

УДК 524.7–77; 52–13(083.8)

СПЕКТРАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НЕОДНОРОДНОСТЕЙ МИКРОВОЛНОВОГО ФОНА НА МНОГОЧАСТОТНЫХ КАРТАХ PLANCK ВБЛИЗИ ИСТОЧНИКОВ RCR-КАТАЛОГА

© 2021 Е.К. Майорова^{1*}, О.П. Желенкова¹¹ Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 2 декабря 2020 года; после доработки 2 февраля 2021 года; принята к публикации 2 февраля 2021 года

В работе исследованы спектральные свойства неоднородностей микроволнового фона на многочастотных картах Planck, удаленных от источников каталога RCR на величину полуширины диаграммы направленности высокочастотного комплекса Planck (± 2.5), а также спектральные особенности источников в зависимости от присутствия вблизи них положительных пятен. Обследовано порядка 830 объектов каталога на предмет обнаружения вблизи них пятен с положительными амплитудами. Выявлены особенности, которые свидетельствуют о связи положительных пиков на картах Planck с ближайшими радиоисточниками. Во-первых, это превышение числа RCR-источников с плоским и нормальными спектрами, вблизи которых есть пятна, над числом источников с крутыми спектрами. Во-вторых, количество пятен с положительной амплитудой на картах Planck, совпадающих в пределах ± 2.5 с координатами свободных от источников областей на картах NVSS, FIRST и имеющих те же размеры, в среднем почти в полтора раза меньше, чем количество пятен, совпадающих с RCR-объектами. Показано, что RCR-объекты, вблизи которых нет пятен, имеют более крутые спектры по сравнению со спектрами источников, вблизи которых пятна обнаружены. Вид распределений спектральных индексов пятен в диапазоне 30–217 ГГц оказался близок к распределению спектральных индексов RCR-объектов в диапазоне 100 МГц–8.5 ГГц, а их медианные значения практически совпали. Это может указывать на то, что положительные флуктуации на картах Planck, обнаруженные вблизи RCR-объектов, в диапазоне 30–217 ГГц имеют синхротронную природу и могут быть связаны с этими объектами. Они могут быть проявлением этих объектов или проявлениями их родительских галактик и их окружения в субмиллиметровом диапазоне. В диапазоне 353–857 ГГц часть обнаруженных пятен можно классифицировать как пылевые. Спектры RCR-источников, вблизи которых обнаружены такие пятна, оказались круче спектров RCR-объектов, вблизи которых пятна выявлены только в частотных каналах 30–217 ГГц. Чем круче спектр RCR-объекта в диапазоне 100 МГц–8.5 ГГц, тем больше величина положительного спектрального индекса ближайшего пятна в диапазоне 353–857 ГГц. Пятна, двухчастотные спектральные индексы которых указывают на их пылевую природу, возможно, связаны с большим содержанием пыли в родительских галактиках RCR-объектов и процессами звездообразования в них. Не исключено также, что подъем спектров на высоких частотах может быть вызван наличием на частотных картах сигнала от холодной галактической пыли.

Ключевые слова: радиоизлучение: общие сведения — каталоги

1. ВВЕДЕНИЕ

Основной целью космической миссии Planck (Ade et al. 2014b, Bennett et al. 2013) было исследование космического микроволнового фона (Cosmic Microwave Background, CMB) и определение связанных с ним космологических параметров, а также изучение внегалактических источников и скоплений галактик. По результатам наблюдений космической миссии Planck были построены карты всего неба в миллиметровом и субмиллиметровом

диапазонах на девяти частотах, создан каталог внегалактических источников (Ade et al. 2011a; 2014g), а также каталоги скоплений галактик и кандидатов в скопления (Ade et al. 2014h). Это позволило исследовать не только непрерывный спектр радиоизлучающих областей внегалактических источников, но также и их родительских галактик, дающих вклад в излучение в субмиллиметровом диапазоне. Этот диапазон полностью перекрывает переход от источников, в которых доминирует синхротронный механизм излучения (отслеживание активных ядер галактик), к пылевым, где доминирует тепловое излучение пыли (отслеживание звездообразования).

* E-mail: len@sao.ru

Эксперимент Planck превосходит предыдущие подобные эксперименты, в частности, миссию WMAP (Bennett et al. 2003, De Zotti et al. 2009, Massardi et al. 2009, Wright et al. 2009), по чувствительности, угловому разрешению и количеству наблюдательных частотных полос. Наблюдения проводились на высокочастотном комплексе HFI (High Frequency Instrument) с полосами на 100, 143, 217, 353, 545, 857 ГГц и на низкочастотном LFI (Low Frequency Instrument) с полосами на 30, 44, 70 ГГц одновременно на всех частотах, что позволило уменьшить влияние переменности источников. Были исследованы точечные источники разных популяций, измерены их параметры и статистические свойства в мм/субмм диапазоне (Ade et al. 2013; 2016c), изучены физические свойства скоплений галактик (Ade et al. 2016d), с высокой точностью оценены космологические параметры (Ade et al. 2014e; f). Основные результаты миссии представлены на сайте <https://www.cosmos.esa.int/web/planck/publications>. Карты компонент микроволнового излучения трех релизов на всех частотах миссии, карты СМВ и все каталоги размещены в архиве PLA (Planck Legacy Archive)¹.

В настоящей работе мы продолжим исследование флуктуаций на частотных картах миссии Planck, а именно флуктуаций (пятен) с положительной амплитудой. Примеры таких пятен приводятся в работах Verkhodanov et al. (2015a) (рис. 7) и Majorova et al. (2020) (рис. 2–6). Яркостная температура максимальной амплитуды положительного пятна оценивалась относительно нулевого уровня по выделенной площадке на карте Planck с помощью программы Source Extractor² (SExtractor) (Bertin and Arnouts 1996). Средние значения яркостных температур положительных (горячих) пятен в диапазоне частот 30–217 ГГц составили порядка 10^{-4} К.

Флуктуации на картах Planck обусловлены как инструментальным шумом и флуктуациями СМВ, так и излучением галактических и внегалактических источников. Загрязнение космического реликтового излучения астрофизическими источниками (передним планом) — проблема, решению которой уделено большое внимание в работах миссии Planck. Один из способов ее решения — использование маскирования от известных источников (Ade et al. 2014h). Однако, как было показано в работах Verkhodanov et al. (2015a; b; 2016a), в которых исследовались флуктуации микроволнового фона на частотных картах Planck и картах СМВ в направлении на радиоисточники каталога RCR

(RATAN Cold Refined) (Soboleva et al. 2010), на уровне ниже порога чувствительности (менее 4σ) регистрируется достаточно большое число положительных пиков, которые могут быть проявлениями или точечных внегалактических источников, или фоновых галактических компонент. Неоднородности положительного сигнала на частотных картах Planck в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах были обнаружены также вблизи GPS (Gigahertz-Peaked spectrum) — объектов, наблюдавшихся на радиотелескопе РАТАН-600 в период 2006–2017 гг. (Sotnikova et al. 2019), что подтверждает гипотезу о повышенной вероятности появления положительного отклика на картах микроволнового фона в том случае, если в исследуемой области заведомо присутствует радиисточник (Ade et al. 2015b).

Чтобы лучше понять природу этих флуктуаций, а также их связь с ближайшими радиоисточниками, в настоящей работе будет проведено исследование спектров неоднородностей положительного сигнала (горячих пятен) на частотных картах Planck в окрестностях RCR-источников. Интерес к спектрам неоднородностей связан еще и с тем, что они, возможно, позволят оценить влияние остаточного вклада фоновых галактических компонент³ на оценки плотностей потоков слабых радиоисточников, присутствующих на исходных картах.

Спектральные свойства неоднородностей на многочастотных картах Planck рассматривались ранее в работе Pushkarev et al. (2019). Исследовались спектры неоднородностей положительного сигнала в диапазоне частот от 30 до 217 ГГц, для чего проводилось сглаживание исходных карт с окном заданного углового размера и осуществлялась процедура стекинга (Granett et al. 2008, Parijskij et al. 1996, Verkhodanov et al. 2016b) — совмещение центров пятен и осреднение площадок вокруг них, то есть пятна рассматривались как объекты одной популяции. Однако, как было отмечено Pushkarev et al. (2019), для поиска пятен, у которых могут быть нетривиальные спектральные свойства, следует проводить отдельный анализ для каждого пятна. Иначе статистическая неоднородность материала при осреднении будет нивелировать искомые эффекты. Поэтому в настоящей работе, в отличие от исследований, проведенных в Pushkarev et al. (2019), мы будем оценивать спектры только тех положительных пятен на частотных картах Planck, которые по координатам близки к источникам RCR-каталога.

¹<http://pla.esac.esa.int/pla/#home>

²<http://www.astromatic.net/software/sextractor>
<http://terapix.iap.fr/soft/sextractor>

³К фоновым компонентам, согласно работе Ade et al. (2016b), относятся синхротронное излучение, свободно-свободное, тепловое излучение пыли и излучение вращающихся пылинки

Понять, насколько положительные флуктуации на картах Planck связаны ближайшими к ним RCR-источниками, помогут и спектральные особенности самих RCR-объектов, а также подсчет пятен вблизи них.

2. RCR-КАТАЛОГ

RCR-каталог (Soboleva et al. 2010, Zhelenkova et al. 2013) является уточненной версией RC-каталога (RATAN Cold) (Parijskij et al. 1991; 1993), который был создан по результатам эксперимента «Холод», проводившегося на радиотелескопе RATAN-600 в 1980-х годах на частоте 3.94 ГГц (Parijskij and Korolkov 1986). После обработки записей в диапазоне прямых восхождений $02^{\text{h}} \leq \text{RA} < 07^{\text{h}}$ (Majrova et al. 2015, Zhelenkova et al. 2017) RCR-каталог покрывает диапазон $02^{\text{h}} \leq \text{RA} < 17^{\text{h}}$ и включает порядка 830 источников с плотностью потока выше 5 мЯн, обнаруженных на усредненных сканах обзоров полосы неба, проводившихся на склонении микроквасара SS 433 ($\text{Dec}_{2000} = 4^{\circ}59' \pm 20'$) в 1980–1999 гг. Практически все источники, найденные в ходе эксперимента «Холод», являются галактиками с активными ядрами (AGN, Active Galaxy Nucleus) и мощными источниками в радиодиапазоне (Zhelenkova et al. 2013).

В работе Zhelenkova and Majrova (2018) были проведены исследования интегральных спектров источников каталога RCR с привлечением данных каталогов GLEAM (Hurley-Walker et al. 2017) и TGSS (Intema et al. 2017) и оценочных значений плотностей потоков, полученных по картам обзоров VLSSr (Cohen et al. 2007, Lane et al. 2014) GLEAM, TGSS и GB6 (Gregory et al. 1996), а также всей имеющейся информации о плотностях потоков в базах данных CATS⁴ (Verkhodanov et al. 2005), Vizier (Ochsenbein et al. 2000) и NED (NASA/IPAC Extragalactic Database). Отождествление и изучение свойств родительских галактик источников каталога RCR в интервале $07^{\text{h}} \leq \text{RA} < 17^{\text{h}}$ было проведено в работе Zhelenkova et al. (2013). По фотометрическим и спектроскопическим данным SDSS (Abazajian et al. 2009, Aihara et al. 2011, York et al. 2000) и базы данных NED для подавляющего большинства отождествлений подтверждена внегалактическая природа объектов.

⁴<http://cats.sao.ru>

3. ОЦЕНКИ ПЛОТНОСТЕЙ ПОТОКОВ ГОРЯЧИХ ПЯТЕН НА КАРТАХ PLANCK ВБЛИЗИ RCR-ОБЪЕКТОВ

Построению спектров предшествовали оценки плотностей потоков положительных пятен на частотных картах Planck, совпадающих с координатами источников RCR-каталога, на частотах 30, 44, 70, 100, 143, 217, 353, 545 и 857 ГГц. Для источников с прямыми восхождениями $02^{\text{h}} \leq \text{RA} < 07^{\text{h}}$ эти оценки сделаны впервые, для объектов с $07^{\text{h}} \leq \text{RA} < 17^{\text{h}}$ — повторно. Отметим, что на момент публикации работ Verkhodanov et al. (2015a; b; 2016a) RCR-каталог не содержал данные об объектах в диапазоне $02^{\text{h}} \leq \text{RA} < 07^{\text{h}}$. Они были представлены позднее в работах Majrova et al. (2015), Zhelenkova et al. (2017). Повторные оценки плотностей потоков пятен, совпадающих с RCR-объектами в диапазоне $07^{\text{h}} \leq \text{RA} < 17^{\text{h}}$, связаны с получением новых результатов при построении калибровочных кривых в работах Pushkarev et al. (2019), Sotnikova et al. (2019).

Оценки плотностей потоков пятен осуществлялись согласно методике, изложенной в работе Verkhodanov et al. (2015a). Предварительно исходные карты Planck в формате HEALPix (Gorski et al. 2005) были сконвертированы в формат GLESP⁵ (Verkhodanov et al. 2005) для дальнейшей обработки в этом пакете. С помощью процедуры `marcut` пакета GLESP выделялись площадки, центры которых совпадали с координатами RCR-объектов. Размеры площадок варьировались в зависимости от частоты от $30' \times 30'$ и $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ на частотах 70–857 ГГц до $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ на частотах 30, 44, 70 ГГц. Для отождествления пятен с исследуемыми RCR-объектами и измерения расстояний от источника до центра пятна использовалось программное приложение Aladin (Boch and Fernique 2014, Wonnagel et al. 2000). Отбирались пятна, центры которых удалены от источников на расстояния, не превышающие $2.5'$ на частотах выше 100 ГГц, и $3'–5'$ — на более низких частотах. Основанием для такого выбора послужили данные об эффективных полуширинах диаграмм направленности (ДН) комплексов HFI и LFI миссии Planck и координатной точности измерений на разных частотах (Ade et al. 2014b; 2016a). Отметим, что, поскольку яркость большинства пятен, которые мы регистрируем на картах, оказывается ниже 4σ , координатная неопределенность с ослаблением амплитуды пятен может возрастать (Lipovka and Stotsky 1972).

Фотометрические измерения интегральной яркости пятен на картах Planck осуществлялись с помощью программы Source Extractor (Bertin and

⁵<http://www.glesp.nbi.dk>

Arnouts 1996). Полученные величины яркостных температур переводились затем в плотности потоков с помощью калибровочных кривых (Sotnikova et al. 2019, Verkhodanov et al. 2015a). Последние связывают плотности потоков источников (в Ян) с температурой микроволнового фона на картах Planck (в градусах Кельвина). Проверка калибровочных кривых была предпринята в работах Pushkarev et al. (2019), Sotnikova et al. (2019). Для их построения использовались компактные источники (калибраторы) из каталога Planck, плотности потоков которых располагались в широком диапазоне, вплоть до потоков, близких к порогу обнаружения, в том числе объекты из списков Mingaliev et al. (2012; 2013) и работы Sotnikova et al. (2019). Для фотометрии пятен, совпадающих с координатами калибраторов на картах Planck, также использовалась программа SExtractor. В зависимости от набора калибраторов для некоторых частот было получено несколько калибровочных кривых. В таких случаях плотности потоков пятен, рассчитанные с их помощью, осреднялись. В работах Sotnikova et al. (2019), Verkhodanov et al. (2015a) и Pushkarev et al. (2019) калибровочные кривые были получены независимо разными авторами и при разном наборе калибраторов, однако оказались близки, за исключением калибровочной кривой, полученной для частоты 30 ГГц в работе Verkhodanov et al. (2015a). Последняя в настоящей работе не использовалась.

Проведено сравнение плотностей потоков объектов из каталога Planck (S_i^{Pl}) с плотностями потоков тех же источников, полученными по описанной выше методике (S_i). Величины среднего \bar{r} и среднеквадратичного отклонения от среднего σ_r отношений этих плотностей потоков по выборке калибраторов из списков Mingaliev et al. (2012; 2013) составили $\bar{r} = [0.97; 1.05]$ и $\sigma_r = [0.2; 0.4]$ в зависимости от частоты. С уменьшением плотностей потоков калибровочных источников величина отношения S_i^{Pl}/S_i растет, так что оценочные плотности потоков и плотности потоков из каталога могут отличаться в полтора и даже в два раза. Учитывая тот факт, что при оценке плотностей потоков пятен в большинстве случаев мы имеем дело с уровнем сигнала ниже 4σ , точность определения плотности потока пятна может быть и ниже. Она зависит от размеров исследуемых площадок, а также от уровня фона на картах при различных способах выделения пятен.

В качестве примера на рис. 1 (слева) приведены зависимости между плотностями потоков калибровочных источников из каталога Planck на частотах $i = 143$ и 217 ГГц, S_i^{Pl} , и оценочными значениями плотностей потоков для тех же источников, полученные с помощью калибровочных кривых S_i . Справа на том же рисунке показаны зависимости

отношений S_i^{Pl}/S_i от величин плотностей потоков источников из каталога Planck S_i^{Pl} .

В таблице 1 (в Приложении) приведены оценочные величины плотностей потоков пятен на картах микроволнового фона эксперимента Planck, которые с точностью $\pm 2.5'$ в высокочастотной и $\pm 3' - \pm 5'$ в низкочастотной областях частотного диапазона совпадают с координатами источников RCR-каталога. В первом столбце приведены имена объектов из каталога NVSS, в столбцах (2)–(9) — плотности потоков в Янских на частотах 30, 44, 70, 100, 143, 217, 353, 545, 857 ГГц с величиной ошибки определения потока. Плотности потоков тех источников, для которых имеются данные в каталоге Planck, отмечены в таблице символом «*». Сами плотности потоков из каталога Planck в таблице не приводятся.

4. СПЕКТРАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ RCR-ИСТОЧНИКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИСУТСТВИЯ ВБЛИЗИ НИХ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ПЯТЕН НА КАРТАХ PLANCK

4.1. Оценки количества положительных пятен вблизи RCR-объектов

Остановимся сначала на оценке количества положительных пятен вблизи RCR-объектов в зависимости от спектральных свойств последних.

Подсчет пятен с положительной амплитудой показал, что примерно у 70% объектов RCR-каталога на частотных картах Planck обнаружены пятна, совпадающие с координатами источников в одном или нескольких частотных каналах, примерно у половины объектов каталога пятна обнаружены в двух и более каналах. Количество RCR-источников с плоскими ($-0.5 < \alpha \leq 0.5, S \propto \nu^\alpha$) и нормальными ($-0.75 < \alpha < -0.5$) спектрами, вблизи которых обнаружены положительные пятна, существенно превышает число тех RCR-объектов с крутыми спектрами ($\alpha \leq -0.75$), вблизи которых есть пятна.

На рис. 2 показано относительное количество горячих пятен на картах Planck, совпадающих с координатами источников RCR-каталога в пределах $\pm 2.5'$ в зависимости от частоты канала. Подсчет осуществлялся в диапазоне прямых восхождений $07^h < RA < 17^h$ в диапазоне частот 100–857 ГГц.

Оценки количества пятен с положительной амплитудой на картах Planck, совпадающих в пределах $\pm 2.5'$ с координатами свободных от источников областей на картах обзоров NVSS и FIRST и имеющих те же размеры, показали, что их относительное количество в среднем почти в полтора раза меньше, чем количество пятен, совпадающих с RCR-объектами (рис. 2b). Этот результат, а

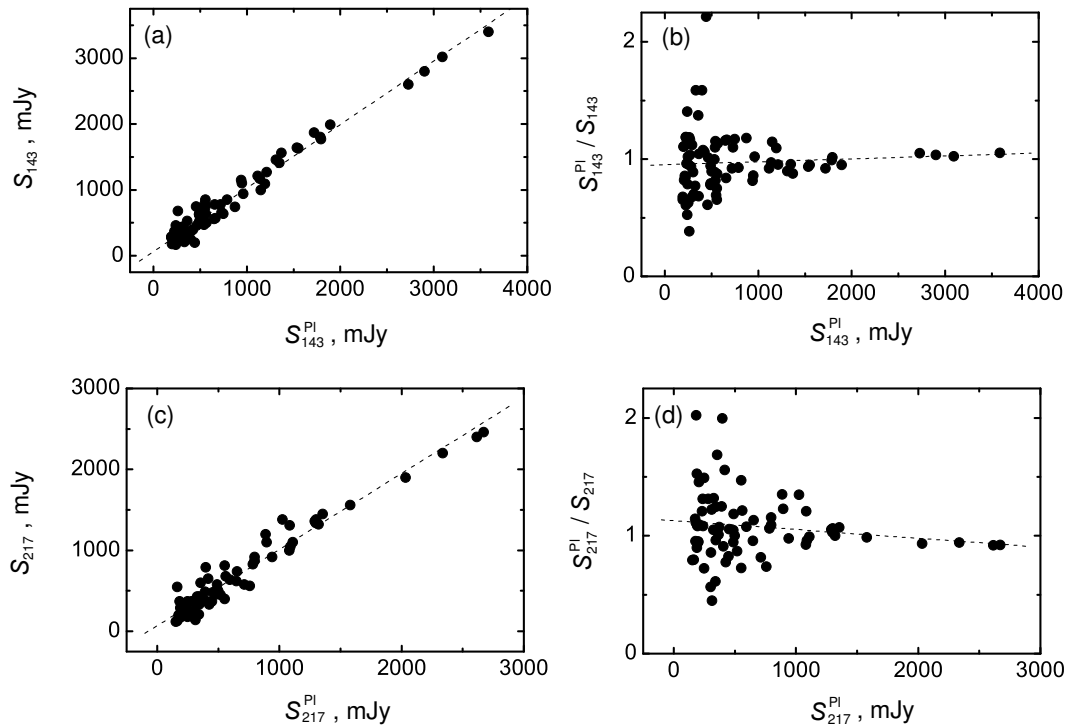


Рис. 1. Соотношения между плотностями потоков калибровочных источников из каталога Planck на частотах 143 и 217 ГГц и их оценочными значениями, полученными с помощью калибровочных кривых (слева). Справа показаны зависимости отношений этих плотностей потоков от плотностей потоков источников, приведенных в каталоге Planck.

также большее число пятен вблизи RCR-объектов с плоскими спектрами по сравнению с количеством пятен вблизи источников с крутыми спектрами, подтверждает гипотезу о повышенной вероятности появления положительного отклика на картах микроволнового фона в том случае, если в исследуемой области присутствует радиоисточник, или предположение о том, что флуктуации на картах Planck могут быть обусловлены галактическими и внегалактическими источниками.

Справедливость этого утверждения можно проверить, если сравнить спектральные особенности RCR-объектов в зависимости от наличия вблизи них положительных пятен на картах Planck.

4.2. Сравнение спектров RCR-источников, вблизи которых есть пятна на картах Planck и вблизи которых пятна отсутствуют или обнаружены только на одной частоте

Сравним спектры RCR-источников, около которых есть пятна на картах Planck, и тех источников, вблизи которых пятна отсутствуют или обнаружены только на одной частоте. Для этого рассмотрим распределения спектральных индексов на частотах 3.94 ($\alpha_{3.94}$) и 1.4 ГГц ($\alpha_{1.4}$). Отдельно

рассмотрим источники с уверенно определяемыми спектрами, для которых данные о плотностях потоков имеются более чем на трех частотах, и с неуверенно определяемыми, для которых потоки известны не более чем на трех частотах.

Для расчета спектральных индексов источников в диапазоне 100 МГц–8 ГГц мы применяли программу `spg` штатного пакета обработки непрерывных данных FADPS (Flexible Astronomical Data Processing System) (Verkhodanov et al. 2016a), а также использовали всю имеющуюся информацию о плотностях потоков RCR-объектов в диапазоне 100 МГц–8 ГГц.

На рис. 3 и 4 показаны гистограммы распределений спектральных индексов RCR-объектов $\alpha_{3.94}$ и $\alpha_{1.4}$, вблизи которых есть пятна на картах Planck, и источников, около которых нет пятен или они обнаружены только на одной частоте.

Медианные значения спектральных индексов источников первой группы, вблизи которых есть пятна, составили $\alpha_{3.94} = -0.69$ и $\alpha_{1.4} = -0.63$; для второй группы, где пятна отсутствуют, эти значения равны соответственно -0.82 и -0.70 . Если рассматривать только источники с уверенно определяемыми спектрами, то их медианные значения составили $\alpha_{3.94} = -0.73$ и $\alpha_{1.4} = -0.66$ для первой группы и соответственно -0.88 и -0.75 для второй.

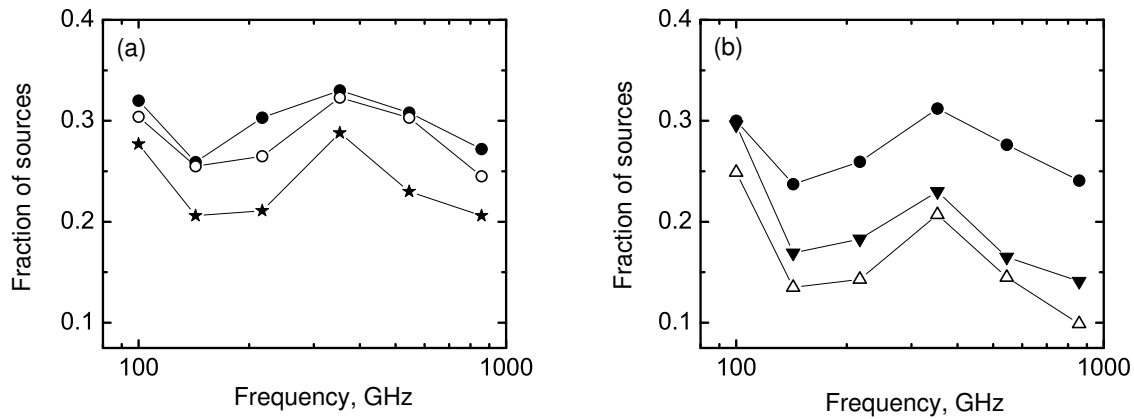


Рис. 2. Относительное количество горячих пятен на картах Planck, совпадающих с координатами источников RCR-каталога в пределах $\pm 2.5'$ в зависимости от частоты канала миссии Planck. На панели (a) заполненными кружками показаны зависимости для RCR-объектов с плоским спектром, незаполненными кружками — с нормальным и звездочками — с крутым спектром. Нормировка проводилась к общему числу источников с соответствующими спектрами. На панели (b) заполненными кружками показаны зависимости для всех объектов RCR-каталога. Заполненными и незаполненными треугольниками обозначено относительное количество пятен на картах Planck, которые в пределах $\pm 2.5'$ совпадают с координатами свободных от источников участков на картах NVSS- и FIRST-обзоров соответственно. Подсчет осуществлялся в диапазоне прямых восхождений $07^h < RA < 17^h$ в диапазоне частот 100–857 ГГц.

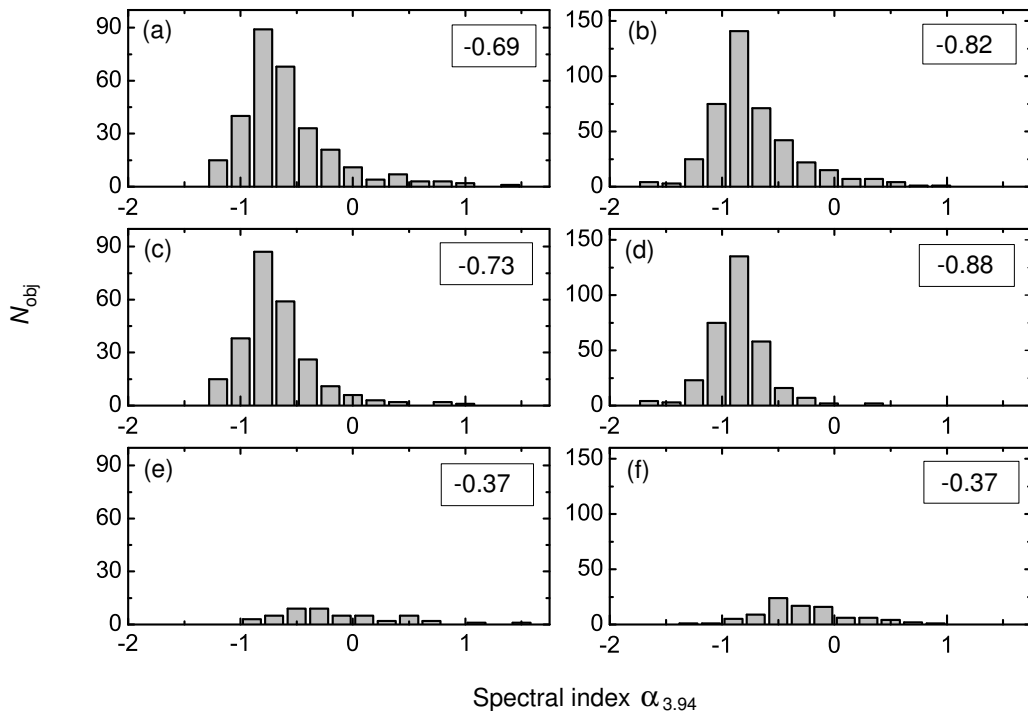


Рис. 3. Гистограммы распределений спектральных индексов $\alpha_{3,94}$ RCR-объектов, вблизи которых обнаружены положительные пятна на картах Planck ((a), (c), (e)), и объектов, вблизи которых обнаружены или обнаружены только на одной частоте ((b), (d), (f)): (a), (b) — для всех объектов, (c), (d) — только для объектов с уверенно определяемыми спектрами, (f), (e) — тех объектов, для которых имеются данные о плотностях потоков не более чем на трех частотах. Величины медиан распределений приведены в рамках.

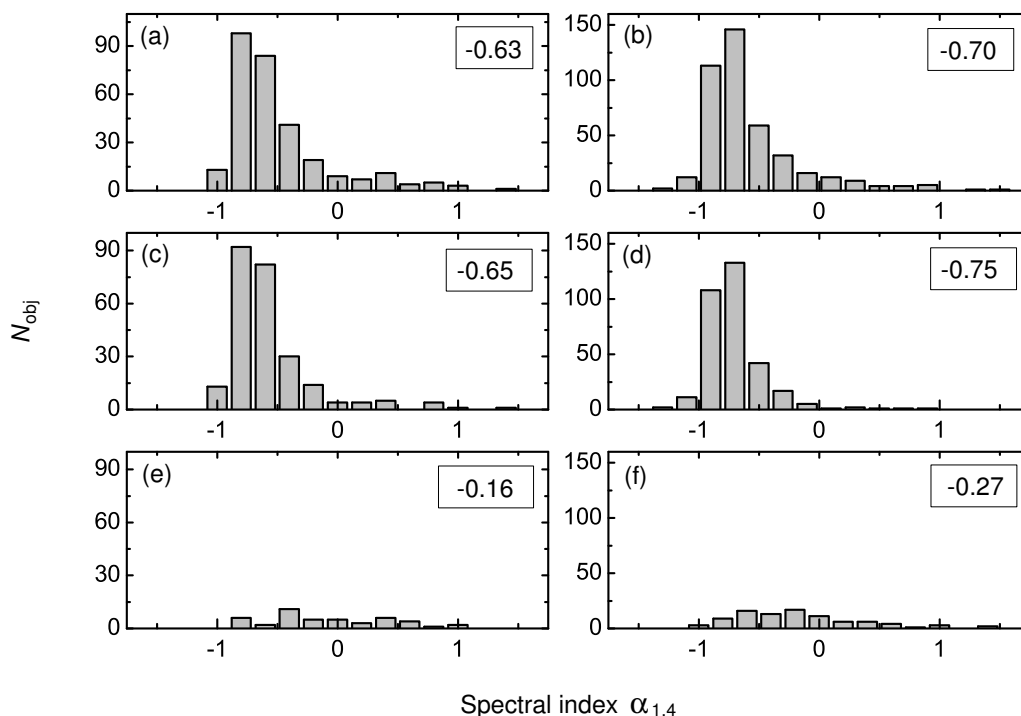


Рис. 4. То же, что и на рис. 3, но для спектральных индексов $\alpha_{1.4}$.

Что касается объектов с неуверенно определяемыми спектрами, то для первой группы источников величины медиан равны $\alpha_{3.94} = -0.37$ и $\alpha_{1.4} = -0.16$, для второй группы соответственно -0.37 и -0.27 . Отметим, что большинство источников с неуверенно определяемыми спектрами — это слабые объекты с плотностями потоков от 20 мЯн и ниже, количество их не превышает 15% от общего числа источников, вблизи которых обнаружены пятна.

При линейной аппроксимации спектров RCR-объектов разница в медианных величинах распределений $\alpha_{3.94}$ первой и второй групп источников будет еще существеннее: -0.67 и -0.81 для всех источников и -0.75 и -0.92 для источников с уверенно определяемыми спектрами. Таким образом, у RCR-объектов, вблизи которых не были обнаружены положительные пятна на картах Planck, спектры оказываются более крутыми по сравнению со спектрами объектов, вблизи которых пятна обнаружены. Хотя эффект невелик (разница в медианных значениях составляет около 20%), он также свидетельствует в пользу связи положительных пиков на картах Planck с радиоисточниками. У источников с неуверенно определяемыми спектрами этот эффект выражен слабее.

4.3. Сравнение спектров RCR-источников, вблизи которых есть пятна на частотных картах ниже 353 ГГц и вблизи которых пятна обнаружены на частотах 353 ГГц и выше

Согласно проведенным ранее исследованиям (Ade et al. 2014c; d), непрерывные спектры многих радиоисточников в микроволновом диапазоне длин волн ($\nu > 353$ ГГц) аналогичны спектру излучения пыли, для которого характерен рост мощности излучения от миллиметрового к субмиллиметровому диапазону. Подобные спектры можно видеть у так называемых пылевых источников каталога Planck (Ade et al. 2014a; 2015a). Эти спектры объясняются либо преобладанием теплового излучения пыли родительской галактики над синхротронным, либо остаточным сигналом фоновых пылевых компонентов в области радиоисточника.

Согласно классификации, предложенной в работе Ade et al. (2013), для теплового излучения пыли характерны двухчастотные спектральные индексы в диапазоне $2 < \alpha_{353-545} < 4$, $2 < \alpha_{545-857} < 4$. Все источники, у которых эти спектральные индексы ниже 2, в том числе и не обнаруживаемые, относятся к «синхротронным». Однако некоторые источники трудно отнести или к чисто «синхротронным», или к чисто «пылевым». Тогда их разделяют на «промежуточные пылевые» или «промежуточные синхротронные». К «промежуточным пылевым» относятся источники, у которых кроме критерия $\alpha_{353-545} > 2$, $\alpha_{545-857} > 2$,

выполняется также условие $\alpha_{100-857} < 1$. Для «промежуточных синхротронных» выполняется условие, приведенное выше, но еще они обнаруживаются либо на частоте 857 ГГц, либо на частоте 545 ГГц (и не обнаруживаются на частотах 353, 217 и 143 ГГц) (Ade et al. 2013), то есть это источники, которые показывают и значительную пылевую составляющую, и сильную синхротронную компоненту. Среди источников, которые анализировались в работе Ade et al. (2013), к «промежуточным» было отнесено менее 10% объектов. Однако их доля значительно возрастает, если уменьшить полноту выборки путем увеличения фотометрической неопределенности за счет включения источников с более низкими плотностями потоков.

Выясним, есть ли различия между спектральными индексами RCR-источников, вблизи которых горячие пятна обнаружены только на частотах 353–857 ГГц, причем двухчастотные спектры пятен аналогичны спектру пыли ($\alpha_{353-545} > 2$, $\alpha_{545-857} > 2$), и спектральными индексами RCR-объектов, вблизи которых пятна с положительной амплитудой обнаружены только в частотных каналах 30–217 ГГц.

На рис. 5 и 6 показаны гистограммы распределений спектральных индексов $\alpha_{3.94}$ и $\alpha_{1.4}$ RCR-объектов, вблизи которых пятна с положительной амплитудой наблюдаются только на частотных картах 30–217 ГГц, и гистограммы распределений спектральных индексов RCR-объектов, вблизи которых горячие пятна на картах Planck имеют двухчастотные спектры, аналогичные спектру пыли ($\alpha_{353-545} > 2$, $\alpha_{545-857} > 2$).

Оказалось, что медианные значения распределений спектральных индексов RCR-объектов, вблизи которых обнаруженные пятна можно отнести к пылевым, составили $\alpha_{3.94} = -0.85$ и $\alpha_{1.4} = -0.75$ для всех источников и соответственно -0.87 и -0.76 для источников с уверенно определяемыми спектрами. Медианные значения спектральных индексов объектов, вблизи которых положительные пятна обнаружены только на частотах 30–217 ГГц, составили $\alpha_{3.94} = -0.67$ и $\alpha_{1.4} = -0.64$ для всех источников и соответственно -0.72 и -0.66 для источников с уверенно определяемыми спектрами. У RCR-источников с неуверенно определяемыми спектрами медианные значения составили $\alpha_{3.94} = -0.54$ и $\alpha_{1.4} = -0.15$ для первой группы объектов и соответственно -0.24 и -0.16 для второй. Таким образом, медианные значения распределений спектральных индексов $\alpha_{3.94}$ этих двух групп отличаются примерно на 24%. Доля объектов, вблизи которых обнаружены положительные пятна со спектром, аналогичным спектру пыли, составила порядка 9% от общего числа источников RCR-каталога и около 17% от

числа источников, вблизи которых обнаружены пятна.

Отметим, что, если рассматривать распределения спектральных индексов RCR-источников, вблизи которых горячие пятна на частотах 353–857 ГГц имеют спектральные индексы $\alpha_{353-545} > 1$, $\alpha_{545-857} > 1$, то их медианные значения оказываются меньше по абсолютной величине: $\alpha_{3.94} = -0.78$ для всех источников и $\alpha_{3.94} = -0.82$ для источников с уверенно определяемыми спектрами. То есть чем круче спектры RCR-объектов в диапазоне 100 МГц–8 ГГц, тем больше величина положительных спектральных индексов $\alpha_{545-857}$, $\alpha_{353-545}$ горячих пятен, обнаруженных в непосредственной близости от них.

Наконец, среди RCR-источников есть объекты, вблизи которых положительные пятна обнаруживаются одновременно как на низкочастотных, так и на высокочастотных картах Planck, причем в высокочастотных каналах двухчастотные спектральные индексы аналогичны спектру пыли. Спектральные индексы этих RCR-объектов лежат в довольно широком диапазоне ($-1.25 < \alpha_{3.94} < 1.0$), а медианные значения распределений спектральных индексов $\alpha_{3.94} = -0.68$ и $\alpha_{1.4} = -0.57$ для всех источников и соответственно -0.73 и -0.62 для источников с уверенно определяемыми спектрами⁶. Эти величины практически совпадают с полученными для RCR-объектов, вблизи которых пятна обнаружены только в низкочастотных каналах. Таким образом, практически все пятна, обнаруженные вблизи RCR-объектов на низкочастотных картах Planck, можно отнести к «синхротронным» или «промежуточным синхротронным». Строго к последним можно отнести лишь пятна вблизи источников J035203+044612 и J133010+050037. Для пятен вблизи еще семи источников критерий «промежуточных синхротронных» выполняется не полностью.

5. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ПЯТЕН, ОБНАРУЖЕННЫХ ВБЛИЗИ RCR-ИСТОЧНИКОВ НА КАРТАХ PLANCK

Сравним теперь распределения спектральных индексов всех горячих пятен α_{p1} , обнаруженных вблизи RCR-объектов, с распределениями спектральных индексов $\alpha_{3.94}$ и $\alpha_{1.4}$ всех источников каталога RCR.

Для расчета спектральных индексов пятен использовались оценочные значения плотностей потоков (приведены в таблице 1), полученные ранее с

⁶У RCR-источников с неуверенно определяемыми спектрами медианные значения составили $\alpha_{3.94} = -0.34$ и $\alpha_{1.4} = -0.32$.

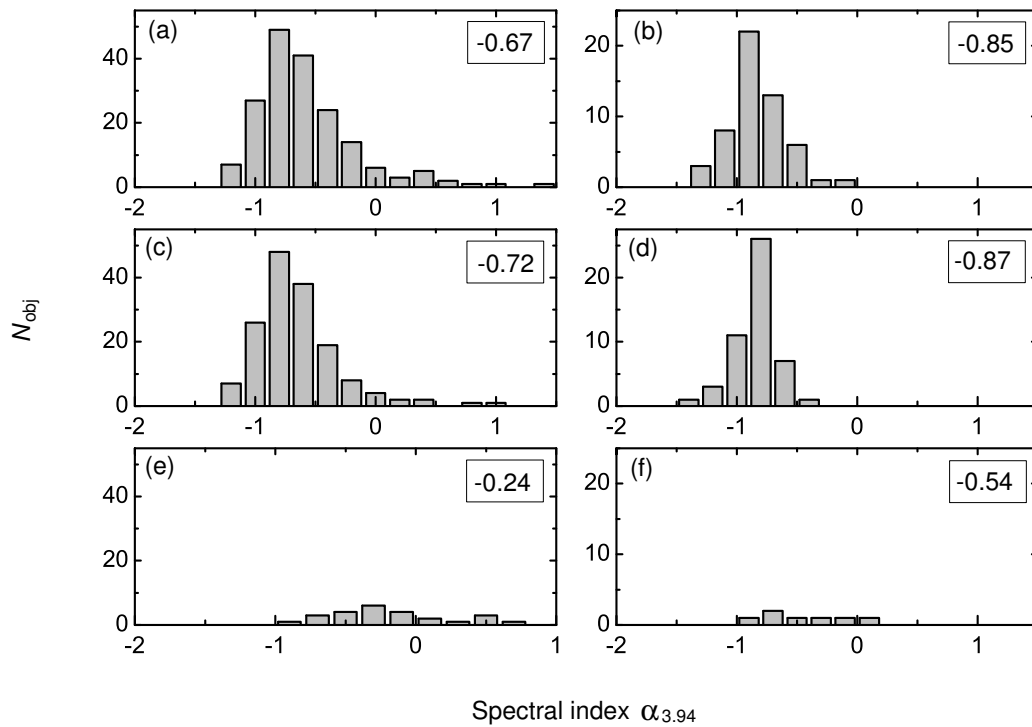


Рис. 5. Гистограммы распределений спектральных индексов $\alpha_{3.94}$ RCR-объектов, вблизи которых пятна с положительной амплитудой наблюдаются только в частотных каналах 30–217 ГГц ((a), (c), (e)) и гистограммы распределений спектральных индексов RCR-объектов, вблизи которых горячие пятна на картах Planck имеют двухчастотные спектры, аналогичные спектру пыли ($\alpha_{353-545} > 2$, $\alpha_{545-857} > 2$) ((b), (d), (f)): (a), (b) — для всех источников, (c), (d) — для источников с уверенно определяемыми спектрами, (e), (f) — для источников с неуверенно определяемыми спектрами. Медианные значения распределений приведены в рамках.

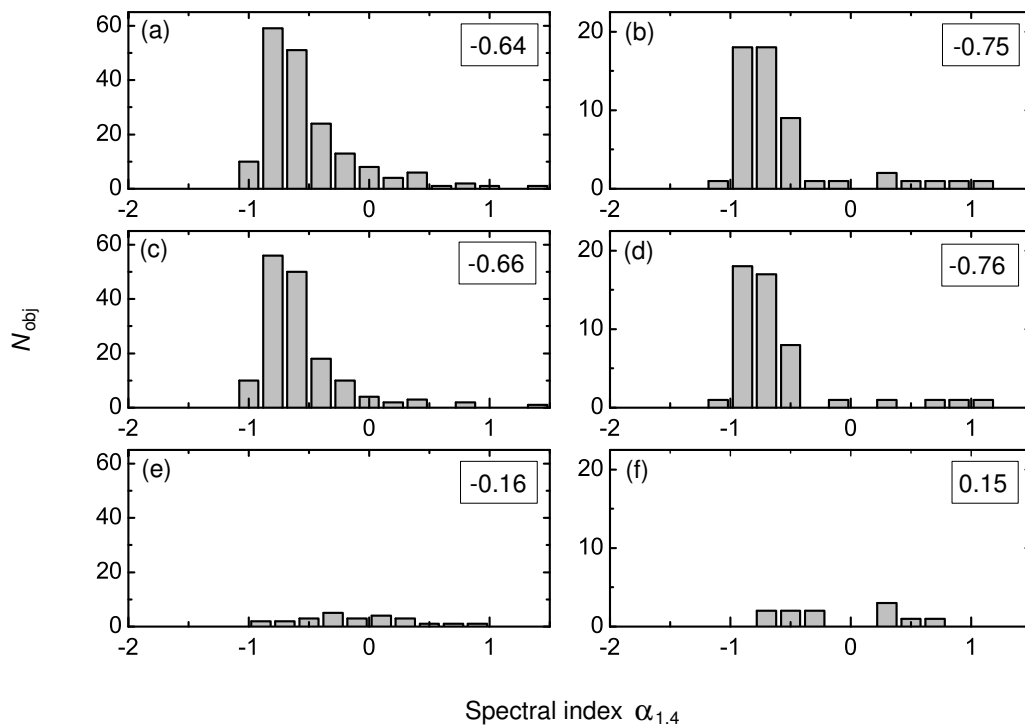


Рис. 6. То же, что и на рис. 5, но для спектральных индексов $\alpha_{1.4}$.

помощью калибровочных кривых. Расчет α_{PI} проводился с помощью программы `spg` (Verkhodanov et al. 2016a). Для пятен, у которых в спектре обнаружена пылевая составляющая, и спектр испытывает излом вблизи частоты 217 ГГц, расчет проводился отдельно в диапазонах 30–217 ГГц и 353–857 ГГц. В остальных случаях для расчета использовался весь диапазон от 30 до 857 ГГц.

Отметим, что оценить плотности потоков пятен можно, используя тот факт, что большинство обнаруженных неоднородностей носит шумовой характер. Оценив с помощью `SExtractor` амплитуду пятна T (в мК) и среднеквадратичное отклонение флуктуаций шума σ_p (в мК) по площадке, центр которой совпадает с координатами RCR-источника, а также используя приведенные в работе Ade et al. (2014b) минимальные значения плотностей потоков источников каталога Planck S_{ν}^{min} на разных частотах ν , можно рассчитать плотность потока пятна, связанного с RCR-объектом. Учитывая, что минимальные значения плотностей потоков источников каталога Planck составляют порядка 4σ , плотность потока пятна S можно оценить по формуле:

$$S(\text{mJy}) = S_{\nu}^{\text{min}}(\text{mJy}) * T(\text{mK}) / \sigma_p(\text{mK}) / 4. \quad (1)$$

При таком подходе не учитываются размеры пятен, и в тех случаях, когда они отличны от полуширины ДН на заданной частоте, полученные величины могут давать верхние или нижние границы плотностей потоков пятен: на низких частотах ($\nu < 100$ ГГц) быть выше полученных с помощью калибровочных кривых, на высоких ($\nu > 353$ ГГц) — ниже. Однако на частотах $100 \leq \nu \leq 353$ ГГц размеры пятен в большинстве случаев соизмеримы с ДН, что делает такие оценки весьма информативными.

На рис. 7 приведены гистограммы распределения спектральных индексов $\alpha_{3.94}$ и $\alpha_{1.4}$ всех 830 источников каталога RCR и RCR-источников с уверенно определяемыми спектрами. Там же показаны гистограммы распределения спектральных индексов пятен α_{PI} .

Можно видеть, что медианные значения распределений спектральных индексов $\alpha_{3.94}$ RCR-источников и пятен α_{PI} практически совпадают, близок и вид распределений, а также диапазон изменений спектральных индексов. Это также свидетельствует о том, что положительные флуктуации на картах Planck, имеющие близкие координаты, в диапазоне 30–217 ГГц имеют синхротронную природу.

Спектры, рассчитанные с использованием плотностей потоков пятен, полученных по формуле (1), оказываются более крутыми, чем спектры, рассчитанные с помощью калибровочных кривых. У

первых медианные значения распределений спектральных индексов α_{PI} равны -1.0 , у вторых -0.76 (-0.79). Сами распределения оказываются более протяженными в сторону отрицательных значений спектральных индексов. Однако, несмотря на некоторые различия, они также подтверждают синхротронную природу положительных пиков, обнаруженных вблизи RCR-объектов в диапазоне 30–217 ГГц.

Синхротронная природа пятен подтверждается и распределениями их двухчастотных спектральных индексов α_{30-44} , α_{44-70} , α_{70-100} , $\alpha_{100-143}$, $\alpha_{143-217}$, $\alpha_{217-353}$, которые были построены на основе оценочных значений плотностей потоков, полученных с помощью калибровочных кривых. Эти распределения приведены на рис. 8. Вид и медианные значения распределений близки к полученным в работе Ade et al. (2014g) при подсчете источников каталога Planck. На частотах 217 ГГц и ниже величины медиан отрицательны, что свидетельствует о синхротронной природе пятен. Спектральные индексы $\alpha_{217-353}$, $\alpha_{353-545}$, $\alpha_{545-857}$ в подавляющем большинстве имеют положительные значения, и часть пятен, у которых $\alpha_{353-545} > 2$ и $\alpha_{545-857} > 2$, можно классифицировать как «пылевые».

Распределения спектральных индексов α_{30-44} сдвинуты в положительную область по сравнению с распределениями спектральных индексов α_{44-70} , α_{70-100} , $\alpha_{100-143}$ так же, как и распределения, полученные для источников Planck. Близки и величины медианных значений распределений α_{30-44} , полученные для пятен и источников (0.36 и 0.5 соответственно), а также диапазон их изменений (от -2 до $+3$ для пятен и от -1.5 до 2.5 для источников каталога Planck). Различие состоит в том, что имеется избыток пятен с величинами спектральных индексов $1 < \alpha_{30-44} < 2$. Возможно, это связано с вкладом аномального микроволнового излучения (АМИ) пыли (вращающихся пылинок). Максимум спектра вращающейся пыли приходится на диапазон частот 20–40 ГГц (Ade et al. 2011b).

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе были исследованы свойства положительных флуктуаций на многочастотных картах Planck, удаленных от источников RCR-каталога на величину полуширины ДН высокочастотного комплекса HFI ($\pm 2.5'$), а также рассмотрены спектральные особенности RCR-объектов, вблизи которых эти пятна обнаружены.

Мы провели сравнение распределений спектральных индексов RCR-объектов на частотах 1.4 ГГц (NVSS) и 3.94 ГГц (RCR), вблизи которых есть положительные пятна на картах Planck, с распределениями спектральных индексов источников, вблизи которых пятна не обнаружены. Оказалось,

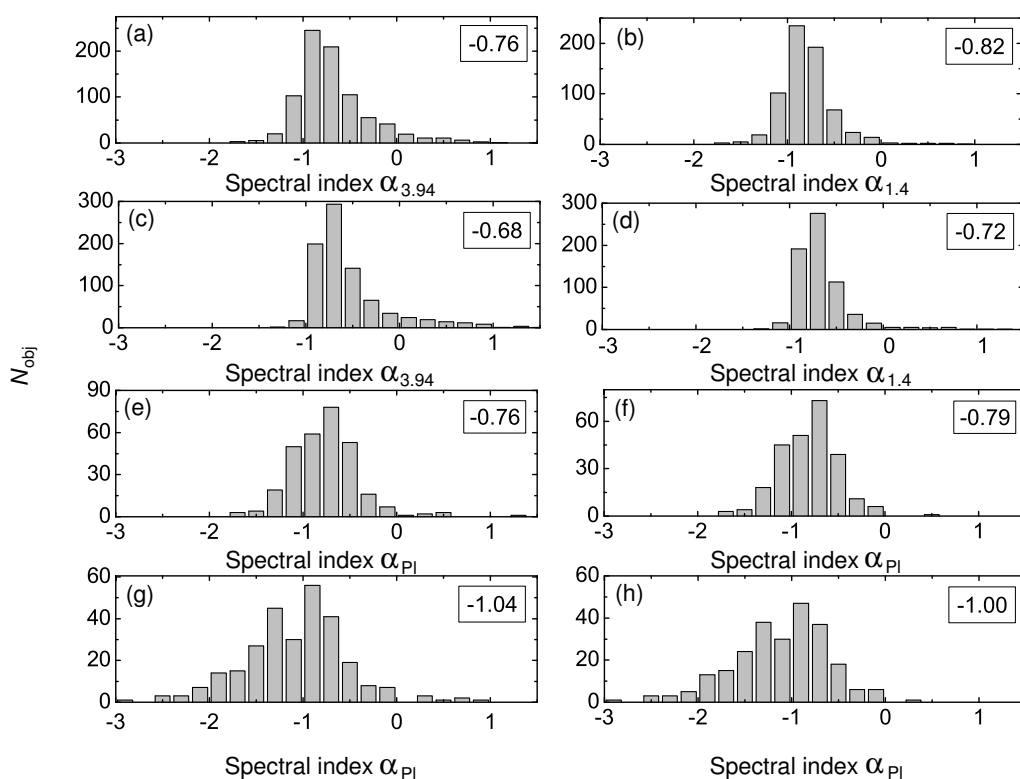


Рис. 7. Гистограммы распределений спектральных индексов $\alpha_{3.94}$ и $\alpha_{1.4}$ всех 830 источников каталога RCR ((a), (b)) и RCR-источников с уверенно определяемыми спектрами ((c), (d)), а также распределений спектральных индексов α_{PI} положительных пятен, обнаруженных вблизи всех RCR-объектов ((e), (g)) и вблизи источников с уверенно определяемыми спектрами ((f), (h)). (e), (f) — плотности потоков пятен оценивались с помощью калибровочных кривых, (g), (h) — по формуле (1). Величины медиан распределений приведены в рамках.

что источники второй группы имеют более крутые спектры по сравнению со спектрами объектов, вблизи которых есть пятна. Разница в медианных значениях распределений спектральных индексов составила порядка 20%, что может свидетельствовать о связи положительных пиков на картах Planck с радиоисточниками.

Последнее подтверждается и подсчетом источников разных спектральных индексов, вблизи которых обнаружены пятна. Количество таких источников составило около трети всех объектов каталога RCR. Из них число источников с плоскими и нормальными спектрами, вблизи которых есть пятна, существенно превышает число источников с крутыми спектрами. Предположение о повышенной вероятности появления положительного пика на картах Planck, если в исследуемой области присутствует радиоисточник, подтверждается и тем, что количество положительных пятен на картах Planck, совпадающих в пределах $\pm 2.5'$ с координатами свободных от источников областей на картах NVSS- и FIRST-обзоров и имеющих те же размеры, почти в полтора раза меньше, чем количество пятен, совпадающих с RCR-объектами.

Проведено сравнение спектральных индексов

RCR-источников, вблизи которых горячие пятна обнаружены только на частотах 353–857 ГГц, а двухчастотные спектральные индексы пятен аналогичны спектру пыли ($\alpha_{353-545} > 2$, $\alpha_{545-857} > 2$), со спектральными индексами RCR-объектов, вблизи которых пятна с положительной амплитудой наблюдаются только в частотных каналах 30–217 ГГц. Спектры источников первой группы оказались круче спектров источников второй группы, а медианные значения распределений их спектральных индексов $\alpha_{3.94}$ на 24% больше величины медианных значений спектральных индексов второй группы источников. Доля объектов, вблизи которых обнаружены положительные пятна со спектром, аналогичным спектру пыли, составила порядка 9% от общего числа источников RCR-каталога. Обнаружено, что чем больше величина спектральных индексов $\alpha_{545-857}$, $\alpha_{353-545}$ горячих пятен, тем в среднем круче спектры RCR-объектов, находящихся в непосредственной близости от них.

Исследованы спектральные индексы положительных пятен, обнаруженных вблизи RCR-объектов. Расчет спектральных индексов опирался на оценки плотностей потоков пятен, полученных

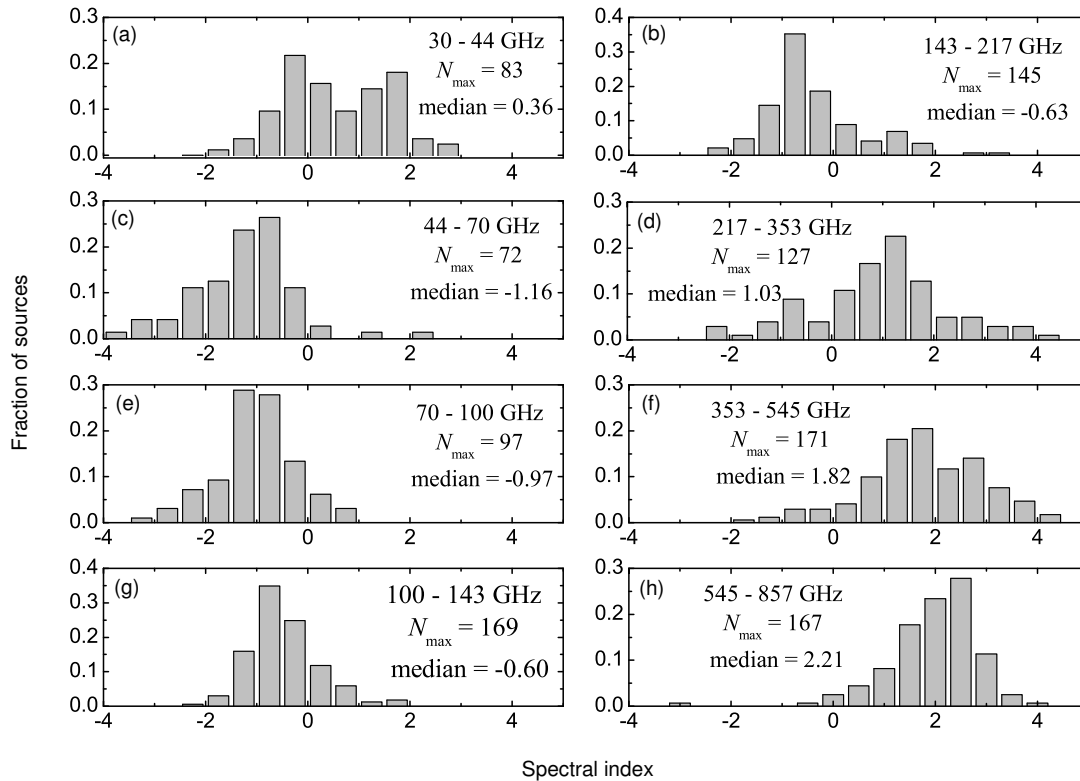


Рис. 8. Гистограммы распределений двухчастотных спектральных индексов горячих пятен, совпадающих с координатам источников RCR-каталога на картах Planck. Гистограммы нормировались на общее число источников N_{\max} , для которых строились спектры на каждой из частот.

с помощью калибровочных кривых и плотностей потоков, рассчитанных по формуле (1). Вид распределений спектральных индексов пятен в диапазоне 30–217 ГГц⁷ при оценках их плотностей потоков с помощью калибровочных кривых оказался близок к распределению спектральных индексов RCR-объектов, а медианные значения практически совпали, что свидетельствует о том, что положительные флуктуации на картах Planck, обнаруженные вблизи RCR-объектов, в диапазоне 30–217 ГГц имеют синхротронную природу. Это подтверждается и распределением спектральных индексов объектов, плотности потоков которых оценивались по формуле (1). Эти распределения оказались более протяженными в сторону отрицательных значений спектральных индексов, а спектры пятен — более крутыми, чем спектры ближайших RCR-источников. Полученные двумя независимыми способами оценки дают диапазон, в котором могут меняться спектральные индексы пятен.

Построены распределения двухчастотных спектральных индексов пятен, обнаруженных вблизи

⁷ Там, где нет излома в спектре пятна, расчет спектральных индексов проводился во всем диапазоне 30–857 ГГц.

RCR-объектов. Вид распределений и их медианные значения близки к полученным в работе Ade et al. (2014g) при подсчете источников каталога Planck. Эти распределения также подтверждают тот факт, что в диапазоне 30–217 ГГц положительные пятна имеют синхротронную природу. В диапазоне 353–857 ГГц часть пятен можно классифицировать как «пылевые», что подтверждается распределениями спектральных индексов $\alpha_{353-545}$ и $\alpha_{545-857}$.

Еще раз подчеркнем, что, в отличие от Pushkarev et al. (2019), в настоящей работе отбирались только те пятна, которые имеют близкие, в пределах ± 2.5 , координаты, совпадающие с координатами объектов RCR-каталога. В свою очередь RCR-источники, найденные в ходе эксперимента «Холод», являются радиогалактиками, которые излучают большую часть энергии посредством синхротронного механизма излучения. Обнаруженные вблизи них на картах Planck положительные пятна, судя по спектрам в диапазоне 30–217 ГГц, также имеют синхротронную природу.

Таким образом, велика вероятность того, что горячие пятна на картах Planck, обнаруженные вблизи RCR-источников, связаны с этими объектами и являются их проявлением или проявления-

ми их родительских галактик и их окружения в суб-миллиметровом диапазоне. Пятна, двухчастотные спектральные индексы $\alpha_{353-545}$ и $\alpha_{545-857}$ которых указывают на их «пылевую» природу, возможно, связаны с большим содержанием пыли в родительских галактиках RCR-объектов и процессами звездообразования в них, и мы видим две спектральные составляющие, пылевую и синхротронную, в интегральных спектрах этих объектов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны Европейскому космическому агентству ESA за открытый доступ к результатам наблюдений и обработке данных в Planck Legacy Archive. При построении радиоспектров использовалась база данных радиоастрономических каталогов CATS и Vizier. В работе применялась система обработки радиоастрономических данных FADPS, программный пакет SExtractor и Java-приложение Aladin.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. K. N. Abazajian, J. K. Adelman-McCarthy, M. A. Agüeros, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **182**, 543 (2009).
2. P. A. R. Ade et al. (Planck Collab.), *Astron. and Astrophys.* **536**, id. A8 (2011a).
3. P. A. R. Ade et al. (Planck Collab.), *Astron. and Astrophys.* **536**, id. A20 (2011b).
4. P. A. R. Ade et al. (Planck Collab.), *Astron. and Astrophys.* **550**, id. A133, (2013).
5. P. A. R. Ade et al. (Planck Collab.), *Astron. and Astrophys.* **566**, id. A55 (2014a).
6. P. A. R. Ade et al. (Planck Collab.), *Astron. and Astrophys.* **571**, id. A1 (2014b).
7. P. A. R. Ade et al., (Planck Collab.), *Astron. and Astrophys.* **571**, id. A11 (2014c).
8. P. A. R. Ade et al. (Planck Collab.), *Astron. and Astrophys.* **571**, id. A14 (2014d).
9. P. A. R. Ade et al. (Planck Collab.), *Astron. and Astrophys.* **571**, id. A16 (2014e).
10. P. A. R. Ade et al. (Planck Collab.), *Astron. and Astrophys.* **571**, id. A20 (2014f).
11. P. A. R. Ade et al. (Planck Collab.), *Astron. and Astrophys.* **571**, id. A28 (2014g).
12. P. A. R. Ade et al. (Planck Collab.), *Astron. and Astrophys.* **571**, id. A29 (2014h).
13. P. A. R. Ade et al. (Planck Collab.), *Astron. and Astrophys.* **576**, id. A104 (2015a).
14. P. A. R. Ade et al. (Planck Collab.), *Astron. and Astrophys.* **582**, id. A28 (2015b).
15. R. Adam et al. (Planck Collab.), *Astron. and Astrophys.* **594**, id. A1 (2016a).
16. P. A. R. Ade et al. (Planck Collab.), *Astron. and Astrophys.* **594**, id. A10 (2016b).
17. P. A. R. Ade et al. (Planck Collab.), *Astron. and Astrophys.* **594**, id. A26 (2016c).
18. P. A. R. Ade et al. (Planck Collab.), *Astron. and Astrophys.* **594**, id. A27 (2016d).
19. H. Aihara, C. Allende Prieto, D. An, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **193**, id. 29 (2011).
20. C. L. Bennett, M. Halpern, G. Hinshaw, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **148**, 1 (2003).
21. C. L. Bennett, D. Larson, J. L. Weiland, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **208**, 20 (2013).
22. T. Boch and P. Fernique, *ASP Conf. Ser.* **485**, 277, (2014).
23. E. Bertin and S. Arnouts, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **117**, 393 (1996).
24. F. Bonnarel, P. Fernique, O. Bienaymé, et al., *Astron. and Astrophys. Suppl.* **143**, 33 (2000).
25. A. S. Cohen, W. M. Lane, W. D. Cotton, et al., *Astron. J.* **134**, 1245 (2007).
26. G. De Zotti, M. Massardi, M. Negrello, and J. Wall, arXiv:0908.1896v2 (2009).
27. K. M. Gorski, E. Hivon, A. J. Banday, et al., *Astrophys. J.* **622** (2), 759 (2005).
28. B. R. Granett, M. C. Neyrinck, and I. Szapudi, *Astrophys. J.* **683**, L99 (2008).
29. P. C. Gregory, W. K. Scott, K. Douglas, and J. J. Condon, *Astrophys. J. Suppl.* **103**, 427 (1996).
30. J. S. Hey, S. J. Parsons, and J. W. Phillips, *Proc. Roy. Soc. London., Ser. A, Math. Phys. Sciences* **192** (1030), 425 (1948).
31. N. Hurley-Walker, J. R. Callingham, P. J. Hancock, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **464**, 1146 (2017).
32. H. T. Intema, P. Jagannathan, K. P. Mooley, and D. A. Frail, *Astron. and Astrophys.* **598**, id. A78 (2017).
33. W. M. Lane, W. D. Cotton, S. van Velzen, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **440**, 327 (2014).
34. Н. М. Липовка, А. А. Стоцкий, *Изв. ГАО* **188**, 243 (1972).
35. Е. К. Majorova, О. V. Verkhodanov, and О. P. Zhelenkova, *Astrophysical Bulletin* **75**, 77 (2020).
36. Е. К. Majorova, О. P. Zhelenkova, and А. V. Temirova *Astrophysical Bulletin* **70**, 33 (2015).
37. M. Massardi, M. López-Caniiego, J. González-Nuevo, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **392**, 733 (2009).
38. M. G. Mingaliev, Y. V. Sotnikova, I. Tornainen, et al., *Astron. and Astrophys.* **544**, id. A25 (2012).
39. M. G. Mingaliev, Y. V. Sotnikova, T. V. Mufakharov, et al., *Astrophysical Bulletin* **68**, 262 (2013).
40. F. Ochsenbein, P. Bauer, J. Marcout, *Astron. and Astrophys. Suppl.* **143**, 23 (2000).
41. Ю.Н.Парийский и Д.В.Корольков *Итоги Науки и Техники. Астрофизика и космическая физика*, ред. Р. А. Сюняев Сер. Астрономия (ВИНИТИ, Москва, 1986), No. 31, 73 (1986).

42. Yu. N. Parijskij, N. N. Bursov, N. M. Lipovka, et al., *Astron. and Astrophys. Suppl.* **87**, 1 (1991).
43. Yu. N. Parijskij, N. N. Bursov, N. M. Lipovka, et al., *Astron. and Astrophys. Suppl.* **98**, 391 (1993).
44. Yu. N. Parijskij, N. S. Soboleva, O. V. Verkhodanov, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **40**, 125 (1996).
45. V. V. Pushkarev, E. K. Majorova, and O. V. Verkhodanov, *Astrophysical Bulletin* **74**, 337 (2019).
46. N. S. Soboleva, E. K. Majorova, O. P. Zhelenkova, et al., *Astrophysical Bulletin* **65**, 42 (2010).
47. Yu. V. Sotnikova, T. V. Mufaharov, E. K. Majorova, et al., *Astrophysical Bulletin* **74**, 348 (2019).
48. O. V. Verkhodanov, *ASP Conf. Ser.* **125**, 46 (1997).
49. O. V. Verkhodanov, A. G. Doroshkevich, P. D. Naselsky, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **58**, 40 (2005).
50. O. V. Verkhodanov, B. L. Erukhimov, M. L. Monosov, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **36**, 132 (1993).
51. O. V. Verkhodanov, E. K. Majorova, O. P. Zhelenkova, et al., *Astrophysical Bulletin* **70**, 156 (2015a).
52. O. V. Verkhodanov, E. K. Majorova, O. P. Zhelenkova, et al., *Astronomy Letters* **41** (9), 457 (2015b).
53. O. V. Verkhodanov, E. K. Majorova, O. P. Zhelenkova, et al., *Astronomy Reports* **60** (7), 630 (2016a).
54. O. V. Verkhodanov, D. I. Solovyov, O. S. Ulakhovich, et al., *Astrophysical Bulletin* **71**, 139 (2016b).
55. O. V. Verkhodanov, S. A. Trushkin, H. Andernach, and V. N. Chernenkov, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **58**, 118 (2005).
56. E. L. Wright, X. Chen, N. Odegard, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **180**, 283 (2009).
57. D. G. York, J. Adelman, J. E. Anderson, Jr., et al., *Astron. J.* **120**, 1579 (2000).
58. O. P. Zhelenkova and E. K. Majorova, *Astrophysical Bulletin* **73**, 142 (2018).
59. O. P. Zhelenkova, N. S. Soboleva, E. K. Majorova, and A. V. Temirova, *Astrophysical Bulletin* **68**, 26 (2013).
60. O. P. Zhelenkova, N. S. Soboleva, A. V. Temirova, and N. N. Bursov *Astrophysical Bulletin* **72**, 150 (2017).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. Оценки плотностей потоков "горячих пятен" на картах микроволнового фона эксперимента Planck, совпадающие с радиоисточниками из списков Mingaliiev et al. (2012; 2013). В столбцах таблицы приведены имя объекта по данным NVSS и оценки плотностей потоков в Янских на частотах Planck (30, 44, 70, 143, 217, 353, 545, 857 ГГц) с величиной ошибки. Символ «*» отмечает наличие данных о плотности потока источника в каталоге Planck на этой частоте

NVSS name	S_{30} , Jy	S_{44} , Jy	S_{70} , Jy	S_{100} , Jy	S_{143} , Jy	S_{217} , Jy	S_{353} , Jy	S_{545} , Jy	S_{857} , Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
020421+050130				.14±.10			.09±.07			
020638+044807		.30±.20				.09±.07	.42±.20	.92±.40	3.6±1.2	
020651+044828		.29±.20			.09±.10		.44±.20	1.2±.60	3.9±1.5	
020704+050110	.17±.10									
020801+050033				.14±.07	.11±.06	.09±.10				
020912+050051		.28±.12		.10±.10			.14±.10	.12±.10	.31±.12	
020921+050142		.28±.12		.10±.10						
020931+045535	.18±.11						.09±.06			
021336+051819	.17±.11						.23±.13			
021449+050409				.10±.11		.05±.07		.11±.09	.30±.15	
021906+050354	.28±.20	.23±.15		.09±.10	.07±.09					
022019+045226									.96±.40	
022032+050243	.21±.10						.14±.08			
022141+044349					.10±.07					
022218+050343				.10±.08						bl

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	S_{30} , Jy	S_{44} , Jy	S_{70} , Jy	S_{100} , Jy	S_{143} , Jy	S_{217} , Jy	S_{353} , Jy	S_{545} , Jy	S_{857} , Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
022220+050010							.11±.07			bl
022416+045842				.10±.08			.15±.08	.30±.16	.56±.42	bl
022419+045657				.11±.08			.14±.07	.30±.15	.56±.26	bl
022509+050837		.36±.20		.14±.07	.09±.10	.06±.05				
022528+045316			.24±.15		.08±.10	.05±.07	.09±.10	.21±.11		
022653+045233						.08±.10				
022836+045619				.15±.08			.09±.10			
022929+045318		.32±.17								
023331+044909		.34±.18	.17±.08				< .07	.10±.07	.63±.36	
023840+045516			.20±.14	.14±.09	.10±.10					bl
023840+045752			.20±.14	.14±.09	.11±.10	.06±.07	.09±.10			bl
023950+050042						.14±.09				
024322+045804*							.16±.09	.66±.35	2.5±1.1	
024430+044445		.30±.15				.09±.07	.14±.08			
024754+045414	.24±.13			.12±.09	.08±.10	.06±.08		.51±.28	0.9±0.9	
024816+045345				.17±.10						
024939+044028	.20±.11							.28±.15	.84±.49	
025239+045840	.18±.13				.08±.10					
025253+050226	.18±.12			.12±.10	.08±.10	.06±.09				
025311+050032	.19±.13			.11±.09			.11±.09			
025421+045723		.42±.28	.22±.13	.15±.11						
025630+050221	.20±.13									
025647+050014	.20±.11	.52±.28		.15±.11	.17±.09		.48±.25	1.3±0.9	4.9±2.6	
025831+045309	.30±.16	.66±.34		.15±.11	.11±.10					
025856+050410							.17±.10	.57±.30	2.4±1.2	
030256+045521		.36±.20		.13±.10		.06±.09				
030321+050143				.16±.11	.12±.09	.10±.08				
030357+050240		.30±.13				.08±.09	.25±.14	.94±.45	2.6±1.5	
030456+045640					.10±.10	.08±.10				
030626+045137			.19±.13		.09±.10					
030656+045719				.13±.10	.11±.09	.07±.09				
030726+045517		.28±.15					.64±.30	1.0±0.7	4.1±2.0	
030733+045304		.28±.15					.86±.46	2.8±1.7	8.2±4.5	

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	S_{30} , Jy	S_{44} , Jy	S_{70} , Jy	S_{100} , Jy	S_{143} , Jy	S_{217} , Jy	S_{353} , Jy	S_{545} , Jy	S_{857} , Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
030810+050226				.12±.10		.08±.10				
030833+045409				.16±.11		.10±.09	.11±.08			
031124+050742		.26±.13	.12±.10							
031147+050802			.13±.10							
031321+050452			.22±.11			.08±.09				
031347+044724				.09±.10						
031530+050721	.23±.10		.14±.10		.10±.09					
031705+045838				.11±.10	.09±.09		.10±.09			
031736+045545		.32±.13		.14±.09						
031752+045452		.33±.20					.26±.13	1.1±0.7	5.3±2.8	
031841+044137				.08±.09						
031844+050614			.29±.16		.10±.10	.07±.06				
031858+045914		.35±.22		.13±.10	.09±.09	.06±.08	.25±.13	.50±.27	.69±.35	
031903+045607		.41±.32				.18±.13	.45±.32	1.2±.71	3.7±2.0	
032125+045849	.17±.11	.36±.23		.09±.10						
032314+044612		.31±.18					.10±.07			
032407+044200	.17±.11					.05±.07	.15±.09	.93±.52	2.2±1.5	
032456+044640	.22±.15		.18±.09	.15±.10	.10±.06	.08±.10				
032506+050110					.06±.08	.07±.06	.17±.11			
032640+051111	.16±.11				.08±.10					
032642+044650		.44±.20			.13±.09	.08±.10	.20±.13	.54±.23	3.3±2.0	
032724+045559	.18±.12		.23±.12	.15±.10	.13±.10	.07±.06				
032825+045344		.26±.17								bl
032826+045614		.26±.17								bl
032910+050336							.11±.09	.25±.13	2.0±1.2	
032911+045817				.11±.09	.12±.09	.10±.09	.28±.16	1.0±.70	2.4±1.3	
032917+050443			.10±.08							
032935+045549					.07±.09					
033510+045723				.18±.12	.15±.10					
033613+045935			.12±.09		.07±.10					
033726+045005			.16±.11							bl
033726+045944		.44±.33	.31±.17	.18±.12	.13±.10					bl
033750+045833	.20±.13	.42±.32	.19±.12	.14±.10	.10±.09	.06±.09	.50±.27	1.7±1.1	5.5±2.8	

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	S_{30} , Jy	S_{44} , Jy	S_{70} , Jy	S_{100} , Jy	S_{143} , Jy	S_{217} , Jy	S_{353} , Jy	S_{545} , Jy	S_{857} , Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
033959+050058							.43±.25	1.6±1.0	4.4±3.3	
034109+050709				.11±.09						
034231+044740				.11±.10	.09±.09					
034243+044527	.17±.13			.11±.09	.08±.09					
034329+045750					.04±.09		.16±.11	.53±.33	1.1±.80	
034628+045545	.16±.11			.10±.10	.08±.09	.11±.09				
034824+045421		.31±.15			.14±.09					
034931+050042	.16±.11			.10±.10		.04±.09				
035054+050620	.21±.12				.13±.11	.09±.10				
035203+044612				.16±.11	.12±.09	.12±.09	.14±.10	.34±.21	1.1±.80	
035208+045128	.18±.13			.11±.09	.10±.09	.04±.10				
035303+050431	.17±.13				.09±.09					
035454+050250				.10±.09	.09±.10	.05±.08				
035515+045703							.13±.10	.56±.35	1.9±1.0	
040311+045929	.17±.13			.13±.11	.10±.09					
040332+045817			.23±.14		.11±.10					
040424+050633			.17±.13	.11±.09	.08±.10					bl
040427+050207				.11±.09			.22±.14	.46±.30		bl
040626+044753	.23±.12	.44±.32	.10±.09	.10±.09	.07±.14					
041319+045839	.20±.11									
041330+045247	.20±.11	.54±.38	.12±.10							
041510+050144				.11±.09	.08±.10					
041752+044404	.25±.18	.42±.30	.26±.18	.16±.10	.11±.09					
042003+045101	.26±.17			.13±.10						
042154+050230		.35±.23	.20±.13	.19±.12	.15±.12	.09±.10				
042545+045028					.09±.10	.06±.10				
042619+045025				.13±.12	.09±.10					
042636+051818*	.36±.23		.20±.12	.16±.11	.18±.11	.11±.10				
042747+045708*		.39±.27	.50±.31	.23±.16	.32±.20	.21±.14				
043311+052115*	2.0±1.2	1.8±1.1	1.7±1.1	1.8±1.0	1.5±1.0	1.0±.75	.92±.54	1.0±.75	1.4±.85	
043629+050034							.13±.10	.59±.34	1.9±1.1	
043722+050529							.25±.16	1.4±.75	1.6±1.0	
043732+045139	.16±.11									

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	S_{30} , Jy	S_{44} , Jy	S_{70} , Jy	S_{100} , Jy	S_{143} , Jy	S_{217} , Jy	S_{353} , Jy	S_{545} , Jy	S_{857} , Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
044014+050002*		.30±.17	.14±.11	.11±.09	.15±.10	.65±.46	2.7±1.8	10.±7.5	22.±11.	
044136+045403	.17±.11	.53±.20	.09±.10							
044148+044848			.09±.10							
044455+045659						.08±.10				
044935+050102		.34±.20				.12±.10				
045000+051254	.16±.11	.29±.17	.25±.16		.10±.10	.08±.09	.10±.10		.36±.20	
045110+045054							.06±.09			
045113+043751			.14±.11			.07±.09	.18±.13	40±.27	2.2±1.5	
045151+050134							.16±.11	.38±.25	1.0±.75	
045322+051052				.21±.15	.13±.10	.13±.10				
045503+045302					.10±.09	.07±.09	.12±.10			
045544+045051							.10±.09	.12±.10	.29±.17	
045754+045354								.24±.14		
045905+045609					.13±.10	.08±.10				
050011+045838					.08±.09	.05±.09				
050026+050433					.06±.09					
050523+045942*	.59±.35	.67±.45	.76±.55	.67±.46	.74±.55	.73±.54	.63±.40			
050625+050819						.08±.10	.22±.16	.50±.31	1.9±.95	
050649+045101	.17±.11									
050709+045520							.33±.21	1.4±.95	4.7±3.0	
050825+045155*				.15±.10			1.5±1.0	5.0±2.5	13.±7.5	
051006+045910		.28±.20								
051018+045952						.12±.11				
051106+045854							.10±.09			
051219+045610					.12±.08	.09±.09	.19±.13	.42±.25	.58±.39	
051343+045854							.09±.10			bl
051344+050347							.06±.09			bl
051539+045947				.11±.11	.08±.10	.08±.10	.20±.15	.54±.45	2.4±1.5	
051711+050032				.15±.12	.13±.10	.10±.10	.16±.12			
051909+050520		.32±.27					.23±.10			
052035+045401		.31±.25			.12±.09	.08±.10				
052055+050654						.08±.10		.24±.13		
052117+050728							.13±.11	.25±.14	.51±.33	

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	S_{30} , Jy	S_{44} , Jy	S_{70} , Jy	S_{100} , Jy	S_{143} , Jy	S_{217} , Jy	S_{353} , Jy	S_{545} , Jy	S_{857} , Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
052241+045304	.22±.17	.30±.23	.09±.11	.12±.10						
052333+045827	.21±.17									
052431+050736		.31±.20								
052502+045432			.20±.11		.10±.11	.05±.07	.07±.10			
052801+045750				.09±.10						
053603+050600		.30±.20								
053849+050411	.31±.23	.50±.41	.18±.11	.09±.10	.11±.09					bl
053851+050309	.31±.23	.50±.41	.18±.11	.09±.10	.11±.09					bl
053957+045359		.35±.21								
054118+050900			.15±.12							
054405+045906				.10±.08	.18±.11	.60±.42	1.1±.75	6.0±3.5	18.±11.	
054555+045943							.10±.08	.30±.24	1.0±.75	
054948+045246			.16±.12							
055256+044725			.17±.12							
055652+050937				.12±.10						
060033+045601	.24±.13									
060537+050020		.32±.19		.13±.10						
060715+045818		.43±.25								
060827+050251	.25±.18				.09±.09	.16±.13	.30±.22	1.4±1.0	5.8±3.5	bl
060829+050115	.25±.18				.09±.09	.16±.13	.30±.22	1.4±1.0	5.8±3.5	bl
060947+045927			.19±.13	.10±.08	.09±.08	.06±.09	.22±.18	1.1±.80	2.5±1.8	
061048+050504		.25±.18		.11±.09			.11±.09	.08±.11		
061217+045636	.17±.11			.10±.08						
061553+045650				.12±.10		.05±.09				
061756+045824	.17±.11				.09±.09					
061823+050700			.24±.16	.15±.11						
061900+050630				.09±.10						
061943+045748			.19±.13			.14±.10	.92±.73	3.2±2.0	11.±7.5	
062128+045852				.13±.10						
062152+043834				.12±.10						
062157+045606				.17±.13	.11±.08					
062207+045651				.17±.13	.11±.08					
062325+045624					.15±.11					

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	$S_{30},$ Jy	$S_{44},$ Jy	$S_{70},$ Jy	$S_{100},$ Jy	$S_{143},$ Jy	$S_{217},$ Jy	$S_{353},$ Jy	$S_{545},$ Jy	$S_{857},$ Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
062418+045701			.15±.13	.10±.08						
062450+050350			.14±.11							
064054+050550				.14±.11						
064116+044748							.80±.61	1.3±.90	2.9±1.9	
065327+050319				.11±.08						
065529+045510						.14±.10				
070424+050418				.09±.08						
070451+050358					.13±.10	.08±.10	.23±.13			
070612+045546				.14±.10		.09±.08				
070747+045414			.19±.12	.15±.08						
071130+045140						.09±.10				bl
071130+050037					.09±.11					bl
071141+045416		.23±.17								
071350+050210		.32±.25								
071414+045526		.33±.25	.21±.15			.09±.11	.11±.08	.27±.16	.51±.35	
071833+045632							.17±.12	.39±.28	1.1±.80	bl
071834+045248							.17±.12	.39±.28	1.1±.80	bl
071900+044705	.17±.12									
072043+045026					.13±.10	.10±.10	.55±.30	3.5±1.7	17.±9.5	
072318+045535				.14±.10		.04±.07				
072630+050242	.18±.13		.21±.15	.18±.13	.08±.10	.13±.10	.15±.11	.18±.13	.35±.21	
072818+045139		.30±.17		.12±.09	.11±.08	.09±.11				
073041+045405		.26±.17	.20±.14	.16±.12			.14±.10			
073109+045235		.32±.25			.15±.11	.14±.10	.20±.17	.10±.08	.21±.18	bl
073109+045528		.32±.25		.11±.09	.13±.11		.20±.17			bl
073126+045301		.32±.25		.16±.12	.21±.13	.09±.11	.11±.09	.13±.10	.31±.18	
073225+050050	.25±.16	.33±.25	.12±.09		.09±.10		.12±.09			
073357+045614	.35±.26		.30±.17	.22±.17	.19±.13					
073451+045942	.22±.13									
073542+045147		.40±.31		.18±.13	.14±.09	.08±.07				
073550+045020*		.40±.31			.14±.09	.25±.07	1.4±1.0	5.0±3.0	13.±7.9	
073616+045056	.22±.13	.40±.31			.12±.08	.07±.09				bl
073617+044916						.07±.09				bl

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	S_{30} , Jy	S_{44} , Jy	S_{70} , Jy	S_{100} , Jy	S_{143} , Jy	S_{217} , Jy	S_{353} , Jy	S_{545} , Jy	S_{857} , Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
073831+050346	.26±.16									
074142+050137				.08±.10						
074239+050704	.25±.16	.49±.35	.16±.12					.24±.18	.62±.47	
074315+045551							.10±.09			
074325+044756			.21±.18		.11±.10	.06±.09	.13±.09	.30±.19	.44±.29	
074452+050009	.18±.13	.42±.28	.09±.10							
074528+045448							.20±.17			
074615+043336								.19±.14	.36±.21	
074616+044312								.20±.17	.26±.18	
074801+045242								.13±.09		
074911+043835	.19±.13	.28±.20	.15±.13		.08±.10	.06±.10	.10±.07	.25±.18	.60±.45	
075022+045929				.11±.09	.14±.10	.06±.09	.20±.17			
075132+050413	.21±.13									
075218+051040	.20±.13									
075314+045129				.09±.08						
075430+050111				.14±.09	.10±.08	.11±.09	.15±.11			
075457+050632	.25±.16									
075628+050612							.09±.08	.17±.13	.34±.28	
075819+051046		.30±.26	.18±.10		.10±.10	.06±.09				
075943+045513							.18±.13			
080444+044636							.26±.17	.18±.13	.45±.33	
080455+044906							.09±.08	.22±.17		
080757+043234		.31±.23	.20±.13	.17±.11	.15±.10	.09±.08	.13±.09	.12±.09		
080821+045300	.18±.14	.34±.23	.11±.10							
080823+050652				.15±.09	.10±.10	.10±.08				
080835+044949		.34±.23								
080947+050109*						.13±.09	.20±.14	.26±.16	.98±.54	
081023+045247		.29±.18		.13±.09	.08±.10	.06±.09				
081138+045055						.11±.08		.06±.10	.22±.17	
081314+045708	.27±.17	.44±.32	.36±.23	.24±.13	.12±.08					
081640+045354			.16±.11						.53±.35	
081848+045354		.31±.23			.08±.10	.12±.08	.20±.14	.38±.24	.69±.45	
081856+051737				.12±.08	.12±.08	.10±.07				

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	S_{30} , Jy	S_{44} , Jy	S_{70} , Jy	S_{100} , Jy	S_{143} , Jy	S_{217} , Jy	S_{353} , Jy	S_{545} , Jy	S_{857} , Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
082120+050049	.17±.13	.31±.16		< .06	.08±.10	.18±.10	.27±.16	.49±.30	.87±.60	
082409+045051						.05±.09				
082453+045939							.12±.08			
082510+050634							.17±.11	.60±.39	.92±.65	
082517+044921							.16±.11	.36±.23	1.1±.74	
082709+045748					.12±.09	.11±.08				
082806+045420				.16±.11			.11±.08			
083148+042938*				.57±.31	.57±.34	.54±.28	.53±.27	.62±.35	.46±.29	
083729+044420		.35±.23								
083813+044750						.09±.07		.33±.27	.55±.30	
083814+044456				.10±.09	.07±.09	.06±.09	.08±.09	.44±.28	.61±.40	
083925+045419							.08±.09			
084022+050826				.11±.09	.14±.11	.24±.17	.25±.18	.33±.26	1.5±1.0	
084102+044730								.30±.24	.60±.44	
084145+050050*							.13±.09	.54±.38	1.4±1.0	
084207+044738				.11±.09		.06±.09		.38±.25	.64±.45	
084219+044354	.16±.11									
084517+043946*	.37±.25	.43±.32	.18±.12	.19±.13	.20±.13	.15±.11	.18±.12	.39±.22	.69±.44	
084720+045434				.13±.12	.07±.08	.10±.09	.29±.17			
085238+045329						.09±.10	.13±.10			
085406+045702					.12±.09	.07±.09				
085411+044600							.14±.11			
085547+045554						.06±.09				
085955+044646	.17±.12	.30±.21	.10±.08							
090111+044858	.25±.14		.18±.11							
090720+043619	.28±.15		.22±.16	.11±.09	.07±.09		.30±.23	.26±.18	1.2±.84	
091347+043630								.13±.10		
091401+050707				.05±.09						
091432+045537							.12±.09	.53±.31	1.1±.80	
091636+044132	.19±.12									
091924+051132					.10±.08	.07±.09	.20±.15	.35±.24		
091933+050954						.12±.08		.34±.23		
092113+050711		.31±.20	.23±.15	.09±.07	.08±.07	.06±.09				

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	S_{30} , Jy	S_{44} , Jy	S_{70} , Jy	S_{100} , Jy	S_{143} , Jy	S_{217} , Jy	S_{353} , Jy	S_{545} , Jy	S_{857} , Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
092355+045645					.17±.11					
092445+050344							.11±.09	.41±.28	.91±.63	bl
092446+050805							.14±.10	.47±.34	.91±.63	bl
092517+045142				.11±.09						
092703+045704					.07±.09					
092749+044757									.25±.15	
093249+043755	.18±.12			.09±.07						
093345+050246						.15±.11	.10±.09			
093354+045509							.20±.15	.34±.23	.85±.61	
093425+050347					.06±.09					
093450+045601	.16±.11									
093609+050349				.09±.07						
093628+043641								.58±.41	2.6±1.8	
093859+043822							.13±.10	.34±.23	1.2±.81	
094007+044931				.11±.08	.07±.09	.09±.08	.13±.10			
094215+043622	.17±.11		.14±.09	.16±.11	.13±.08	.08±.10	.41±.28	.59±.35	1.5±1.0	
094255+045837		.24±.15	.13±.09	.10±.08	.08±.08	.05±.10				
094512+045124		.32±.25								
094526+045413	.18±.12	.31±.24	.09±.07							
094545+043525		.32±.25								
094751+050417	.32±.21						.07±.09	.18±.12		
094818+044342							.10±.08	.13±.10	.38±.29	
094839+044957	.23±.15		.28±.20	.15±.19	.31±.14	.41±.26	.13±.10			
094941+045444							.08±.09	.25±.16	.63±.49	
095016+045511								.10±.08		
095017+044640				.10±.11	.08±.10					
095102+050643								.12±.10	.41±.28	
095151+045636								.20±.14	.39±.26	
095218+050559				.13±.08	.10±.10	.09±.10				
095856+045040				.10±.08						
100043+045624						.05±.09	.07±.08	.10±.08	.32±.18	bl
100048+045603					.07±.09	.05±.09	.07±.08	.12±.10	.36±.20	bl
100236+044533				.11±.08	.08±.09		.09±.10			

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	S_{30} , Jy	S_{44} , Jy	S_{70} , Jy	S_{100} , Jy	S_{143} , Jy	S_{217} , Jy	S_{353} , Jy	S_{545} , Jy	S_{857} , Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
100355+050125					.09±.11					
100637+050953	.17±.10		.14±.11	.15±.10	.14±.11	.13±.10	.10±.08			
100726+050400	.22±.13						.15±.10	.32±.21	1.0±.76	
100845+045657			.16±.10	.11±.09				.10±.08		
101043+044444						.05±.09				
101126+050300				.07±.09			.15±.10	.36±.22	.84±.61	
101204+050613				.11±.11		.05±.09				
101333+045752				.13±.09				.37±.23		
101515+045305				.11±.08	.11±.08	.08±.10	< .07		.36±.22	
101603+051303*	.45±.33	.34±.23	.27±.19	.16±.11	.22±.13	.22±.12	.14±.11	.11±.09		
101610+044820*							.18±.13	.29±.17	.79±.57	
101627+045507		.34±.23				.17±.12				
101900+045048							.10±.09			
101940+044359	.18±.11				.12±.08		.08±.10			
102259+045012								.14±.11	.32±.21	
102302+044949								.14±.11	.29±.17	
102337+042413			.15±.10							
102346+050012							.15±.10			
102753+044419				.16±.11	.12±.09	.23±.12				
102817+050407				.12±.09	.12±.09	.09±.11	.08±.09			
102915+045525							.15±.10			
103119+044311	.23±.13	.37±.19	.18±.13		.10±.08	.06±.09	.13±.10			
103157+045006				.13±.08		.09±.10				
103234+045925						.08±.10	.19±.13	.29±.17	1.0±.77	
103411+045016						.05±.09				
103435+045623								.17±.12	.39±.26	
103505+045420		.23±.13	.20±.13	.12±.09		.08±.10				
103525+050234		.23±.13			.09±.10					
103532+050235		.30±.14			.10±.08		.09±.10	.14±.11		
103557+050354							.08±.10			
103649+045445								.14±.08	.25±.15	
103817+045220				.10±.09	.12±.10	.07±.09				
103846+051229*	1.0±.77	.90±.63	.70±.55	.53±.28	.27±.15	.19±.13	.12±.09	.11±.08		

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	S_{30} , Jy	S_{44} , Jy	S_{70} , Jy	S_{100} , Jy	S_{143} , Jy	S_{217} , Jy	S_{353} , Jy	S_{545} , Jy	S_{857} , Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
103938+051031	.25±.13	.32±.23					.06±.09			
104117+045306				.20±.14	.17±.13	.10±.08	.15±.10			
104135+044549				.12±.09	.11±.08	.07±.09				
104138+044938			.17±.13		.10±.08	.06±.09	.09±.10			
104218+044304		.29±.20	.16±.13	.08±.10						
104346+044030			.18±.08		.09±.09		.17±.13	.35±.28	.65±.46	
104527+045118				.11±.08		.04±.09				
104551+045552	.18±.13	.33±.20		.10±.10			.09±.10			
104959+051953				.08±.10			.10±.08			
105010+043251*			.31±.18	.27±.17	.32±.18	.22±.14	.19±.13			
105130+050309						.08±.10				
105253+045735	.35±.23			.13±.08	.11±.10	.07±.09	.13±.09			
105351+045632	.29±.20									
105448+044706		.33±.14		.13±.12						
105459+050109					.09±.09	.06±.09				
105520+045940		.27±.21		.10±.08						
105531+050138		.24±.14								
105545+044907				.12±.09	.14±.09	.09±.08				
105712+050515	.17±.13					.06±.09				
105719+045545		.30±.22								
105858+044347	.18±.13			.08±.10						
105929+045524	.18±.13					.10±.08	.34±.27			
105944+044156		.36±.24	.10±.08	.09±.10		.05±.09	.08±.10			
105951+045352	.18±.13						.09±.10	.16±.12	.43±.32	
110011+044400	.22±.14		.11±.08	.07±.09				.20±.13	.39±.24	
110246+045916	.17±.10									
110423+044941*							.13±.09	.43±.29	1.2±.90	
110935+045604							.14±.09	.62±.47	1.1±.77	
111051+045200						.07±.09				
111124+045604		.29±.10	.12±.08	.12±.08						
111311+045511				.07±.09			.09±.10		.68±.49	
111708+045430	.16±.10									
112337+044841				.13±.08	.09±.10					

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	S_{30} , Jy	S_{44} , Jy	S_{70} , Jy	S_{100} , Jy	S_{143} , Jy	S_{217} , Jy	S_{353} , Jy	S_{545} , Jy	S_{857} , Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
112353+045015			.17±.10	.10±.08		.05±.10				
112437+045618						.07±.09	.20±.14	.47±.32	1.5±.97	
112512+045534								1.6±1.0	3.4±2.1	
112540+044652					.10±.08					
112613+045305				.09±.09						
112810+045034	.17±.10									
112901+045830				.12±.09	.10±.08					
112926+045011	.23±.16			.10±.08		.06±.09	.21±.14	.45±.30		
113033+044734	.19±.14		.18±.12		.09±.07	.07±.09	.25±.18	.45±.30	1.1±.77	
113059+045440	.26±.17							.16±.11	.60±.39	
113255+044856			.22±.11	.14±.09		.08±.10				
113353+045901		.41±.35								
113430+050005			.30±.17	.12±.09	.14±.08		.14±.11	.21±.14	.30±.21	
113914+044330							.14±.11		.51±.32	
114005+045952				.09±.07			.12±.09	.23±.16	.53±.34	
114013+045316	.18±.13						.09±.07	.22±.16	.59±.37	
114211+043740							.18±.12	.62±.39		
114219+045459			.15±.11	.09±.07	.13±.10	.15±.11				
114233+044813	.17±.10			.07±.09						
114521+045526	.22±.16		.18±.12		.14±.11	.09±.07				
114631+045818					.12±.09	.10±.08				
114847+045527		.33±.23						.13±.10		
115017+045601	.17±.10									
115206+044807			.08±.10							
115223+044814				.12±.08	.09±.10	.06±.10	.13±.10	.41±.31	.44±.33	
115336+045505				.11±.09	.13±.11	.16±.14	.17±.14			
115348+045900	.21±.16		.16±.11	.13±.10			.16±.11			
115455+050155	.17±.10		.11±.10	.09±.08		.04±.09				
115519+044331		.33±.23					.08±.10			
115537+045939	.17±.10			.11±.10	.10±.07	.05±.09			.44±.35	
115729+044507							.07±.09			
115851+045541	.20±.15	.31±.22		.13±.10			.09±.08			
120305+045711				.10±.08			.12±.09			

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	S_{30} , Jy	S_{44} , Jy	S_{70} , Jy	S_{100} , Jy	S_{143} , Jy	S_{217} , Jy	S_{353} , Jy	S_{545} , Jy	S_{857} , Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
120522+050941	.25±.17						.18±.11	.12±.10	.28±.15	
120627+045441				.09±.10			.09±.10	.13±.10	.26±.19	
120944+044118							.16±.11			
120954+045509			.17±.10		.10±.08			.19±.13	.30±.23	
121148+051125							.12±.09	.40±.31	.81±.50	
121325+044407			.30±.18	.20±.13	.15±.10	.07±.09				
121328+050009	.16±.11									
121821+044954								.18±.13	.40±.31	
121852+051449				.13±.10	.11±.09	.08±.08	.09±.07	.20±.14		
122107+045454					.16±.11	.11±.08	.19±.11			
122154+042825*		.29±.17		.11±.09		.36±.29	1.4±1.0	5.4±3.0	18.±10.	
122242+050044						.07±.06	.16±.11	.22±.15	.49±.34	
122337+045208							.14±.10	.18±.13	.33±.24	
122647+050701	.18±.12					.04±.09				
122724+045936	.17±.10				.09±.10			.18±.13	.40±.31	
122828+044458	.20±.14						.10±.08			
123442+045123				.10±.08		.10±.08	.16±.11	.28±.17	.55±.34	
123455+044828		.31±.24								
123507+045318		.23±.15								
123723+045741				.14±.10	.09±.10			.34±.24	.66±.48	
123932+044305*	.43±.32	.56±.40	.51±.37	.49±.34	.38±.27	.36±.25	.34±.25	.27±.20	.33±.28	
124145+045924	.18±.12		.09±.10				.17±.12			
124638+044805								.13±.10		
125040+050235							< .14	.21±.15	.60±.44	
125240+044828	.17±.10						.21±.15	.49±.34	1.2±.88	
125554+045339	.22±.12	.29±.18	.10±.08				.17±.12	.24±.18	.61±.44	
125731+050240			.17±.13							
125755+045917		.30±.19						.13±.10	.48±.30	
125901+044428									.87±.52	
125917+044533	.18±.12									
130631+050231				.07±.10	.07±.10					
131013+044839							.13±.11			
131645+045904							.09±.10	.15±.11		

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	S_{30} , Jy	S_{44} , Jy	S_{70} , Jy	S_{100} , Jy	S_{143} , Jy	S_{217} , Jy	S_{353} , Jy	S_{545} , Jy	S_{857} , Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
131652+044859	.18±.12						.12±.09	.19±.13	.43±.27	
131829+043009	.19±.13		.15±.11			.08±.07	.12±.09	.20±.14	.48±.30	
132005+045530				.11±.10	.10±.10					
132203+044847									.36±.20	
132610+043924		.33±.20		.12±.10			.10±.10			
132643+045654	.23±.17	.32±.20	.25±.15	.10±.10						
132726+045233			.11±.08	.10±.10		.06±.09				
132755+045908				.13±.09	.09±.10					
133010+050037			.20±.13	.14±.09		.09±.10	.13±.10	.21±.14	.94±.70	
133218+044819							.11±.08	.16±.12	.57±.35	
133303+045146	.16±.11						.18±.12	.32±.24	.42±.27	
133326+045159					.07±.09					
133510+045415	.18±.12		.22±.14		.15±.10	.16±.12	.18±.12			
133541+050124				.10±.09	.08±.08	.05±.09				
133807+045758						.07±.08				
133849+050333			.30±.13				.09±.10	.30±.23	.43±.30	
133920+050159							.07±.08		.55±.34	
134012+044902			.23±.13		.10±.10	.05±.09	.14±.10			
134012+045200			.23±.13	.13±.10	.10±.10	.06±.09	.13±.10		.39±.24	
134117+045023			.14±.09	.11±.10		.06±.10				
134201+050157			.16±.12	.10±.09	.09±.10	.06±.09	.07±.09			
134243+050431			.17±.12	.15±.10	.10±.09	.12±.10	.13±.10	.30±.22		
134350+045048				.10±.10		.05±.09				
134547+045257				.22±.14	.20±.13	.12±.10	.20±.12	.13±.09		
134648+050457		.33±.20								
134725+045509		.37±.22		.15±.10	.10±.09					
134750+043740				.11±.09			.12±.10		.38±.24	
135050+045148							.13±.10			
135137+043542	.17±.11		.14±.09	.10±.10		.05±.09		.15±.11		
135305+044337			.15±.10	.10±.10	.09±.10	.04±.09				
135621+050050*	.18±.12		.17±.12	.11±.0	.09±.10	.08±.10	.72±.51	2.0±1.5	7.4±5.5	
135730+045050	.25±.18									
135737+045314	.25±.18									

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	S_{30} , Jy	S_{44} , Jy	S_{70} , Jy	S_{100} , Jy	S_{143} , Jy	S_{217} , Jy	S_{353} , Jy	S_{545} , Jy	S_{857} , Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
140008+050053	.21±.15		.16±.10	.11±.09	.10±.09	.05±.09				
140348+045632	.19±.13			.11±.09	.12±.10	.05±.09	.14±.10			
140518+043404	.19±.13		.08±.10			.05±.09				
140709+045300						.08±.10				
141057+050517	.18±.12		.43±.31	.25±.17	.24±.16	.18±.12	.13±.10			
141247+045430	.18±.12			.10±.09	.11±.09	.05±.08	< .12	.21±.15		
141326+045357							.09±.10			
141437+045539						.08±.10	.12±.10	.18±.13	.39±.24	
141715+045020				.13±.10		.09±.09	.17±.12	.11±.09		
141757+045038	.17±.11						.11±.09			
142104+050845	.17±.11			.10±.09				.62±.49	.89±.77	
142158+045253							.14±.11		.40±.24	
142409+043451	.19±.13		.17±.11	.15±.10	.17±.11	.14±.10				
142545+045041			.20±.14	.13±.10			.17±.12	.41±.24	.84±.71	
142628+042658							.10±.09	.23±.13	.46±.35	
142848+050629							.10±.09	.12±.10	.25±.15	
142916+050121	.18±.12	.28±.19						.12±.10	.40±.24	
143433+044646		.42±.31	.33±.24	.13±.10	.13±.09	.21±.14	.18±.12	.28±.19	.39±.24	
143505+044637				.13±.10						
143507+045201								.22±.13		
143510+050107	.17±.11									
143536+045158							.09±.10	.16±.12	.79±.53	
143702+050615								.19±.13	.33±.21	
143904+042829		.31±.23					.16±.12		.52±.35	
144037+050707		.28±.19					.13±.10		.26±.16	
144124+045557						.08±.10	.27±.16	.36±.28	.52±.35	
144146+045212			.11±.09					.12±.09	.27±.18	
144257+045325*						.07±.09	.16±.12	.65±.47	2.0±1.5	
144334+045258					.10±.09			.20±.14	.51±.33	
144617+050740						.09±.10				
144806+045106						.10±.09				
145032+050824			.25±.19	.12±.10		.20±.15	.13±.10			
145108+045703	.17±.11		.21±.15		.10±.09	< .06	.09±.10			

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	$S_{30},$ Jy	$S_{44},$ Jy	$S_{70},$ Jy	$S_{100},$ Jy	$S_{143},$ Jy	$S_{217},$ Jy	$S_{353},$ Jy	$S_{545},$ Jy	$S_{857},$ Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
145257+045721									.29±.18	
145323+045803	.20±.15			.10±.09			.09±.10			
145329+050131							.11±.09			
145358+044040							.16±.12		.35±.23	
145412+044501						.05±.09	.13±.10	.43±.31	.56±.35	
145416+043831					.15±.11					
145426+044836	.19±.13									
145557+044232								.19±.13	.49±.33	
145625+045645	.20±.15	.38±.23	.29±.19	.10±.09	.06±.09	.08±.10				
145838+050055			.41±.33							
145858+051248					.12±.09			.05±.09		
150630+043609						.09±.09				
151012+043932	.17±.11	.33±.21	.13±.10	.11±.09		.05±.09				
151052+045206	.17±.11						.18±.14	.93±.60	1.3±.98	bl
151054+045410	.17±.11						.16±.14	.85±.54	1.5±1.0	bl
151141+051809*		.39±.22		.10±.09						
151323+045022							.20±.14	.35±.23	.99±.63	
151417+050918		.36±.22			.09±.09					
151452+045635							.09±.09	.21±.14		
151543+050330	.22±.16	.35±.22			.14±.10	.09±.09				
151855+045114			.17±.11				.13±.10	.15±.11	.58±.40	
151930+045704	.17±.11	.23±.16	.13±.10	.09±.09						
152026+045713				.14±.11		.10±.09				
152114+043020	.35±.22		.11±.09	.08±.09			.23±.14	.70±.53	2.1±1.4	
152154+045830				.12±.10		.07±.09				
152624+044847	.18±.12			.11±.09		.08±.09				
152657+050049					.09±.10	.06±.09				
152659+050202					.09±.10	.06±.09				
152759+045819	.16±.11									
152817+043833							.07±.09			
153032+045050							.13±.10	.18±.13	.46±.29	
153105+045350				.12±.10	.10±.09	.06±.09				
153130+045941						.10±.09				

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	S_{30} , Jy	S_{44} , Jy	S_{70} , Jy	S_{100} , Jy	S_{143} , Jy	S_{217} , Jy	S_{353} , Jy	S_{545} , Jy	S_{857} , Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
153248+050005	.17±.11	.30±.21	.09±.09							
153413+050058				.13±.09	.10±.09	.10±.09	.20±.15			
153434+045342							.18±.13			
153506+050735	.16±.11	.31±.18			.10±.09	.07±.09	.17±.11	.27±.15		
153720+045121	.17±.11	.34±.18	.12±.10			.04±.09		.21±.14		
154333+045219*	.35±.22	.34±.21	.35±.22	.23±.17	.20±.15	.16±.11	.21±.15	.20±.15		
154418+045822							.07±.09	.17±.11		
154721+044812				.13±.10	.09±.09	.06±.09				
154817+045323				.13±.10	.12±.10	.07±.09				
154906+050331			.07±.09							
154934+045810						.11±.09				
154959+045134				.09±.09		.04±.08				
155021+050630							.16±.11	.38±.24	1.2±.84	
155035+052710*	2.5±1.3	2.7±1.8	2.0±1.4	1.6±1.0	1.1±.77	.86±.49	.74±.56	.43±.27	.48±.29	
155141+045431		.35±.22					.31±.24	.58±.40	1.7±1.0	
155148+045930		.35±.22	.20±.16				.17±.11	.50±.36	1.6±1.0	
155214+045749					30±.20	.25±.18	.17±.11			
155235+050003				.14±.10		.06±.09				
155342+044245							.13±.10	.14±.11		
155431+051726							.17±.11	.38±.24		
155743+045708							.20±.15	.61±.47	1.9±1.4	
155811+045154		.28±.17		.09±.09						
155811+050538		.28±.17		.10±.09						
155851+050646			.14±.11							
155906+050200										
160014+045231				.10±.09	.14±.11	.19±.13				
160024+044625						.04±.09	.18±.12	.53±.38	1.1±.77	
160921+045000			.14±.11			.08±.09				
161015+044923			.19±.12	.15±.11		.09±.09				
161513+045358			.12±.10		.10±.09					
161637+045932*	.52±.35	.24±.13		.14±.11	.08±.09	.06±.09	.08±.09	.14±.11		
161907+045559		.32±.20	.14±.11				.15±.11			
162033+044736				.11±.09						

Таблица 1. (Продолжение)

NVSS name	$S_{30},$ Jy	$S_{44},$ Jy	$S_{70},$ Jy	$S_{100},$ Jy	$S_{143},$ Jy	$S_{217},$ Jy	$S_{353},$ Jy	$S_{545},$ Jy	$S_{857},$ Jy	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
162400+050246								.09±.09	.50±.34	
162400+050427							.09±.10	.14±.11	.50±.34	
162454+044552	.18±.12									
162650+044851				.12±.09		.07±.09				
163832+044956							.09±.10			
164328+045255							.13±.11		.67±.46	
164358+044820	.17±.12									
164518+050058				.13±.10						
164616+044559						.05±.09	.18±.12	.57±.36	3.7±2.0	
164653+050109						.07±.09				
164728+043952				.14±.10		.09±.09				
165357+044313				.12±.11		.05±.09				
165519+045426							.12±.11	.35±.24	1.4±1.0	
165808+045218							.23±.13	.61±.45	1.8±1.2	
165811+045332	.25±.17		.09±.10				.20±.13	.33±.23	1.0±.77	
165833+051515*	.71±.54	.99±.75	.31±.25	.21±.16	.22±.16	.19±.14	.63±.45	2.4±1.5	7.2±4.6	

Spectral Properties of Inhomogeneities in the Microwave Background on Multi-Frequency Maps of the Planck, Close to the RCR-Catalogue Sources

E. K. Maierova¹ and O. P. Zhalenkova¹

¹Special Astrophysical Observatory, Russian Academy of Sciences, Nizhnii Arkhyz, 369167 Russia

The spectral properties of the inhomogeneities of the microwave background on Planck multi-frequency maps that are distant from the sources of the RCR catalog by the half-width of the power beam pattern of the high-frequency Planck complex (± 2.5), as well as the spectral features of the sources depending on the presence of positive spots near them, are studied. About 830 objects of the catalog were examined for the detection of spots with positive amplitudes near them. The features that indicate the connection of positive peaks on the Planck maps with the nearest radio sources are revealed. First, it is the excess of the number of RCR sources with flat and normal spectra, near which there are spots, over the number of sources with steep spectra. Secondly, the number of spots with positive amplitude on Planck maps that coincide within ± 2.5 with the coordinates of source-free areas on NVSS, FIRST maps and have the same sizes is on average almost one and a half times less than the number of spots that coincide with RCR objects. It is shown that RCR objects, near which there are no spots, have steeper spectra compared to the spectra of sources, near which spots are detected. The distribution of the spectral indices of spots in the range of 30–217 GHz was close to the distribution of the spectral indices of RCR sources in the range of 100 MHz–8.5 GHz, and their median values almost coincided. This may indicate that the positive fluctuations on the Planck maps detected near RCR objects in the range of 30–217 GHz are synchrotron in nature and may be associated with these objects. They can be manifestations of these objects or manifestations of their host galaxies and their environment in the submillimeter range. In the range of 353–857 GHz, some of the detected spots can be classified as dusty. The spectra of RCR sources, near which such spots were detected, were steeper than the spectra of RCR objects, near which spots were detected only in the frequency channels 30–217 GHz. The steeper the spectrum of the RCR object in the range of 100 MHz–8.5 GHz, the greater the value of the positive spectral index of the nearest spot in the range of 353–857 GHz. The spots, whose two-frequency spectral indices indicate their dusty nature, may be associated with the high dust content in the host galaxies of RCR objects and the processes of star formation in them. It is also possible that the rise in the spectra at high frequencies may be caused by the presence of a signal from cold galactic dust on the frequency maps.

Keywords: *radio continuum: general—catalogues*