелись независимые оценки угловых размеров

по наблюдениям на 103 МГц [14]. Значение A_0 может меняться от 1.5 до 3 в различных моделях турбулентности межпланетной среды [15, 16]. Значение β – константа, которая была получена при исследовании источников с известными угловыми размерами [7], и которую можно использовать для любых исследуемых источников. Предполагается, что это простой коэффициент пропорциональности, который включает в себя все возможные неопределенности, связанные с межпланетной средой. Значение A_0 определено нами в работе [7] и относится к областям турбулентной плазмы сформировавшегося солнечного ветра, ответственного за мерцания на частоте 111 МГц (гелиоцентрические расстояния от 0.4 до 1 а.е.). При использовании метода на более высоких частотах, в частности 327 МГц, для которых модулирующая излучение плазма расположена ближе к Солнцу, константа A_0 должна быть переопределена.

Как известно, в максимуме солнечной активности пространственное распределение турбулентного солнечного ветра близко к сферически симметричному, а в минимуме за счет влияния гелиосферного токового слоя плотность плазмы повышена на низких гелиоширотах и понижена на высоких [10, 17, 18]. При этом вариации на низких широтах незначительны, а на высоких широтах максимальны. Циклическая эволюция пространственного распределения плазмы может приводить к изменению величины θ_{Fr} и коэффициента A_0 (см. формулу (7)), которые вычисляются в предположении о сферической симметрии. Поскольку точное распределение плазмы для каждого года неизвестно, то для компенсации возможных годовых вариаций указанных параметров в настоящей работе средний параметр β в выражении (7) определяется для каждого года отдельно.

В наших наблюдениях 2014 год соответствует периоду максимальной активности Солнца, в последующие его годы активность падала. Для проверки возможного влияния среды на оцениваемые параметры был взят квазар 3С 48, который хорошо исследован на метровых волнах, как методом межпланетных мерцаний, так и интерферометрическими способами [14, 19, 20]. В каждый год наблюдений для него были получены оценки индекса мерцаний и коэффициента асимметрии. В ходе обработки наблюдений встречаются случаи сильных помех, которые не устраняются программой обработки, резкие изменения индекса мерцаний, связанные с выбросами корональной массы или с коротящими потоками, искажения формы источника вплоть до его раздваивания из-за ионосферных мерцаний. Все эти факторы могут приводить к тому, что на зависимости

Таблица 1. Угловые размеры, максимальный индекс мерцаний и компактность квазара 3С 48 в период 2014–2018 гг.

Год	2014	2015	2016	2017	2018
$\theta_0, ''$	0.29	0.41	0.34	0.42	0.53
m_{\max}	0.64	0.66	0.63	0.57	0.52
x	0.91	1.14	0.96	0.99	1.06

$m(\epsilon)$ появляются явно выпадающие точки. Эти точки устранены на этой зависимости программой обработки. В дополнение к перечисленным факторам серия помех малой длительности, которые практически не влияют на определяемые флуктуации плотности потока, могут дать большой вклад в коэффициент асимметрии. Поэтому на зависимости $\gamma(m)$ исключены соответственно, как выпавшие значения индекса мерцаний, так и большие отклонения коэффициента асимметрии. На рис. 2 приведены попарные зависимости $m(\epsilon)$ и $\gamma(m)$ для радиоисточника 3С 48 в 2014–2018 гг.

В зависимость $m(\sin \epsilon)$ методом МНК вписывалась логарифмическая прямая, а в зависимость $\gamma(m)$ обычная прямая. Полученные оценки m_{\max} и A позволяют оценить компактность и угловые размеры 3С 48 по формуле (7) в предположении $\beta = 0.8$. В табл. 1 приведены эти значения.

Как видно из таблицы, значения параметра компактности для 3С 48 находятся в районе единицы, то есть точность определения компактности была не хуже, чем $\pm 10\%$, а вклад в плотность потока протяженного (не мерцающего) компонента для источника 3С 48 мал или вообще отсутствует. При этом угловые размеры 3С 48 статистически увеличиваются, начиная с 2014 г. Максимальный индекс мерцаний со временем, наоборот, уменьшается. Вновь отметим, что 2014 год соответствует максимуму в цикле солнечной активности, а 2018 год близок к минимуму цикла солнечной активности.

Оценки угловых размеров были получены также и для двух радиоисточников, которые в ранней работе [7] использовались как основа для оценок угловых размеров всей выборки сильных мерцающих источников. Для этих источников были известны независимые оценки угловых размеров из наблюдений на 103 МГц [14]. На рис. 3 приведены оценки этих угловых размеров при $\beta = 0.8$ в зависимости от года наблюдений.

Угловые размеры, соответствующие долям секунды, на космологических расстояниях соответствуют линейным размерам от сотен парсек до нескольких килопарсек. Очевидно, что невозможно физическое увеличение угловых размеров вдвое на масштабе в несколько лет, связанное непосредственно с изменением каких-то структур в

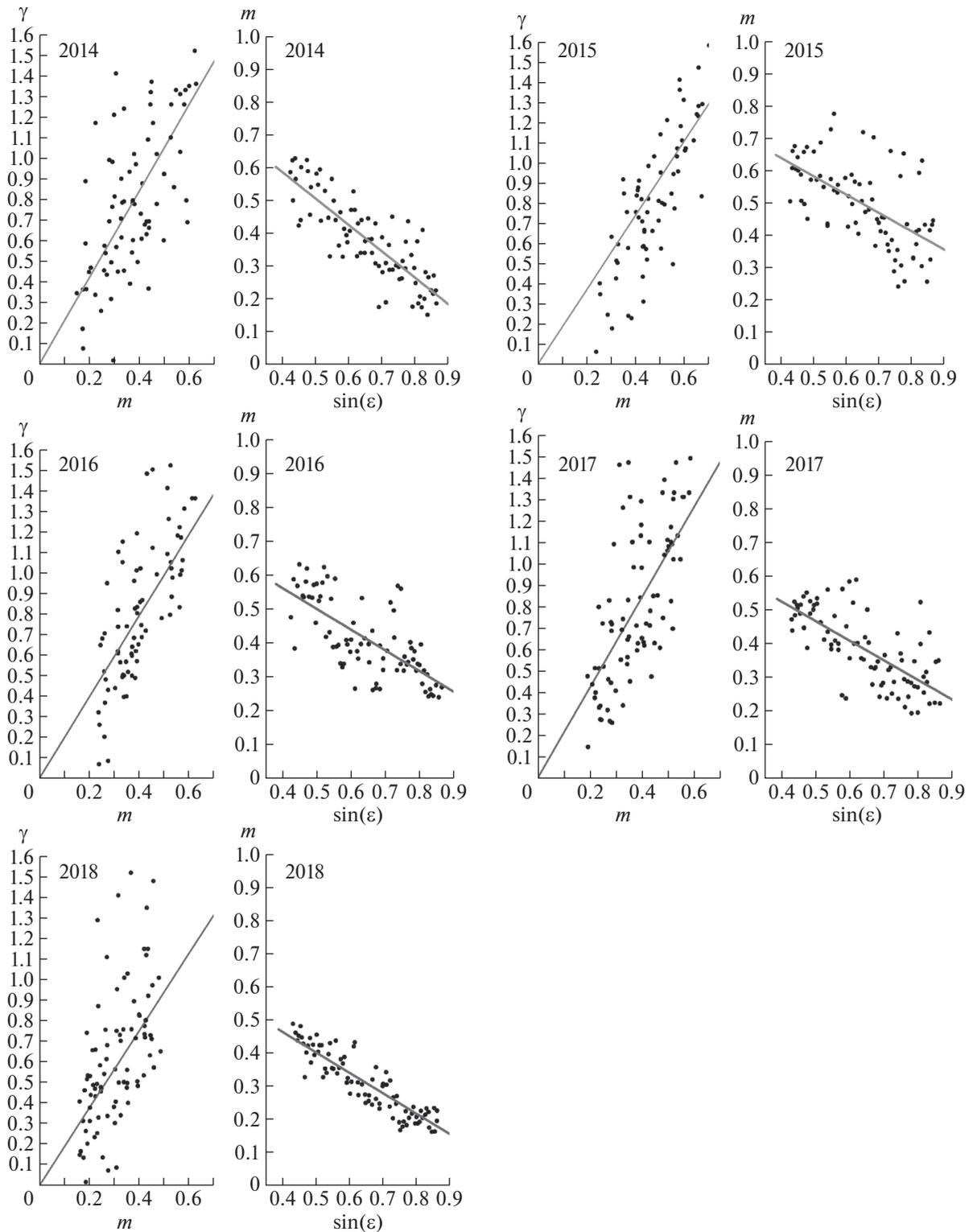


Рис. 2. Попарные рисунки зависимостей наблюдаемого индекса мерцаний m от синуса элонгации $\sin \epsilon$ и коэффициента асимметрии γ от индекса мерцаний. Сверху для каждой пары показан год наблюдений. Прямая линия на рисунках вписана методом наименьших квадратов. Видно, что максимальный индекс мерцаний источника 3С 48 на элонгациях, наилучших для наблюдений мерцаний (вблизи $\epsilon = 25^\circ$), отличается от года к году, и его значения расположены между 0.5 и 0.65. Также на рисунках видно, что наклон вписанной прямой, определяющей коэффициент A , тоже отличается год от года и его значения расположены между 0.93 и 1.05.

исследованных источниках. Поэтому можно предположить, что полученные оценки увеличения угловых размеров источников со временем вызваны какими-то изменениями в межпланетной плазме.

Некоторое обсуждение составляющих формулы (7), по которой вычисляется угловой размер, приведены в тексте непосредственно после ее представления. Так как физическое увеличение угловых размеров источников нереально, то логично предположить, что эти изменения связаны с 11-летним циклом солнечной активности. В свою очередь наиболее вероятным представляется, что используемая нами оценка размера зоны Френеля меняется год от года. То есть в целом оценка углового размера зоны Френеля θ_{Fr} в метровом диапазоне длин волн в разных фазах солнечного цикла не вполне корректна. В случае сферически симметричного распределения солнечного ветра, которое имеет место в максимуме солнечной активности, максимальная модуляция радиоволны происходит вблизи прицельной точки луча зрения. С приближением к минимуму активности возрастает вклад низкоширотных областей, где концентрация плазмы повышена по сравнению с высокоширотными областями. Вследствие этого эффективно модулирующая область смещается из прицельной точки, приближаясь к наблюдателю, для источников, луч зрения на которые проходит через средние и высокие гелиошироты.

При уменьшении расстояния до эффективно модулирующего слоя френелевский размер будет уменьшаться. Это означает, что уменьшение расстояния до эффективно модулирующего слоя будет приводить к частичному подавлению уровня мерцаний, которое в оценках угловых размеров источников по методу, предложенному в работе [7], будет формально отражаться как увеличение угловых размеров источников. При практическом использовании формулы (7) удобнее считать, что изменяется не френелевский размер, а коэффициент β в формулах (4) и (7), который каждый год нужно определять заново. Такой подход позволяет убрать все неопределенности в коэффициент β . В течение года исследуемые радиоисточники наблюдаются на оптимальных элонгациях в разное время, и если в разные месяцы глобальная структура солнечного ветра заметно меняется, то будет меняться и коэффициент β . Можно ожидать, что на протяжении одного года эти изменения незначительны, поскольку они не превосходят вариаций от года к году.

Для получения корректных оценок относительного изменения β от года к году были использованы оценки угловых размеров в разные годы для всех источников, у которых удалось сделать эти оценки. С этой целью для каждого источника

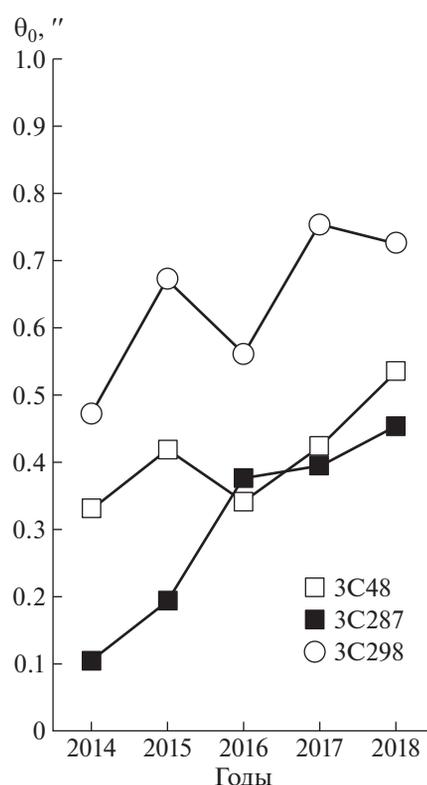


Рис. 3. Зависимость угловых размеров источников θ_0 от времени для объектов 3C 48, 3C 287 и 3C 298, вызванная уменьшением среднего по зондируемой области солнечного ветра уровня мелкомасштабных флуктуаций концентрации плазмы.

вычислялся средний угловой размер, и на этот угловой размер делились оценки углового размера данного источника, полученные на интервале 2014–2018 гг. Таким образом, можно сделать перенормировку угловых размеров, и средний угловой размер каждого источника будет равен одной угловой секунде. Далее для каждого года независимо определялось медианное значение углового размера и оценивались среднеквадратичные отклонения от него. Такая же работа была сделана и для максимальных индексов мерцаний. Зависимости $m(\epsilon)$ и $\gamma(m)$ строились на элонгациях от 25° до 60° . Среднее количество точек составило в зависимости $m(\epsilon) = 69$, в зависимости $\gamma(m) = 63$. Медианное количество точек в зависимостях $m(\epsilon) = 68$, $\gamma(m) = 62$. Среднеквадратичные отклонения для полученных зависимостей $\sigma_m = 0.3$, а $\sigma_\gamma = 0.3$.

На рис. 4 и в табл. 2 представлены зависимости относительных изменений угловых размеров и индексов мерцаний от времени.

Таким образом, из рис. 4 можно увидеть, что значение β в 2014–2018 гг. изменилось примерно в 1.4 раза.

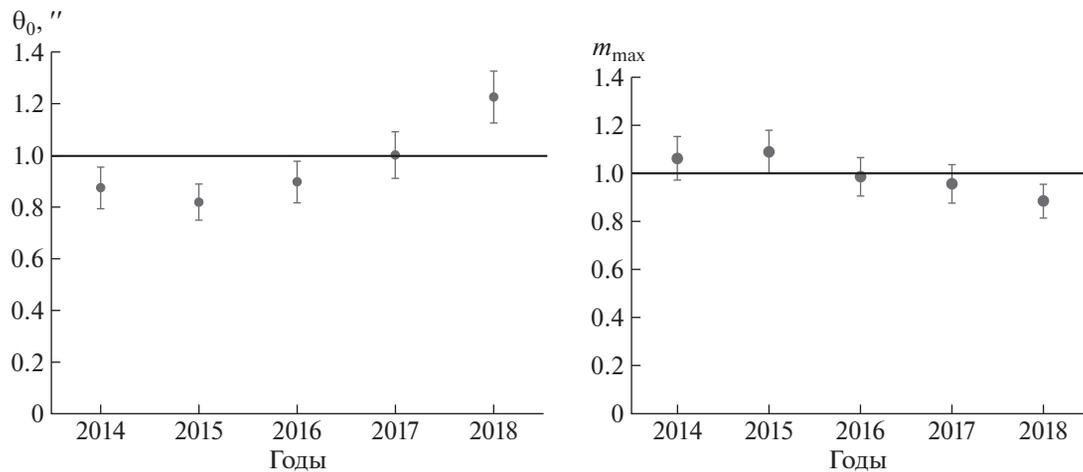


Рис. 4. Зависимости роста углового размера источника (слева) и падения максимального индекса мерцаний (справа) от времени. Вертикальные бары показывают среднеквадратичные отклонения, полученные за каждый год.

Зная характер относительных изменений коэффициента β со временем и при условии, что угловой размер 3С 48 должен быть равен $0.33''$ [14, 19, 20], после усреднения оценок углового размера источника за 5 лет были переопределены значения β . Эти окончательные значения β , показанные в табл. 3, использовались в дальнейшем для оценок угловых размеров компактных источников.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Пушкинский каталог дискретных радиоисточников [9] был получен из обзора, сделанного на радиотелескопе БСА ФИАН на частоте 102.5 МГц в 1991–1993 гг. Для калибровки наблюдений в обзоре использовался ряд источников с известными плотностями потока. Возможные систематические ошибки в работе [9] проверялись по каталогу [21], сделанному на частотах 80 и 160 МГц. Для этого выполнялась линейная интерполяция ожидаемой плотности потока источников на частоту 102.5 МГц, исходя из каталожных значений плотности потока на 80 и 160 МГц. Затем строилась зависимость наблюдаемой плотности потока на 102.5 МГц от интерполированной плотности потока на этой же частоте. Существенные систематические ошибки должны были быть заметны на этой зависимости. Плотности потоков между из-

мерениями на БСА ФИАН и интерполированными значениями для отдельных радиоисточников расходятся в 1.5–2 раза. Однако в целом систематического отклонения плотностей потоков не наблюдается.

Мониторинговые наблюдения проводились на той же антенне БСА ФИАН, но с измененной после реконструкции центральной частотой наблюдений. Частоты 102.5 и 110.3 МГц отличаются меньше, чем на 10%, и поэтому поправки к плотностям потока источников из каталога на 102.5 МГц должны быть небольшими. Согласно рисункам из статьи с обзором, сделанным на частоте 151 МГц [22], примерно 90% всех наблюдаемых на частоте 151 МГц источников имеют спектральные индексы в промежутке $0.6 < \alpha < 1.2$ ($S \sim \nu^{-\alpha}$), и, следовательно, самые крайние случаи из этих 90% источников есть $\alpha = 0.6$ и $\alpha = 1.2$. Предполагая, что для всех исследованных источников спектральный индекс $\alpha = 0.9$, мы пересчитали их плотности потоков на частоту 110.3 МГц и использовали полученные плотности потоков для самокалибровки. Возможные ошибки определения плотности потока на 110.3 МГц из-за использования $\alpha = 0.9$ для всех источников вместо использования индивидуальных спектральных индексов источников, получаемых из зависимости для плотности потока от частоты, не будут превышать $\pm 4\%$ для 90% источников. Погрешности

Таблица 2. Относительные изменения и погрешности нормированных средних угловых размеров и максимальных индексов мерцаний в 2014–2018 гг.

Год	2014	2015	2016	2017	2018
$\theta_0, ''$	0.88 ± 0.08	0.82 ± 0.07	0.90 ± 0.08	1.00 ± 0.09	1.23 ± 0.10
m_{\max}	1.06 ± 0.09	1.09 ± 0.09	0.97 ± 0.08	0.96 ± 0.08	0.88 ± 0.07

Таблица 3. Оценки коэффициента β в 2014–2018 гг.

Год	2014	2015	2016	2017	2018
β	0.72	0.77	0.70	0.63	0.51

оценок m_{\max} от года к году составляют примерно $\pm 10\%$, и поэтому можно пренебречь тем, что в оценку интегральной плотности потока на 111 МГц могут быть внесены ошибки.

В предыдущих параграфах обсуждалось получение оценок угловых размеров источников, а также получение значений их компактности. В качестве промежуточного результата для каждого источника извлекалась оценка максимума индекса мерцаний (m_{\max}). Так как исследуются источники с плотностью потока в 5 Ян и более, для получения оценок флуктуации плотности потока в янских можно использовать индивидуальную калибровку сигнала, не зависящую для каждого из исследуемых источников, то есть самокалибровку. В частности, самокалибровка удобна тем, что при ее использовании можно игнорировать возможное смещение координат источника из-за ионосферных мерцаний, можно не учитывать поправки за зенитную высоту источника при прохождении меридиана, можно не рассчитывать вклад в наблюдаемую плотность потока в лучах БСА из-за того, что координаты источника по склонению попадают между соседними лучами диаграммы направленности. Основные ошибки

при использовании самокалибровки будут связаны с возможными систематическими ошибками исходного каталога, взятого за основу.

Полученные независимо за каждый год мониторинговых наблюдений оценки индекса мерцаний (m_{\max} , m_0), угловых размеров (θ_0), значений компактности (x), флуктуаций плотности потока (ΔS), плотности потока компактного компонента (S_c) усреднялись. Результаты по всем источникам приведены в Приложении. Угловые размеры источников, превышающие одну угловую секунду, в таблице (см. Приложение) исключены, потому что, как было показано в работе [7], такие размеры определяются некорректно. Для всех оставшихся источников были сделаны оценки m_{\max} и ΔS .

На рис. 5 показаны 178 источников, у которых удалось определить их угловые размеры. Видно, что источники с размерами меньше угловой секунды отсутствуют в области плоскости Галактики. Это ожидаемый результат, так как плотная межзвездная среда рассеивает сигнал, и наблюдаемые угловые размеры компактных радиисточников растут при приближении к плоскости Галактики.

Как упоминалось выше, плотность потока в 5 Ян является границей, гарантирующей полноту обзора. Можно посмотреть зависимости между определяемыми параметрами источников, у которых обнаружены компактные (мерцающие) компоненты, и интегральной плотностью потока

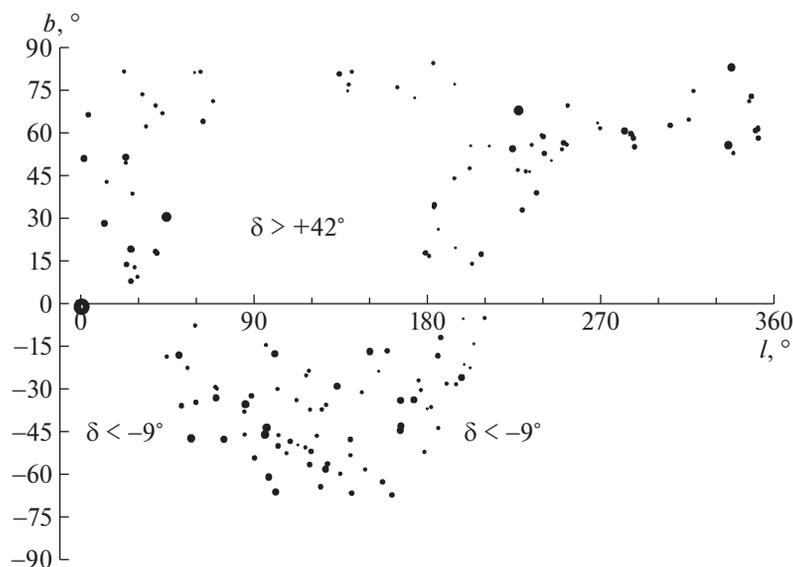


Рис. 5. Все источники, имеющие оценки угловых размеров. Размер кружка пропорционален угловому размеру источника. Большой кружок вблизи координаты $b = 0^\circ$, $l = 0^\circ$ указывает на центр Галактики. Большие белые области на рисунке – склонения, недоступные для мониторинговых наблюдений. Вдоль плоскости Галактики ($b = 0^\circ$) просматривается белая полоса, показывающая, что на расстоянии $\pm 5^\circ$ от плоскости Галактики источников с угловыми размерами меньше $1''$ не обнаружено.

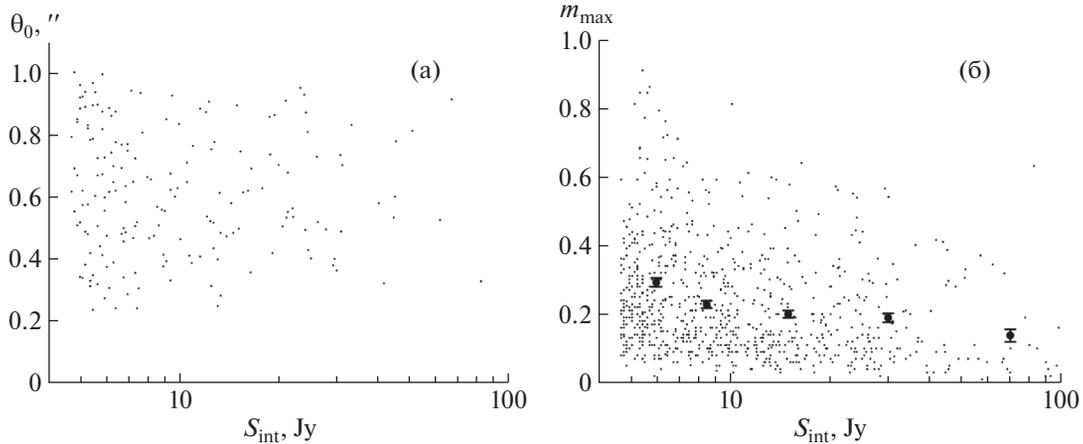


Рис. 6. Зависимости от интегральной плотности потока источников (в логарифмической шкале) наблюдаемого углового размера источника θ_0 (а) и наблюдаемого максимального индекса мерцаний m при $\epsilon = 25^\circ$ (б). Крупные кружки и бары показывают среднее значение m_{\max} и его среднеквадратичные отклонения σ_m на интервалах плотностей потоков $4.5 < S_{\text{int}} \leq 7$; $7 < S_{\text{int}} \leq 10$; $10 < S_{\text{int}} \leq 20$; $20 < S_{\text{int}} \leq 40$ и $S_{\text{int}} > 40$ Ян.

полной выборки источников. Если эти компактные компоненты меньше $1''$, то можно дополнительно посмотреть возможную связь между угловым размером компактного радиоисточника и другими определяемыми параметрами. Проверялось существование зависимости между компактностью и угловыми размерами источника, компактностью источника и его интегральной плотностью потока, плотностью потока в компактном компоненте и интегральной плотностью потока, угловыми размерами источника и интегральной плотностью потока. Явно выраженных зависимостей не обнаружено. В качестве примера на рис. 6а представлены точки, показывающие угловой размер источника и его интегральную плотность потока. На рис. 6б представлена зависимость между максимальным значением индекса мерцаний и интегральной плотностью потока.

Из рис. 6а видно, что явно выраженная зависимость между наблюдаемой плотностью потока и угловыми размерами источника отсутствует. В то же время на рис. 6б наблюдается зависимость $m_{\max}(S_{\text{int}})$. У более слабых источников индекс мерцаний в среднем больше.

Отметим и ряд ограничений на применимость разработанного способа оценки угловых размеров источников. Во-первых, он относится к источникам с угловыми размерами меньше угловой секунды. Рассеяние ограничивает границы до галактических широт $\pm 5^\circ$, как это видно из рис. 5. Во-вторых, обнаружена явная связь между полученными оценками угловых размеров и активностью Солнца в 11-летнем цикле. При наблюдениях на других частотах нужно получать свои оценки коэффициента β . В-третьих, оценки угловых размеров можно делать по спектрам мощности

мерцаний, из зависимости индекс мерцаний от элонгации в области слабых мерцаний, из зависимости индекс мерцаний от элонгации в области сильных мерцаний. Так как межпланетная среда меняется от года к году, во всех используемых методах будет проявляться влияние межпланетной среды и поэтому нужно учитывать этот факт.

5. ВЫВОДЫ

Оценки углового размера компактных радиоисточников, определяемые с помощью коэффициента асимметрии, зависят от того, на какой стадии цикла солнечной зависимости эти оценки получены. В максимуме солнечной активности преобладают сферическая составляющая и поправочный коэффициент β (см. формулу (4)), связывающий истинный угловой размер с определяемым с помощью коэффициента асимметрии, близок к 0.75. Если оценка углового размера делается в минимуме солнечной активности, то существенную роль играет экваториальная составляющая, и коэффициент β близок к 0.5.

Эффект связи оценки углового размера мерцающего радиоисточника с фазой цикла солнечной активности может зависеть от частоты наблюдений. В дециметровом диапазоне следует ожидать вариаций, близких или превышающих вариации в метровом диапазоне, так как некоторая часть данных определяется высокими гелиоширотами. Вместе с тем вариации в декаметровом диапазоне будут сравнительно невелики вследствие того, что основной вклад в мерцания вносят расположенные на низких широтах, близкие к орбите Земли области солнечного ветра, для которых циклические вариации малы.

Отметим также, что связь между оценкой углового размера источника и фазой цикла солнечной активности должна иметь место и для других способов оценок угловых размеров, в основе которых лежит предположение о центральной симметричности распределения солнечного ветра. Это связано с тем, что условие симметричности неявным образом присутствует в формульной части и в методе оценки углового размера из зависимости индекса мерцаний от элонгации, и в оценках углового размера из спектров мощности. Несимметричное распределение межпланетной плазмы будет приводить к завышенным оценкам углового размера в годы низкой активности Солнца по сравнению с годами высокой активности Солнца.

Полученный каталог компактных радиоисточников, приведенный в Приложении, может быть использован как основа при изучении солнечной активности по наблюдениям мерцаний радиоисточников. В то же время данный каталог имеет самостоятельную ценность при исследовании внегалактических радиоисточников, так как оценки плотностей потоков и угловых размеров компактных радиоисточников полных выборок очень редки.

КАТАЛОГ КОМПАКТНЫХ РАДИОИСТОЧНИКОВ

В первом столбце каталога дано название источника по Пушинскому каталогу дискретных источников. В столбцах 2–6 приведены параметры, усредненные на интервале 5 лет: индекс мерцаний в максимуме (m_{\max}), угловой размер источника (θ_0), компактность источника (доля энергии в компактном компоненте, x), наблюдаемые флуктуации плотности потока в максимуме мерцаний (ΔS_{\max}), плотность потока компактного компонента (S_c определяется по формуле (2)), в седьмом столбце дана интегральная плотность потока (S_{int}), пересчитанная с частоты 102.5 МГц на частоту 110.3 МГц в предположении, что все исследуемые источники имеют спектральный индекс, равный 0.9. Прочерк в столбце означает, что для этого источника не удалось оценить его угловой размер, поэтому прочерки стоят и в других столбцах, значение в которых определяется лишь при известных угловых размерах.

Таблица 4. Приложение. Каталог компактных радиоисточников

Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$	Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$
0002+126	0.08	—	—	2.4	—	30.5	1118+238	0.46	—	—	5.4	—	11.6
0003+196	0.69	—	—	4	—	5.8	1119+127	0.2	—	—	7	—	35
0004–004	0.44	0.4	0.88	11	22.2	25.1	1119+197	0.71	0.77	1	4.9	7	7
0004+218	0.15	—	—	0.9	—	6.3	1120+217	0.12	—	—	1.2	—	10.1
0004+382	0.2	—	—	2.8	—	13.8	1123+303	0.13	—	—	3.4	—	26
0007+124	0.43	—	—	7.8	—	18.1	1124+260	0.13	—	—	0.9	—	7.2
0010+353	0.11	—	—	0.6	—	5.4	1126+018	0.19	—	—	3	—	15.8
0010+348	0.19	—	—	0.9	—	4.9	1130+106	0.47	—	—	2.3	—	4.8
0010+344	0.19	—	—	1.6	—	8.5	1132+304	0.1	—	—	0.9	—	8.6
0010+266	0.27	—	—	1.3	—	5	1133+262	0.11	—	—	0.6	—	5.8
0011+281	0.32	0.44	0.58	1.8	3.3	5.7	1135+314	0.08	—	—	0.6	—	7.5
0011+206	0.12	—	—	2.2	—	11.9	1138+123	0.08	—	—	0.7	—	9.1
0012+322	0.1	—	—	2.7	—	26.7	1138+058	0.12	—	—	0.7	—	5.7
0012+090	0.36	0.61	1	2.2	6.1	6.1	1139+063	0.34	0.79	1	1.6	4.7	4.7
0013+135	0.58	0.41	1	6.2	10.7	10.7	1139+234	0.12	—	—	1.5	—	12.5
0015+214	0.06	—	—	0.4	—	6.9	1140+218	0.11	—	—	1.9	—	17.1
0017–047	0.5	0.86	1	3.1	6.2	6.2	1140+224	0.25	—	—	6.4	—	25.8
0017+154	0.12	—	—	2.8	—	23.4	1141+303	0.11	—	—	1.5	—	13.8
0018+242	0.22	—	—	1.2	—	5.3	1141+374	0.34	0.41	0.63	4	7.3	11.6
0019–086	0.36	—	—	2.4	—	6.7	1142+319	0.09	—	—	3.8	—	41.9
0025+126	0.19	0.61	0.53	3	8.3	15.6	1142+354	0.12	—	—	1.1	—	8.9

Таблица 4. Продолжение

Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$	Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$
0025+373	0.24	0.67	0.7	1.2	3.4	4.9	1143+293	0.1	—	—	1.2	—	12
0026+258	0.2	—	—	1.1	—	5.4	1145+256	0.15	—	—	0.9	—	6.2
0029+216	0.27	—	—	2.5	—	9.4	1147+131	0.25	0.63	0.63	4.4	11.2	17.9
0031+063	0.15	—	—	2.1	—	14.3	1148+287	0.08	—	—	0.4	—	5.5
0031+391	0.25	0.81	0.77	6.1	18.8	24.5	1148+387	0.14	—	—	1	—	7.4
0034+386	0.11	—	—	1.2	—	11.1	1149+174	0.16	—	—	0.9	—	5.3
0035+121	0.27	0.72	0.88	1.6	5.2	5.9	1150+334	0.11	—	—	0.6	—	5.1
0035+339	0.09	—	—	0.9	—	10.1	1150+115	0.21	—	—	1.6	—	7.7
0036+043	0.28	—	—	5.7	—	20.2	1151+026	0.2	0.96	0.69	1.1	3.7	5.4
0038+329	0.14	—	—	2.7	—	19	1152+045	0.18	0.86	0.59	3.3	11	18.8
0038+088	0.12	—	—	1.7	—	14	1153+305	0.23	0.92	0.91	1.2	4.6	5.1
0038+255	0.25	0.61	0.67	3.4	8.9	13.2	1154+193	0.19	—	—	0.9	—	5
0039+321	0.33	—	—	3.1	—	9.5	1157+255	0.11	—	—	1	—	9.2
0040+373	0.17	—	—	1.9	—	11.4	1158+123	0.19	0.31	1	1	5.4	5.4
0040+281	0.09	—	—	0.9	—	9.5	1159–060	0.3	—	—	1.6	—	5.4
0042+062	0.32	0.49	0.74	1.7	3.8	5.2	1200+353	0.12	0.65	0.86	0.9	6.2	7.2
0043+108	0.43	0.48	0.94	2.3	5	5.3	1201+240	0.08	—	—	0.4	—	4.7
0044+302	0.17	—	—	1	—	5.8	1201+310	0.13	—	—	0.8	—	6
0047+324	0.1	—	—	0.5	—	4.9	1204+372	0.16	0.94	0.77	0.9	4.2	5.5
0049+118	0.23	—	—	1.9	—	8.2	1204+353	0.22	0.92	0.87	2.1	8.2	9.5
0050+381	0.31	—	—	3	—	9.7	1209+120	0.24	—	—	1.4	—	5.9
0051+129	0.14	—	—	1.4	—	10.2	1211+285	0.13	—	—	1	—	7.5
0051+163	0.25	0.66	0.76	2	6	8	1211–007	0.46	0.48	0.91	3	6.1	6.7
0051+169	0.13	—	—	0.9	—	6.9	1212+261	0.14	—	—	0.8	—	5.4
0054–015	0.39	0.6	0.87	17.4	39.3	45.2	1214+351	0.15	—	—	1.5	—	10.2
0054+090	0.19	—	—	1	—	5.1	1216–068	0.48	0.96	1	2.4	5	5
0056+315	0.81	—	—	4.2	—	5.2	1216–021	0.34	0.68	0.93	7.2	19.8	21.3
0058+106	0.16	—	—	1.5	—	9.5	1216+235	0.13	—	—	0.7	—	5.3
0059+145	0.1	—	—	2.3	—	23.2	1216+194	0.21	—	—	1	—	4.7
0100+256	0.32	0.52	0.69	3.9	8.6	12.4	1217+001	0.34	0.46	0.69	2.3	4.7	6.8
0100+045	0.65	0.34	0.97	4.4	6.6	6.8	1217–038	0.36	0.67	1	2.1	5.8	5.8
0104+322	0.16	—	—	5.4	—	34	1218+340	0.16	0.95	0.79	3.8	18.5	23.3
0105+267	0.07	—	—	0.4	—	5.9	1218–026	0.35	0.89	1	1.8	5.2	5.2
0106+130	0.06	—	—	4	—	66.3	1218+228	0.21	—	—	2.1	—	9.9
0106+144	0.08	—	—	0.6	—	7.9	1218+318	0.09	—	—	0.9	—	10.5
0108+134	0.08	—	—	0.4	—	5.5	1222+217	0.14	—	—	1.3	—	9.1
0108+352	0.13	—	—	0.6	—	4.7	1225+207	0.22	—	—	1.6	—	7.1
0108+272	0.24	0.62	0.53	1.6	3.4	6.4	1228+263	0.12	—	—	0.7	—	5.7
0110+296	0.2	—	—	0.9	—	4.7	1228+298	0.29	0.57	0.76	1.5	4	5.3
0111+339	0.18	—	—	0.9	—	5.1	1228+419	0.37	0.72	0.82	2.7	6	7.3
0115+025	0.2	0.83	0.7	1.9	7	10	1229+342	0.18	—	—	0.9	—	5.1
–0119+379	0.06	—	—	0.8	—	13.2	1232+397	0.16	0.87	0.58	1.9	6.9	12
0119–047	0.4	0.82	1	2.3	5.8	5.8	1233+268	0.07	—	—	0.4	—	6.2

Таблица 4. Продолжение

Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$	Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$
0124+231	0.28	—	—	1.7	—	5.9	1233+168	0.1	0.48	0	1.4	0	13.3
0124+347	0.23	—	—	1.8	—	7.9	1234+372	0.15	—	—	1.2	—	8.2
0124+326	0.09	—	—	1.3	—	14.6	1236+057	0.12	—	—	2.7	—	22.6
0125+288	0.1	—	—	1.9	—	19.5	1239+329	0.13	—	—	2.1	—	16.5
0127+234	0.32	—	—	5.8	—	18.1	1242+364	0.55	0.3	0.85	4.2	6.4	7.5
0128+251	0.14	—	—	2.5	—	17.6	1244+390	0.13	—	—	1.6	—	12.5
0128+063	0.13	—	—	2	—	15.7	1246+095	0.26	—	—	3.4	—	13.3
0133+206	0.07	—	—	3.7	—	52.3	1246+220	0.2	—	—	1	—	5.1
0134+310	0.26	—	—	1.3	—	5.2	1246+113	0.23	—	—	1.1	—	4.8
0134+329	0.63	0.33	0.98	52	80.6	82.5	1248+240	0.11	—	—	0.5	—	4.9
0135+227	0.38	—	—	4.1	—	10.9	1251+160	0.12	—	—	1.8	—	15
0138+135	0.58	0.5	1	8.7	15.1	15.1	1251+349	0.16	—	—	0.8	—	4.8
0139+295	0.08	—	—	0.4	—	5.3	1252+278	0.06	—	—	1.4	—	23.3
0140+388	0.32	—	—	2	—	6.4	1253+375	0.09	—	—	0.9	—	10
0141+341	0.21	—	—	1.7	—	7.9	1255+370	0.14	—	—	1.8	—	13.1
0142+020	0.22	0.85	1	1.1	4.9	4.9	1255–078	0.4	—	—	2.3	—	5.7
0146+064	0.09	—	—	1.1	—	12	1257–003	0.5	0.55	0.99	3	5.9	5.9
0147+268	0.17	—	—	0.9	—	5.4	1258+384	0.11	—	—	0.7	—	6.5
0151–038	0.53	0.8	1	4.1	7.7	7.7	1258+404	0.14	—	—	3.5	—	25.1
0151+407	0.36	—	—	4.6	—	12.8	1258+300	0.14	—	—	1	—	7.2
0152+039	0.1	—	—	3.2	—	32	1302+388	0.21	—	—	1.7	—	8.3
0153+286	0.13	—	—	3.2	—	24.3	1303+091	0.19	—	—	4.1	—	21.5
0154+209	0.1	—	—	1.1	—	11.4	1304+067	0.08	—	—	0.4	—	4.8
0154+224	0.15	—	—	2	—	13.3	1307+122	0.36	0.9	1	4.4	12.3	12.3
0157+011	0.34	—	—	2.2	—	6.4	1309+212	0.65	0.78	1	3.5	5.4	5.4
0203+292	0.11	—	—	1.4	—	13.2	1313+022	0.36	0.49	0.62	10.1	17.3	27.9
0204+295	0.11	—	—	1	—	9.4	1315+233	0.23	—	—	1.6	—	7.1
0208+211	0.09	—	—	1.1	—	12	1315+349	0.18	—	—	0.9	—	5.1
0210+049	0.2	—	—	4.9	—	24.7	1316+299	0.21	0.71	1	2.2	10.5	10.5
0211+119	0.17	—	—	1.7	—	9.8	1318+258	0.24	—	—	1.1	—	4.7
0212+349	0.2	—	—	1.9	—	9.5	1318+380	0.18	—	—	1.8	—	10
0215+108	0.35	—	—	3.6	—	10.3	1318+114	0.3	—	—	4.3	—	14.2
0216+022	0.43	—	—	10	—	23.3	1319+271	0.47	—	—	3.6	—	7.7
0218+111	0.38	—	—	2.9	—	7.6	1320+299	0.21	—	—	2	—	9.4
0219+398	0.07	—	—	3.4	—	48.9	1321+318	0.09	—	—	0.7	—	7.7
0221+276	0.43	0.43	0.82	5.5	10.3	12.7	1322+259	0.22	—	—	1.1	—	4.8
0222+267	0.15	—	—	1.1	—	7.5	1324+230	0.42	—	—	2.8	—	6.6
0225+370	0.24	—	—	2.8	—	11.8	1325+371	0.08	—	—	0.5	—	6.1
0226+344	0.11	—	—	0.6	—	5.7	1325+321	0.72	—	—	4.7	—	6.5
0226+294	0.14	—	—	1.9	—	13.5	1326+150	0.07	—	—	0.8	—	12
0227+307	0.36	—	—	1.7	—	4.8	1326+070	0.32	—	—	2	—	6.2
0228+344	0.1	—	—	2.4	—	23.9	1326+312	0.32	0.39	0.64	2.9	5.8	9.1
0229+375	0.17	—	—	1.3	—	7.4	1328+308	0.3	0.52	0.64	7.8	16.7	26.3

Таблица 4. Продолжение

Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$	Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$
0231+132	0.19	—	—	1.2	—	6.3	1328+253	0.54	0.36	0.93	16.2	28	30.1
0231+314	0.13	—	—	3.7	—	28.1	1329+140	0.14	—	—	1.4	—	9.8
0232+229	0.11	—	—	1	—	8.7	1336+359	0.15	—	—	1.2	—	7.9
0235+272	0.32	—	—	2.9	—	8.9	1340+354	0.1	—	—	0.7	—	6.9
0235+099	0.1	—	—	1.6	—	16.1	1340+088	0.45	—	—	6.6	—	14.7
0238+100	0.12	—	—	0.8	—	6.3	1340+320	0.08	0.77	0	0.5	0	6.4
0238+089	0.21	—	—	1.1	—	5.1	1341+144	0.46	0.38	0.85	4.1	7.6	8.9
0242+365	0.09	—	—	1.1	—	12.6	1343+215	0.13	—	—	0.9	—	7.2
0242+350	0.14	—	—	0.7	—	4.8	1345+288	0.11	—	—	1.1	—	9.8
0244+378	0.26	—	—	1.4	—	5.4	1345+245	0.32	—	—	2.7	—	8.4
0244+282	0.14	—	—	2	—	14.1	1346+269	0.09	—	—	0.6	—	6.8
0246+334	0.16	—	—	1.7	—	10.6	1347+215	0.19	—	—	3	—	15.6
0249+081	0.91	0.35	1	4.9	5.4	5.4	1348+161	0.18	—	—	0.9	—	4.8
0250+385	0.08	—	—	1	—	12.1	1349+353	0.24	—	—	1.5	—	6.4
0250—011	0.31	—	—	1.7	—	5.4	1350+317	0.11	—	—	2.5	—	22.5
0253—030	0.4	0.87	1	2.6	6.4	6.4	1352+164	0.06	—	—	0.9	—	15.5
0254+093	0.68	0.33	1	3.7	5.4	5.4	1353+259	0.11	—	—	0.6	—	5.7
0258+349	0.23	0.75	1	2.8	12.5	12.5	1354+398	0.18	—	—	1.7	—	9.4
0300+375	0.15	—	—	2.3	—	15.1	1357+267	0.12	—	—	0.7	—	5.4
0300+276	0.13	—	—	0.9	—	7.1	1358+116	0.25	—	—	1.3	—	5.3
0301+335	0.16	—	—	0.8	—	5.2	1401+387	0.09	—	—	0.8	—	8.6
0303+349	0.21	—	—	1	—	4.8	1401+353	0.24	—	—	2.6	—	11
0307+252	0.4	—	—	2.7	—	6.9	1403—026	0.63	0.47	1	4.6	7.2	7.2
0308+385	0.55	0.5	1	4.8	8.6	8.6	1404+344	0.12	—	—	3.2	—	26.4
0308+305	0.54	0.39	0.91	5.9	10	10.9	1405+257	0.28	0.5	0.68	1.4	3.3	4.9
0309+153	0.19	—	—	2	—	10.3	1405+241	0.3	—	—	2.9	—	9.6
0309+262	0.09	—	—	0.9	—	10.4	1407+317	0.08	—	—	1.4	—	17
0309+048	0.5	—	—	7.9	—	15.9	1408+370	0.37	0.47	0.79	3.1	6.6	8.4
0310+221	0.09	—	—	0.7	—	7.5	1414+111	0.07	—	—	1.2	—	16.8
0310+363	0.26	—	—	1.2	—	4.7	1414+362	0.1	—	—	0.5	—	5.3
0312+318	0.09	—	—	0.9	—	10.4	1414—042	0.25	0.65	0.75	2.6	7.9	10.5
0317+163	0.54	0.25	0.79	7	10.3	13.1	1415+072	0.26	0.87	0.88	6.2	21.4	24.2
0317+306	0.3	—	—	1.9	—	6.2	1416+045	0.15	0.91	0.55	3.2	11.6	21
0320+119	0.41	—	—	2.7	—	6.6	1416+059	0.36	0.55	0.91	7.7	19.3	21.3
0322+358	0.13	—	—	1	—	7.9	1416+142	0.43	0.34	0.7	2.1	3.5	5
0322—035	0.36	—	—	4.7	—	13.1	1416+067	0.34	0.52	0.81	21.3	50.1	62
0325+290	0.1	—	—	0.5	—	5	1417+272	0.12	—	—	0.8	—	6.9
0328+248	0.3	—	—	1.8	—	6.1	1423+243	0.16	—	—	1.7	—	10.6
0328+294	0.28	—	—	1.5	—	5.3	1423+275	0.33	0.76	0.71	3.7	7.8	11
0329—071	0.29	—	—	2.3	—	8.1	1424+008	0.44	0.34	0.49	2.2	2.5	5.1
0331—013	0.3	0.78	0.83	13.5	38	45.6	1425+287	0.46	—	—	3.5	—	7.7
0333+130	0.29	—	—	2.9	—	9.9	1425+044	0.3	0.94	1	2.1	7.1	7.1
0333+095	0.11	—	—	1.2	—	10.8	1426+296	0.23	0.99	0.78	1.3	4.5	5.8

Таблица 4. Продолжение

Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$	Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$
0334+340	0.3	0.89	1	1.6	5.4	5.4	1427+075	0.13	—	—	1.6	—	12.6
0335+125	0.91	0.24	1	4.9	5.4	5.4	1435+038	0.11	—	—	4.9	—	44.3
0335+100	0.12	—	—	0.9	—	7.6	1436+286	0.34	0.5	0.62	2.3	4.2	6.8
0335–006	0.36	—	—	1.9	—	5.3	1437–076	0.22	0.89	0.93	3.3	13.9	14.9
0336+096	0.11	—	—	0.7	—	5.9	1438+358	0.19	—	—	1.7	—	8.9
0341+092	0.28	—	—	4.2	—	15.1	1443+240	0.2	—	—	1.2	—	5.8
0341+064	0.16	0.67	0.93	0.9	5.2	5.6	1445+376	0.32	0.6	0.97	1.9	5.7	5.9
0343+277	0.14	—	—	1.2	—	8.5	1454+244	0.18	0.88	0.68	1.1	4.1	6.1
0343+337	0.27	0.67	0.96	2.6	9	9.4	1454+271	0.22	—	—	1.4	—	6.3
0345+340	0.24	0.58	0.68	3.5	9.8	14.4	1455+253	0.07	—	—	0.6	—	8.6
0346+301	0.24	—	—	1.4	—	5.6	1457+146	0.12	—	—	1.6	—	13.5
0346+335	0.3	—	—	3.9	—	13.2	1502+037	0.57	0.47	1	3.4	6	6
0347+055	0.21	0.83	0.76	6.9	25.3	33.4	1502+290	0.24	—	—	1.5	—	6.3
0348+263	0.06	—	—	0.8	—	12.8	1508+081	0.08	—	—	2.8	—	35
0349+126	0.59	—	—	3.1	—	5.3	1510+157	0.33	0.88	1	3.8	11.6	11.6
0349+383	0.16	—	—	1.5	—	9.7	1511+227	0.1	—	—	1	—	10
0350–072	0.22	—	—	6.2	—	28.1	1514+333	0.17	—	—	1	—	6.1
0352–081	0.16	—	—	1.4	—	8.7	1518–036	0.45	0.84	1	2.2	4.9	4.9
0353+129	0.27	0.74	0.9	4.2	13.8	15.3	1518+154	0.19	—	—	0.9	—	4.8
0355+217	0.14	—	—	0.7	—	5.2	1526+377	0.44	—	—	5	—	11.4
0355+145	0.21	—	—	1.9	—	9.1	1527+352	0.43	—	—	3.4	—	8
0356+237	0.17	—	—	0.9	—	5.3	1529+243	0.06	—	—	1.9	—	31.2
0401+159	0.42	0.38	0.75	2.2	3.9	5.2	1529+357	0.06	—	—	1.2	—	20.4
0403+303	0.09	—	—	2.2	—	24.1	1529+110	0.11	—	—	0.7	—	6.2
0405+259	0.42	—	—	2.2	—	5.2	1530+155	0.44	0.39	0.86	2.8	5.4	6.3
0406+387	0.26	—	—	2.7	—	10.3	1534+139	0.24	—	—	2.6	—	11
0406+294	0.24	—	—	1.5	—	6.4	1538+147	0.31	0.83	1	1.6	5.3	5.3
0408+070	0.25	—	—	1.3	—	5.1	1538+011	0.49	0.52	1	3.7	7.4	7.4
0408+170	0.15	—	—	1.4	—	9.3	1539+118	0.24	—	—	2	—	8.5
0409+229	0.31	—	—	2.6	—	8.5	1542+354	0.28	—	—	2.8	—	9.9
0410+267	0.59	—	—	5.4	—	9.1	1543+373	0.35	—	—	2.1	—	6.1
0410+111	0.07	—	—	2.4	—	33.9	1544+082	0.2	—	—	1.1	—	5.3
0417+253	0.19	—	—	2.5	—	13.2	1547+386	0.64	—	—	4.7	—	7.4
0418+106	0.17	—	—	1	—	5.9	1548+216	0.14	—	—	3.7	—	26.1
0418+151	0.11	—	—	1.5	—	13.4	1548+053	0.17	0.73	0.47	5.3	14.5	30.8
0418+146	0.12	—	—	0.9	—	7.2	1549+261	0.07	—	—	0.4	—	6.1
0420+349	0.19	—	—	1.7	—	8.7	1549+202	0.44	0.93	1	10.6	24	24
0423+307	0.19	—	—	1.5	—	7.8	1555+357	0.16	—	—	1.4	—	8.8
0425+233	0.44	—	—	4.3	—	9.9	1557+187	0.33	—	—	2.4	—	7.3
0426+411	0.28	0.37	1	1.7	6	6	1557+020	0.07	—	—	0.4	—	5.2
0426+157	0.12	—	—	0.6	—	5.3	1559+158	0.28	—	—	2.7	—	9.7
0430+050	0.31	0.41	0.58	2.8	5.2	8.9	1600+021	0.07	—	—	4.7	—	66.8
0433+032	0.13	—	—	1	—	7.9	1601+017	0.07	—	—	1.4	—	20.1

Таблица 4. Продолжение

Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$	Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$
0433+213	0.13	—	—	2.5	—	19.1	1602+375	0.44	—	—	2.9	—	6.6
0434+102	0.37	—	—	1.8	—	4.9	1605+412	0.44	—	—	3.3	—	7.5
0435+230	0.12	—	—	1.8	—	15.4	1610+225	0.15	—	—	2.4	—	15.9
0439+013	0.19	0.42	0.29	3.7	5.5	19.2	1619+128	0.09	—	—	0.8	—	8.8
0442+151	0.07	—	—	0.5	—	7.6	1621+251	0.17	—	—	2.7	—	15.8
0442+396	0.16	—	—	4.5	—	28	1622+128	0.09	—	—	1	—	11.2
0444+334	0.08	—	—	1.3	—	15.8	1622+239	0.06	—	—	0.9	—	15.2
0446+207	0.59	—	—	2.8	—	4.7	1622+123	0.16	0.58	0.38	1.1	2.6	6.9
0447+014	0.21	—	—	1.6	—	7.6	1623+271	0.08	—	—	0.9	—	11.3
0449+319	0.12	—	—	0.9	—	7.6	1625+214	0.56	—	—	4.7	—	8.5
0450+314	0.09	—	—	2.3	—	25.8	1625+278	0.1	—	—	1.8	—	18
0452+003	0.28	0.66	0.72	2.2	5.9	8.2	1626+150	0.21	—	—	1.1	—	5.1
0453+141	0.43	0.57	1	3.7	8.6	8.6	1626+397	0.1	—	—	8.4	—	84.4
0453+210	0.15	—	—	0.8	—	5.4	1634+270	0.2	—	—	2.1	—	10.5
0456+324	0.15	—	—	1	—	6.5	1635–033	0.56	0.75	1	3.9	7	7
0456+397	0.11	—	—	0.7	—	6.2	1635+159	0.13	—	—	1.4	—	10.5
0459+247	0.2	—	—	1.1	—	5.4	1635+112	0.15	—	—	1.5	—	10.1
0459+252	0.13	—	—	4.8	—	36.9	1641+300	0.15	—	—	0.9	—	5.9
0502+282	0.11	—	—	1.8	—	16	1642+134	0.17	—	—	3.3	—	19.5
0505+034	0.17	—	—	0.8	—	4.8	1651+271	0.45	—	—	3.1	—	6.9
0508+028	0.14	—	—	2.8	—	20.2	1656+124	0.1	—	—	2.5	—	25.4
0510+387	0.37	—	—	5.8	—	15.7	1657+120	0.06	—	—	1	—	16.2
0511+017	0.18	0.74	0.44	3.4	8.4	18.9	1658+067	0.14	—	—	1.3	—	9.1
0511+337	0.07	—	—	1	—	14.9	1658+285	0.17	—	—	1	—	5.6
0511+347	0.09	—	—	0.6	—	6.5	1659+300	0.09	—	—	1.1	—	12.4
0512–014	0.37	0.74	1	2.3	6.2	6.2	1702+298	0.1	—	—	0.8	—	8.1
0513+249	0.09	—	—	2.4	—	26.8	1707+229	0.13	—	—	0.8	—	6
0514+266	0.22	—	—	1.2	—	5.3	1708+078	0.18	—	—	5.6	—	30.9
0514+238	0.29	—	—	2.1	—	7.2	1711+281	0.34	—	—	2.1	—	6.1
0514+244	0.14	—	—	0.8	—	5.4	1716+316	0.38	—	—	2	—	5.3
0514+107	0.13	—	—	1.2	—	9.4	1717+229	0.25	0.9	0.88	1.4	5	5.6
0518+165	0.56	0.38	0.98	16.6	28.6	29.3	1722+343	0.06	—	—	0.4	—	6.8
0519+146	0.1	—	—	1	—	9.9	1733+035	0.41	0.94	1	2.1	5.2	5.2
0519–060	0.26	—	—	1.2	—	4.7	1736+114	0.2	—	—	5.8	—	29.1
0523+328	0.09	—	—	2.7	—	30.4	1737+315	0.22	—	—	1.3	—	5.7
0537+174	0.22	—	—	1.1	—	4.8	1739+311	0.13	—	—	0.7	—	5.4
0542–010	0.3	—	—	1.7	—	5.8	1739+185	0.52	—	—	4.5	—	8.6
0544+011	0.17	0.62	0.51	1.6	4.8	9.4	1746+093	0.55	—	—	12.9	—	23.5
0549+085	0.3	—	—	1.6	—	5.3	1746–015	0.32	0.91	1	21.4	67.2	67.2
0552+066	0.16	—	—	0.9	—	5.3	1746+160	0.07	—	—	0.4	—	5.2
0556+283	0.61	—	—	3.4	—	5.5	1750+270	0.56	—	—	3.6	—	6.5
0558+387	0.26	—	—	2.5	—	9.7	1751+064	0.19	—	—	14.8	—	77.6
0601+299	0.1	—	—	1.1	—	11.3	1756+135	0.39	0.33	0.67	3.7	6.3	9.4

Таблица 4. Продолжение

Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$	Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$
0601+012	0.24	—	—	1.1	—	4.8	1756+034	0.21	—	—	7.1	—	33.9
0602+018	0.18	—	—	1	—	5.4	1757+237	0.11	—	—	1.3	—	11.8
0606+124	0.13	—	—	0.8	—	6	1757+012	0.29	0.4	0.5	8.5	14.7	29.6
0607+366	0.43	—	—	2.3	—	5.4	1757+018	0.22	0.4	0.41	2.8	5.4	13.1
0607+094	0.33	—	—	1.7	—	5.3	1758–024	0.47	—	—	7.6	—	16.1
0610+261	0.1	—	—	2.9	—	28.7	1759+139	0.33	0.52	0.85	4.2	10.8	12.7
0612+415	0.36	—	—	3.1	—	8.6	1803+110	0.23	—	—	4.9	—	21.4
0614+196	0.57	—	—	11.9	—	20.9	1805+099	0.1	—	—	1.3	—	13.1
0614+139	0.24	—	—	5.5	—	22.8	1806+109	0.23	—	—	4.9	—	21.1
0614+376	0.07	—	—	0.9	—	13.2	1808+099	0.11	—	—	1.6	—	14.7
0616+341	0.14	—	—	1.1	—	7.9	1810+265	0.11	—	—	1.1	—	10.4
0618+268	0.14	—	—	0.8	—	5.5	1811–022	0.3	0.81	1	15.6	51	51
0619+145	0.24	—	—	6.1	—	25.4	1812+014	0.42	0.32	0.64	17.4	26.6	41.8
0619+230	0.11	—	—	1.1	—	10	1812+031	0.09	—	—	12.1	—	134.6
0619+384	0.13	—	—	2.4	—	18.3	1829+147	0.1	—	—	0.9	—	8.7
0620–026	0.34	—	—	3.6	—	10.6	1831+123	0.16	—	—	1.5	—	9.1
0620+318	0.39	—	—	5.3	—	13.5	1833+327	0.4	—	—	14.5	—	36.3
0621+402	0.12	—	—	4.5	—	37.9	1836+171	0.1	—	—	3.3	—	32.5
0625+337	0.17	—	—	1.6	—	9.4	1837+048	0.14	—	—	0.9	—	6.8
0627–014	0.25	—	—	1.6	—	6.6	1838+098	0.48	—	—	11.6	—	24.1
0627+003	0.23	0.55	0.52	2	4.7	9	1838+133	0.25	—	—	7.4	—	29.7
0628+251	0.06	—	—	1	—	15.9	1841–062	0.1	—	—	14.5	—	144.9
0630–030	0.29	—	—	2	—	6.8	1843+002	0.15	—	—	4.8	—	31.8
0631+117	0.59	—	—	4.9	—	8.3	1844–053	0.31	—	—	37.8	—	121.8
0632+023	0.12	—	—	4.4	—	36.8	1845–045	0.1	—	—	7	—	70.1
0633+111	0.37	—	—	2.5	—	6.8	1846+264	0.17	—	—	0.8	—	4.9
0633–027	0.31	—	—	2.5	—	8.2	1846–030	0.33	—	—	16.9	—	51.2
0635–002	0.34	—	—	1.8	—	5.3	1847+074	0.08	—	—	0.6	—	8
0641+074	0.16	—	—	0.8	—	4.7	1848–061	0.14	—	—	3.7	—	26.1
0644+419	0.15	—	—	1	—	6.9	1848+350	0.16	0.5	1	1.2	7.3	7.3
0644+191	0.08	—	—	0.5	—	6.5	1848+033	0.06	—	—	1.6	—	27.3
0645–021	0.34	—	—	7	—	20.5	1856+173	0.14	—	—	1.1	—	7.5
0646–083	0.28	—	—	1.5	—	5.3	1857+008	0.41	—	—	18	—	43.9
0648+376	0.24	—	—	1.8	—	7.3	1858+127	0.16	—	—	4.2	—	26.3
0649+227	0.12	—	—	3.1	—	26.2	1901+299	0.2	—	—	3.8	—	19
0651+240	0.21	—	—	1.2	—	5.7	1901+319	0.11	—	—	1.6	—	14.1
0653+106	0.21	—	—	2.1	—	9.9	1905+102	0.16	—	—	15.7	—	98
0655+360	0.23	—	—	2.7	—	11.8	1912+016	0.37	—	—	21.1	—	57
0655+169	0.22	—	—	1.3	—	5.8	1912+140	0.32	—	—	47.6	—	148.8
0656+214	0.86	—	—	4.9	—	5.7	1918+393	0.11	—	—	2.1	—	19.3
0657+325	0.3	—	—	1.5	—	5	1921+191	0.08	—	—	1.7	—	21.2
0657+032	0.27	—	—	1.3	—	4.8	1922+196	0.18	—	—	3.2	—	17.9
0658+354	0.31	0.69	0.86	5.1	14.3	16.5	1925+054	0.13	—	—	3.5	—	27.2

Таблица 4. Продолжение

Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$	Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$
0658+380	0.33	0.53	0.8	7	16.8	21.2	1926+151	0.07	—	—	8.1	—	115.6
0659–024	0.29	—	—	7.8	—	27	1929+155	0.06	—	—	0.3	—	5.5
0700+375	0.35	0.35	0.57	2.6	4.2	7.3	1930+190	0.06	—	—	5.4	—	89.8
0704+351	0.13	—	—	0.6	—	4.7	1931+178	0.08	—	—	1.3	—	16
0709–088	0.29	—	—	2.8	—	9.6	1933+012	0.25	—	—	1.9	—	7.5
0710+118	0.08	—	—	2	—	25.4	1933+201	0.06	—	—	0.8	—	13.7
0711+147	0.25	—	—	3.3	—	13.3	1933+166	0.09	—	—	4	—	44.5
0712–089	0.34	0.82	1	1.8	5.3	5.3	1935+185	0.32	—	—	2.9	—	8.9
0713+367	0.09	—	—	0.4	—	4.9	1938+212	0.29	—	—	1.6	—	5.4
0715+378	0.07	—	—	0.9	—	12.9	1946+024	0.15	—	—	1	—	6.5
0720+192	0.15	—	—	1.5	—	10.2	1948+237	0.13	—	—	0.7	—	5.1
0721+129	0.28	—	—	2.8	—	10.1	1950+135	0.07	—	—	1.8	—	25
0721+161	0.13	—	—	1.6	—	12.4	1950+254	0.4	—	—	3.9	—	9.9
0725+146	0.35	0.62	0.96	5.7	15.5	16.2	2000+018	0.11	—	—	8.8	—	79.9
0727+214	0.37	—	—	2.5	—	6.9	2004+326	0.05	0.93	0.43	0.4	3.3	7.6
0730+259	0.18	—	—	1	—	5.5	2010–051	0.52	—	—	2.8	—	5.3
0731+270	0.49	—	—	2.6	—	5.3	2011+195	0.23	0.77	0.64	1.5	4.2	6.7
0731+317	0.24	—	—	2.1	—	8.7	2012+234	0.08	—	—	9.5	—	119.1
0732+332	0.59	—	—	8.1	—	13.8	2012+264	0.39	—	—	5.2	—	13.3
0732+291	0.13	—	—	1.6	—	11.9	2016+094	0.17	—	—	1.3	—	7.4
0733+244	0.13	0.69	0.41	0.6	2	4.8	2018+296	0.06	—	—	3.6	—	59.6
0733+361	0.39	—	—	3.7	—	9.5	2018+126	0.18	—	—	1.4	—	7.7
0740+380	0.3	—	—	9.6	—	32	2018+209	0.22	—	—	1.1	—	5.2
0741+394	0.21	—	—	2	—	9.4	2019+095	0.08	—	—	1.1	—	13.3
0742+376	0.22	—	—	1.9	—	8.7	2019+178	0.09	—	—	0.7	—	7.6
0745+343	0.21	—	—	1	—	5	2019+018	0.41	0.48	1	2.1	5.3	5.3
0745+119	0.48	0.32	0.72	2.7	4.1	5.6	2020+076	0.28	—	—	13.4	—	47.9
0747+316	0.38	—	—	3.5	—	9.2	2021+206	0.07	—	—	0.4	—	5.4
0748+343	0.19	0.6	0.62	1.8	6	9.7	2022+213	0.16	—	—	1.9	—	11.8
0750+299	0.18	—	—	1.3	—	7.1	2024+117	0.14	—	—	1.9	—	13.3
0755+379	0.08	—	—	1.5	—	18.6	2029+189	0.08	—	—	1.5	—	19.3
0800–040	0.44	—	—	2.8	—	6.4	2030+072	0.65	0.72	1	3.7	5.6	5.6
0801+304	0.3	—	—	1.9	—	6.2	2030+243	0.44	—	—	2.4	—	5.4
0807+285	0.19	—	—	0.9	—	4.8	2030+257	0.13	—	—	2	—	15.4
0810+371	0.28	—	—	2.1	—	7.4	2036–084	0.46	—	—	3.1	—	6.8
0811+389	0.16	—	—	1.7	—	10.4	2044–029	0.56	—	—	11.8	—	21.1
0812+381	0.12	—	—	0.9	—	7.4	2045+233	0.25	—	—	1.3	—	5.2
0820+225	0.2	—	—	1.5	—	7.3	2046+148	0.18	—	—	1	—	5.5
0822+345	0.09	—	—	1.1	—	12.7	2049+149	0.18	—	—	1.3	—	7.2
0823+379	0.46	0.24	0.8	3.4	6	7.4	2053+228	0.11	—	—	1.3	—	12
0827+379	0.6	0.28	0.85	8	11.4	13.3	2054+083	0.28	0.7	0.74	5.6	14.8	20
0831–052	0.27	—	—	3.4	—	12.7	2057+117	0.61	—	—	6.9	—	11.4
0831+099	0.68	—	—	3.6	—	5.3	2100+140	0.76	—	—	4.9	—	6.4

Таблица 4. Продолжение

Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$	Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$
0834+371	0.11	—	—	0.5	—	4.8	2105+216	0.16	—	—	1.3	—	7.9
0836+255	0.1	—	—	2	—	19.6	2106+143	0.54	—	—	3.3	—	6.2
0837+300	0.09	—	—	0.4	—	4.8	2111+302	0.34	—	—	2.8	—	8.3
0846+380	0.06	—	—	0.4	—	6.9	2113+088	0.2	—	—	3	—	14.9
0850+344	0.23	—	—	2.3	—	10.1	2118+372	0.06	—	—	1.1	—	18.8
0854+343	0.29	—	—	4.9	—	16.9	2120+406	0.08	—	—	0.5	—	5.9
0855+281	0.2	—	—	3.5	—	17.7	2120+168	0.07	—	—	1.9	—	26.5
0855–039	0.31	—	—	1.5	—	5	2121+299	0.2	—	—	4	—	20.1
0857+188	0.08	—	—	0.8	—	9.9	2130+127	0.23	—	—	3.4	—	14.9
0858+388	0.12	—	—	2.2	—	18.6	2131+381	0.31	—	—	6.6	—	21.4
0902+225	0.06	—	—	0.6	—	10.1	2132+226	0.14	—	—	0.8	—	5.7
0903+258	0.11	—	—	0.9	—	8.1	2132–015	0.71	0.7	1	4.5	6.3	6.3
0906+381	0.09	—	—	3.3	—	36.5	2135+156	0.77	—	—	4.3	—	5.5
0915+053	0.22	—	—	1.1	—	5	2136+329	0.4	0.88	1	2	5	5
0916+019	0.36	0.62	0.65	1.7	3	4.7	2137+172	0.81	—	—	8.2	—	10.1
0918+219	0.39	—	—	2.2	—	5.5	2140+103	0.16	—	—	1.7	—	10.6
0919+314	0.41	0.43	0.79	10	19.4	24.6	2142+042	0.41	0.63	1	2.8	6.9	6.9
0923+392	0.19	—	—	1.3	—	6.9	2143+104	0.29	—	—	1.4	—	5
0926+280	0.28	—	—	1.4	—	5.1	2144+334	0.06	—	—	0.5	—	8.3
0927+315	0.11	—	—	0.7	—	6.4	2145+151	0.07	—	—	1.7	—	24
0927+362	0.23	—	—	3.3	—	14.3	2148+143	0.34	0.49	0.76	10.7	23.7	31
0932+399	0.39	—	—	5.8	—	14.9	2149+328	0.09	—	—	0.9	—	9.5
0939+267	0.54	0.69	1	3.6	6.7	6.7	2149+211	0.13	—	—	1	—	7.8
0947+145	0.11	—	—	2.3	—	21.3	2149+215	0.14	—	—	0.7	—	4.7
0949+003	0.32	0.53	0.86	7.2	19.2	22.2	2152+144	0.31	0.47	0.62	4.2	8.6	13.9
0951+216	0.08	—	—	0.7	—	8.8	2153+124	0.36	—	—	3.7	—	10.2
0951+377	0.19	—	—	1.1	—	5.6	2154+372	0.09	—	—	1.3	—	14.1
0952+358	0.16	—	—	1.9	—	11.8	2156+297	0.33	—	—	3.6	—	11
0954+278	0.1	—	—	0.7	—	6.9	2200+119	0.64	0.36	1	10.5	16.4	16.4
0956+389	0.12	—	—	1	—	8.3	2203+239	0.11	—	—	1.6	—	14.7
0959+290	0.07	—	—	3.9	—	56.1	2203+292	0.09	—	—	2.1	—	23.8
1001+321	0.2	—	—	2.8	—	14	2207+374	0.24	—	—	2.6	—	11
1001+106	0.32	0.56	0.82	2.8	7.3	8.8	2209+082	0.3	—	—	7.5	—	25.1
1002+353	0.22	0.5	0.71	4.6	14.6	20.6	2218+413	0.33	—	—	3.4	—	10.3
1003+147	0.13	—	—	0.6	—	5	2219–048	0.56	0.41	1	3.3	5.8	5.8
1005+121	0.13	—	—	0.6	—	4.7	2222+306	0.09	—	—	0.6	—	7.1
1005+078	0.28	0.53	0.73	12.7	32.6	44.8	2222+049	0.21	—	—	5	—	24
1008+067	0.21	0.58	0.52	8.4	21	40.3	2222+216	0.58	—	—	3.5	—	6
1008+215	0.25	—	—	2	—	7.8	2227+261	0.22	—	—	1.4	—	6.3
1008+322	0.13	—	—	0.9	—	7.2	2227+248	0.28	—	—	1.6	—	5.7
1010+234	0.18	—	—	1	—	5.3	2230+267	0.1	—	—	0.6	—	6.1
1010+408	0.31	—	—	2.8	—	8.9	2231+359	0.2	—	—	3.6	—	17.9
–1011+292	0.17	—	—	1.9	—	11.5	2231+410	0.26	0.87	0.77	1.5	4.5	5.8

Таблица 4. Окончание

Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$	Имя	m_{\max}	$\theta_0, ''$	x	$\Delta S_{\max}, \text{Ян}$	$S_c, \text{Ян}$	$S_{\text{int}}, \text{Ян}$
1013+129	0.26	0.78	1	1.4	5.4	5.4	2233-065	0.39	—	—	1.9	—	4.9
1014+393	0.27	—	—	1.5	—	5.6	2234+340	0.17	—	—	2.1	—	12.4
1014+277	0.28	0.54	0.58	3.3	7	12.1	2234+334	0.25	—	—	1.7	—	6.7
1019+223	0.25	0.56	0.57	5.5	12.6	22.1	2238-012	0.51	—	—	2.6	—	5.1
1023+068	0.13	—	—	4	—	30.6	2239+334	0.14	—	—	1.5	—	10.4
1025+154	0.65	0.24	0.88	4.1	5.6	6.4	2243+315	0.06	—	—	0.8	—	12.7
1026+391	0.18	—	—	1.1	—	6.2	2244+368	0.08	—	—	1.7	—	20.8
1029+253	0.1	—	—	0.7	—	6.6	2245+356	0.18	—	—	1.1	—	5.9
1033+264	0.11	—	—	0.6	—	5.1	2246+183	0.84	0.5	1	4.8	5.6	5.6
1035+363	0.15	—	—	1.2	—	8.2	2247+113	0.15	—	—	3	—	19.8
1036+323	0.11	—	—	0.6	—	5.4	2247+134	0.49	—	—	9.1	—	18.5
1036-043	0.42	0.65	1	2.7	6.3	6.3	2248+222	0.41	0.57	0.94	2.1	4.8	5.1
1039+030	0.17	0.86	0.41	3.2	8	19.4	2250+035	0.52	0.52	1	2.6	5	5
1040+062	0.29	0.48	0.66	4.2	9.7	14.6	2250+379	0.17	—	—	4.3	—	25.1
1042+112	0.31	0.62	0.82	1.6	4.1	5.1	2251+159	0.37	0.31	0.58	4.6	7.2	12.5
1042+392	0.1	—	—	1.1	—	11.4	2253-083	0.33	—	—	1.6	—	4.8
1044+227	0.08	—	—	0.4	—	5.5	2257+314	0.12	—	—	0.6	—	4.9
1044+298	0.28	—	—	1.6	—	5.8	2302+224	0.16	—	—	1.3	—	8.2
1046+358	0.12	—	—	1.1	—	8.9	2309+093	0.32	0.73	0.88	8.3	22.9	26.1
1047+288	0.25	—	—	2	—	8.1	2310+051	0.07	—	—	2.1	—	30.4
1048+098	0.14	—	—	0.7	—	5.3	2327+031	0.21	—	—	1.3	—	6.1
1049+044	0.22	1	0.94	1	4.5	4.8	2329+296	0.42	0.46	0.91	4.2	9.2	10
1055+316	0.23	—	—	1.2	—	5.3	2331+399	0.59	—	—	3.9	—	6.6
1057+307	0.1	—	—	0.9	—	8.6	2334+153	0.84	0.42	1	4.5	5.4	5.4
1059+101	0.41	0.55	1	2	4.8	4.8	2334+048	0.2	—	—	1.2	—	6.2
1059-009	0.35	—	—	5.2	—	14.9	2335+136	0.34	0.92	1	1.7	5	5
1059+031	0.2	0.6	0.72	1.1	4	5.5	2335+128	0.79	0.3	1	4.8	6.1	6.1
1059+108	0.2	0.63	0.54	1.9	5.3	9.9	2336+381	0.22	—	—	1.1	—	4.8
1104+160	0.13	—	—	0.6	—	4.7	2338+039	0.54	0.49	1	13	24.2	24.2
1104+129	0.16	—	—	1	—	6.2	2339+260	0.12	—	—	1.4	—	11.4
1104+314	0.15	—	—	1	—	6.5	2342+292	0.24	—	—	1.1	—	4.8
1105+392	0.11	—	—	1.1	—	9.7	2348-026	0.45	—	—	2.8	—	6.2
1106+253	0.08	0.7	0	2.4	0.1	31.3	2349+217	0.42	—	—	2	—	4.8
1107+379	0.09	—	—	1.6	—	18.2	2349+290	0.32	—	—	2.5	—	7.9
1107+043	0.35	0.48	0.81	2.4	5.6	6.9	2351+339	0.12	—	—	0.6	—	4.9
1108+033	0.21	0.78	0.64	2.6	8.2	12.8	2351+400	0.45	—	—	4.8	—	10.6
1108+360	0.1	—	—	2.8	—	27.6	2353+283	0.34	—	—	2.2	—	6.5
1109+411	0.14	—	—	1.8	—	12.6	2354+144	0.34	0.46	0.73	2.8	5.9	8.1
1111+409	0.11	—	—	6	—	54.6	2355+313	0.13	—	—	1.2	—	9.1
1113+218	0.15	—	—	1.9	—	12.9	2358+236	0.32	—	—	1.5	—	4.7
1113+273	0.11	—	—	1.1	—	9.8	2359+108	0.44	0.27	0.66	2.6	3.9	5.9

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа поддержана Программой Президиума РАН КП19-270 “Вопросы происхождения и эволюции Вселенной с применением методов наземных наблюдений и космических исследований”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *M. Marians*, *Radio Science* **10**, 115 (1975).
2. *В. И. Шишов, Т. Д. Шишова*, *Астрон. журн.* **55**, 411 (1978).
3. *В. И. Шишов, Т. Д. Шишова*, *Астрон. журн.* **56**, 613 (1979).
4. *А. В. Глянецв, С. А. Тюльбашев, И. В. Чашей, В. И. Шишов*, *Астрон. журн.* **90**, 557 (2013).
5. *G. Bourgois and C. Creynet*, *Astron. and Astrophys.* **21**, 25 (1972).
6. *В. И. Шишов, Т. В. Смирнова, С. А. Тюльбашев*, *Астрон. журн.* **82**, 281 (2005).
7. *С. А. Тюльбашев, И. В. Чашей, Е. А. Григорьева*, *Астрон. журн.* **96**, 492 (2019).
8. *A. Purvis, S. J. Tappin, W. G. Rees, A. Hewish, and P. J. Duffett-Smith*, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **229**, 589 (1987).
9. *R. D. Dagkesamanskii, V. A. Samodurov, and K. A. Laptev*, *Astron. Rep.* **44**, 18 (2000).
10. *В. И. Шишов, И. В. Чашей, В. В. Орешко, С. В. Логвиненко, и др.*, *Астрон. журн.* **93**, 1045 (2016).
11. *С. А. Тюльбашев, В. С. Тюльбашев, В. В. Орешко, С. В. Логвиненко*, *Астрон. журн.* **93**, 177 (2016).
12. *V. S. Artyukh and S. A. Tyul'bashev*, *Astron. Rep.* **40**, 601 (1996).
13. *V. S. Artyukh and S. A. Tyul'bashev*, *Astron. Rep.* **40**, 608 (1996).
14. *P. Janardhan and S. K. Alurkar*, *Astron. and Astrophys.* **269**, 119 (1993).
15. *R. P. Mercier*, *Proc. Cambridge Philos. Soc.* **58**, 382 (1962).
16. *В. И. Татарский*, *Распространение волн в турбулентной атмосфере* (М.: Наука, 1967).
17. *M. Tokumaru, M. Kojima, and K. Fujiki*, *J. Geophys. Res.* **117**, id. 06108 (2012).
18. *P. K. Manoharan*, *Astroph. J.* **751**, 128 (2012).
19. *С. К. Глубокова, С. А. Тюльбашев, И. В. Чашей, В. И. Шишов*, *Астрон. журн.* **90**, 639 (2013).
20. *В. С. Артюх, С. А. Тюльбашев, П. А. Черников*, *Астрон. журн.* **76**, 3 (1999).
21. *O. B. Slee*, *Australian J. Physics* **48**, 143 (1995).
22. *M. M. McGilchrist, J. E. Baldwin, J. M. Riley, D. J. Titterton, E. M. Waldram, and P. J. Warner*, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **246**, 110 (1990).