

Результаты мониторинга мазерного излучения ОН с частотой 1665 МГц в источниках W3, W49, W51 и W75 на радиотелескопе RT-32 в обсерватории «Светлое»

© А. В. Ипатов, И. А. Рахимов, С. А. Гренков, Н. Е. Кольцов

ИПА РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Реферат

Основной целью данной работы является выявление длительной переменности спектров космического мазерного радиоизлучения межзвездного гидроксила за период 2009–2020 гг. в источниках W3(OH), W49, W51 и W75 на частоте 1665.402 МГц в двух круговых поляризациях, наблюдения которых проводятся в рамках программы Ru-OH на радиотелескопе RT-32 комплекса «Квазар-КВО» в обсерватории «Светлое» с 2006 г. Считается, что изменения космического мазерного излучения в долгосрочных масштабах может быть обусловлено вариациями внутренних свойств источников. По этой причине обобщенные данные о переменности отдельных компонент мазерных источников могут представлять интерес для астрофизиков при построении математических моделей космических мазеров и анализа физических условий в областях звездообразования.

Методика наблюдений и обработки. Наблюдения мазеров гидроксила проводятся с использованием штатного приемного устройства радиотелескопа RT-32 диапазона L, видеоконвертеров и БПФ-спектрометра. Регистрация спектров излучения источника сигнала выполняется по методу «On source – Off source» с калибровкой амплитуды потока по стабильному калибровочному источнику радиоизлучения в континууме. Зарегистрированные на заданном интервале времени (~180–600 с) спектральные профили проходят тщательную визуальную отбраковку на предмет искажения помехами и/или аппаратными эффектами и последующую статистическую обработку.

В результате статистической обработки построены зависимости интенсивности радиоизлучения, которые позволяют выявить тренды к усилению или ослаблению компонент спектральных профилей радиоизлучения, а в отдельных случаях — выявить длительные усиления или ослабления этих компонент во время вспышечной активности источников мазерного излучения.

Основные результаты. Проведенные на радиотелескопе RT-32 в обсерватории «Светлое» регулярные спектральные наблюдения областей источников мазерного излучения ОН в W3(OH), W49, W51 и W75 на частоте 1665 МГц позволили отследить и выявить переменность отдельных компонент их излучения на основе однородных данных.

Ключевые слова: космический мазер, радиоизлучение гидроксила, переменность мазеров, спектрометр, спектральный анализ радиоизлучения, калибровка спектров мазеров.

Контакты для связи: Гренков Сергей Александрович (grenkov@iaaras.ru).

Для цитирования: Ипатов А. В., Рахимов И. А., Гренков С. А., Кольцов Н. Е. Результаты мониторинга мазерного излучения ОН с частотой 1665 МГц в источниках W3, W49, W51 и W75 на радиотелескопе RT-32 в обсерватории «Светлое» // Труды ИПА РАН. 2022. Вып. 60. С. 27–38.

<https://doi.org/10.32876/AplAstron.60.27-38>

Results of Monitoring OH Maser Emission at Frequency 1665 MHz in Sources W3, W49, W51 and W75 using RT-32 Radio Telescope at Svetloe Observatory

A. V. Ipatov, I. A. Rahimov, S. A. Grenkov, N. E. Kol'tsov

Institute of Applied Astronomy of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Abstract

The main goal of this article is to reveal the long-term variability of the spectra of cosmic maser radio emission from interstellar hydroxyl over the period 2009–2020 in sources W3(OH), W49, W51 and W75 at the frequency of 1665.402 MHz in two circular polarizations. These sources have been observed within the Ru-OH observing program at the RT-32 radio telescope in the “Svetloe” observatory since 2006. It is supposed that long-term variations in cosmic maser emission may be caused by variations in the internal properties of the sources. For this reason generalized data on the variability of individual components of maser sources may be an area of interest to astrophysicists when constructing mathematical models of space masers and analyzing the physical conditions in star-forming regions.

Observations and processing technique. Observations of hydroxyl masers are carried out using a standard receiver of the L band radio telescope RT-32, spectrometer and down converters. Registration of the emission source spectra is car-

ried out according to the “On source – Off source” method with calibration of the flux amplitude by a stable calibration source of radio emission in the continuum. Spectral profiles are being recorded over a specified time interval (about 180–600 s). Afterwards they are thoroughly culled depending on distortion by interference and/or instrumental effects and then statistically processed.

As a result of the statistical processing the dependences of radio emission intensity are derived, which enable to reveal trends towards amplification or attenuation of components of the spectral profiles and in some cases to reveal long-term amplification or attenuation of these components during flare activity of maser sources.

Main results. Regular spectral observations of the regions of OH maser sources in W3(OH), W49, W51 and W75 at a frequency of 1665 MHz carried out by the RT-32 radio telescope at the “Svetloe” observatory made it possible to trace and reveal the variability of discrete components of their emission based on homogeneous data.

Keywords: cosmic maser, hydroxyl radio emission, maser variability, spectrometer, spectral analysis of radio emission, calibration of spectrums.

Contacts: Sergey A. Grenkov (grenkov@iaaras.ru).

For citation: Ipatov A. V., Rahimov I. A., Grenkov S. A., Kol'tsov N. E. Results of monitoring OH maser emission at frequency 1665 MHz in sources W3, W49, W51 and W75 using RT-32 radio telescope at Svetloe Observatory // Transactions of IAA RAS. 2022. Vol. 60. P. 27–38.

<https://doi.org/10.32876/AplAstron.60.27-38>

Введение

Космические мазеры являются источниками нетеплового излучения, которые связаны с зонами звездообразования и протопланетными дисками, поэтому их наблюдения позволяют изучать физические процессы в этих областях. Межзвездные мазеры излучают непрерывно на частотах отдельных спектральных линий. Характерной особенностью излучения межзвездных молекулярных мазеров является их сильная переменность. Обычно различают кратковременные (минуты, часы) и долговременные (дни, месяцы, годы) переменности мазерного излучения. Считается, что изменения космического мазерного излучения в долговременных масштабах могут быть обусловлены вариациями внутренних свойств источников, тогда как такая интерпретация для кратковременных изменений часто приводит к несогласованным результатам, и такие вариации иногда интерпретируются как сцинтилляции, вызванные неравномерностью межзвездной среды. Наблюдения и исследования переменности космических мазеров ведутся с момента их открытия уже более полувека: как с помощью одиночных радиотелескопов (получение общей интегральной картины изменений наиболее ярких компонент в источнике), так и с помощью технологии РСДБ (РСДБ-отслеживание переменности отдельных компонент источников). Большинство современных исследований известных источников мазерного излучения проводятся с помощью РСДБ-технологий, а исследования с помощью одиночного радиотелескопа редки ввиду сложности анализа и интерпретации результатов наблюдений. РСДБ-наблюдения позволяют разделить излучения близко расположенных компонент по пространственному признаку, но при этом происходит утрата «единовременности» картины при наличии относительно быстрых переменностей. На радиотелескопе RT-32 в обсерватории «Светлое» комплекса «Квазар-КВО»

(Финкельштейн, 2010) ведутся наблюдения космических мазеров с помощью одиночного радиотелескопа. Реализация программы Ru-OH, имеющей целью мониторинг и выявление переменностей различной природы мазерного радиоизлучения подборки источников гидроксила, была начата в 2006 г. Ввиду ряда особенностей и довольно частого упоминания в публикациях наибольшее внимание в подборке источников привлекли области звездообразования W3, W49, W51 и W75. Первые результаты их наблюдений на RT-32 опубликованы ранее (Рахимов, 2010). С 2009 г. введение в эксплуатацию цифрового спектрометра (Гренков, 2009) позволило получить требуемое отношение сигнал/шум за минимальное время, что обеспечило более эффективное использование времени радиотелескопа. Наблюдения мазерного излучения гидроксила в указанных выше источниках на частоте 1665.402 МГц (далее для краткости 1665 МГц) стали проводиться в двух круговых поляризациях с частотным разрешением 488 Гц (или 0.088 км/с в шкале лучевых скоростей). Представленные в статье исследования долговременной переменности некоторых компонент излучения OH мазеров в W3, W49, W51 и W75 охватывают временной интервал за период 2009–2020 гг. и основываются на однородном наблюдательном материале.

Аппаратура и методика наблюдений

Наблюдения мазерного космического радиоизлучения гидроксила в спектральных линиях проводились на радиотелескопе RT-32 в обсерватории «Светлое» на длине волны 18 см. Двухканальная система регистрации построена с использованием приемной системы радиотелескопа (Иванов, 1997) и спектрометров, на принципе быстрого преобразования Фурье пакетов выборок сигнала (БПФ-спектрометров) (Гренков, 2009; Гренков, 2016).

В приемном комплексе диапазона длин волн 18–21 см (частоты от 1.38 ГГц до 1.72 ГГц) сигналы двух круговых поляризаций усиливаются раздельно в трактах, содержащих охлаждаемые транзисторные малошумящие усилители, и затем подаются через видеоконверторы на входы БПФ-спектрометра. При настройке БПФ-спектрометров использовалась полоса анализа 500 кГц с интервалом частотного разрешения ~ 488 Гц. Полоса пропускания видеоконверторов при этом была выбрана равной 0.25 МГц, а число дискретных частот в спектре — 1024. Шумовая температура приёмной системы с охлажденным до температуры жидкого водорода (20 К) приемником в диапазоне 18 см составляет величину около 55 К. Поправка на движение наблюдателя относительно местного стандарта покоя вычислялась с помощью программы DOP (Gordon, 1976) каждый раз при выходе на источник и автоматически учитывалась при настройке видеоконвертора. Для каждого мазерного источника измерялись профили в правой круговой поляризации (ПКП) — $S_{ПКП}$ — и левой (ЛКП) — $S_{ЛКП}$. Преобразование мощностного спектра в единицы антенной температуры осуществлялось с помощью калибровочного генератора шума в соответствии с методикой калибровки (Кольцов, 2006) и с учетом неравномерности частотной характеристики приёмно-усилительного тракта. Из каждого спектра вычитался уровень фонового шума, вычисленный как линейная регрессия спектральных каналов, в которых отсутствуют компоненты сигнала источника. Стабильность генераторов шума калибровки, параметров антенны и приемника проверялась в каждом цикле наблюдений с использованием измерений опорных источников 3C295, 3C147, 3C123 и Tau A, координаты и потоки которых для диапазона 18 см были взяты из работы (Иванов, 2018). Эффективная площадь поверхности антенны РТ-32 в диапазоне 18 см равна 482 м². При этом эквивалент спектральной плотности потока от неполяризованного источника при наведенной антенной температуре в 1 К равен 5.73 Ян.

Основное время накопления в спектрометре составляло около 10 с, после чего измеренные спектры передавались в компьютер и сохранялись в архивном файле на жестком диске. Вторичное накопление проводилось путем усреднения спектров из архива с выбранными интервалами в пределах от 0.5 до 5 мин. Порог чувствительности, который автоматически вычислялся по частям спектра, свободным от компонент радиоизлучения источника, составлял от 2.44 до 0.78 Ян соответственно. Измерения проводились примерно 20-минутными сетями, после чего антенна отводилась от источника для записи профилей фонового шума, которые также позволяют проводить визуальный

контроль наличия радиопомех. Диапазон углов места, на которых проводились наблюдения туманностей W3 и W75 (незаходящие источники для широт обсерватории «Светлое»), составлял от 32° до 70°. Следует отметить, что некоторые компоненты профиля линии ОН в туманности W3 довольно яркие (их поток превышает 300 Ян). Это приводит к увеличению разбросов измеренных значений на частотах излучения этих компонент в соответствии с формулой чувствительности для спектрометра с используемой методикой калибровки (Кольцов, 2006): $\Delta T_{si} = (T_{si} + T_{ш})/\sqrt{(t_n \Delta f)}$, где T_{si} — шумовая температура сигнала источника в i -ом элементарном частотном канале спектра шириной Δf , $T_{ш}$ — шумовая температура собственных шумов радиотелескопа, t_n — время наблюдения (накопления).

Долговременные переменности отдельных наиболее ярких и значимых компонент излучения ОН регистрировались следующим образом: в течение сеанса наблюдений длительностью 8–10 ч измерялись и усреднялись $n = 20$ –100 спектров мощности потока принимаемого излучения, накопленных на интервалах 2.5–5 мин. Программа анализа автоматически определяла максимум излучения каждого профиля спектра, тем самым исключая эффект возможного сдвига их лучевой скорости — как физической, так и инструментальной. По значениям амплитуд, усреднённых по итогам сеансов на интервалах в течение 4 месяцев, были получены графики изменений яркостей за период 2009–2020 гг.

Следует отметить, что излучение перекрывающих друг друга компонент на смежных частотах, не может быть отделено, так как они приходят из близких областей пространства и попадают в достаточно широкую диаграмму направленности антенны. В связи с тем что развязка круговых поляризаций каналов на приемниках РТ-32 не превышает 20 дБ, при большой разнице интенсивностей поляризаций наблюдается искажение результатов измерений спектров из-за «перетекания» мощности одного канала в другой. Также следует упомянуть, что «яркие» компоненты могут представлять собой смесь, состоящую из излучения двух–трех (и более) мазерных пятен. Как правило, излучения на одной и той же лучевой скорости (или близких лучевых скоростях) в ПКП и ЛКП происходят из разных областей, что хорошо заметно при картировании источников мазерного излучения с помощью РСДБ (Argon, 2000). По исследуемым ярким компонентам профиля излучения выполнена идентификация областей происхождения излучения на основе однородной подборки данных и карт относительного расположения компонент (так называемых «мазерных пятен») для диапазона L (18 см) (Argon, 2000).

Результаты обработки и анализа наблюдений

1. Результаты наблюдений W3(OH)

W3(OH) (G133.946+1.064). W3(OH) — компактная H_{II} область, которая является очагом интенсивного мазерного радиоизлучения на частоте 1665.402 МГц в туманности «рыбья голова» (IC 1795). Излучения области W3(OH) привлекают особое внимание астрономов уже много лет, так как именно в них были выявлены как долговременные (Woodruff, 1976; Wright, 2004), так и весьма быстрые переменности (Harvey-Smith, 2004; Ramachandran, 2006). В сложном спектральном профиле W3(OH) на частоте 1665 МГц с интервалом частотного разрешения ~0.09 км/с различимы не менее 11 хорошо заметных деталей (рис. 1).

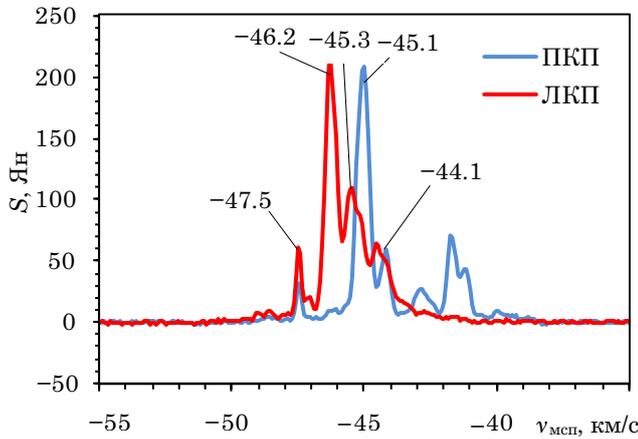


Рис. 1. Радиоизлучение W3(OH) в ПКП и ЛКП на частоте 1665 МГц. Время накопления 3 мин при $\Delta\nu \approx 0.09$ км/с; $v_{\text{мсп}}$ — лучевая скорость относительно местного стандарта покоя. Дата регистрации 13.01.2009

Карта расположения идентифицированных областей происхождения излучения компонент подборки для частоты 1665 МГц из Argon, 2000 приведена на рис. 2. Здесь (рис. 2) и далее на изображениях карт крестиками синего цвета обозначены координаты областей происхождения излучения 1665 МГц в ПКП, квадратами красного цвета — в ЛКП. На рис. 3а, b приведены усредненные на интервале в 3 мин спектральные профили для трёх дат, отражающее общее изменение профиля излучения в целом.

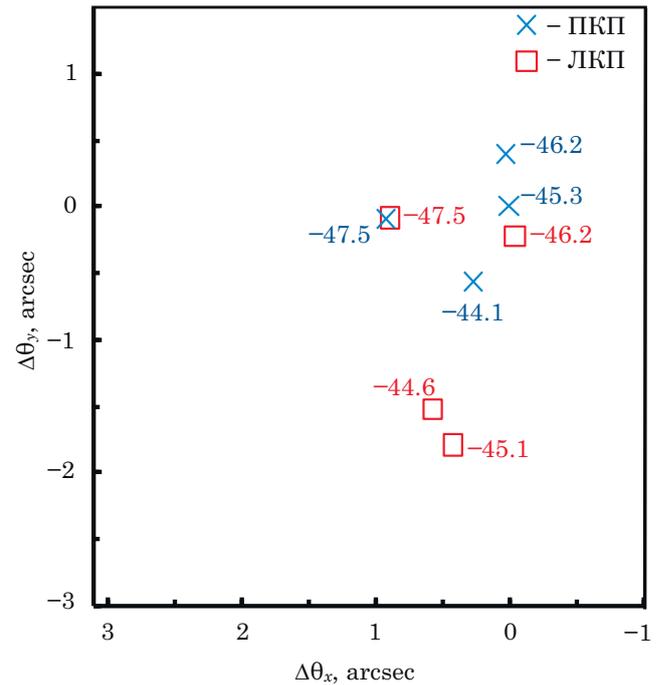


Рис. 2. Карта расположения областей происхождения излучения подборки компонент (Argon, 2000) в источнике W3(OH)

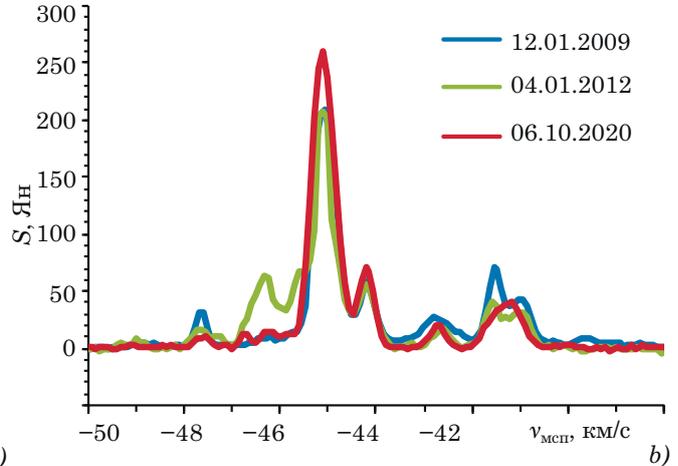
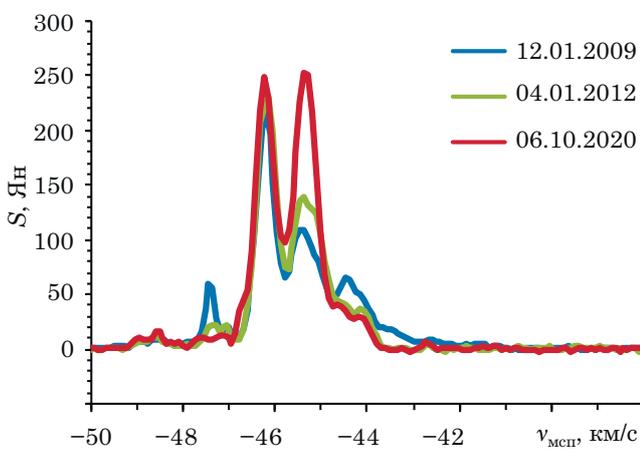


Рис. 3. Изменение спектральных профилей W3(OH) в ЛКП — а и в ПКП — б

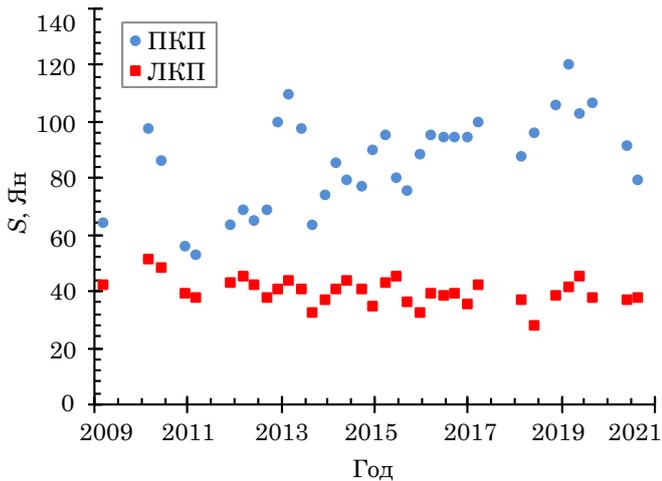


Рис. 4. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевой скорости -44.1 км/с в ПКП и -44.6 км/с в ЛКП источника W3(OH)

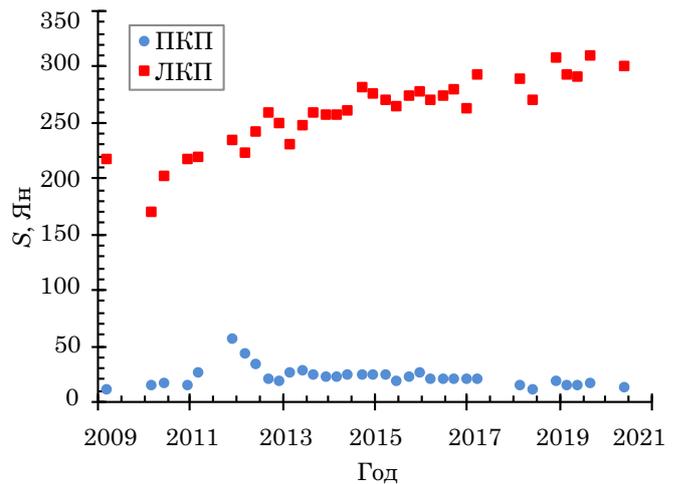


Рис. 6. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевой скорости -46.2 км/с в ПКП и ЛКП источника W3(OH)

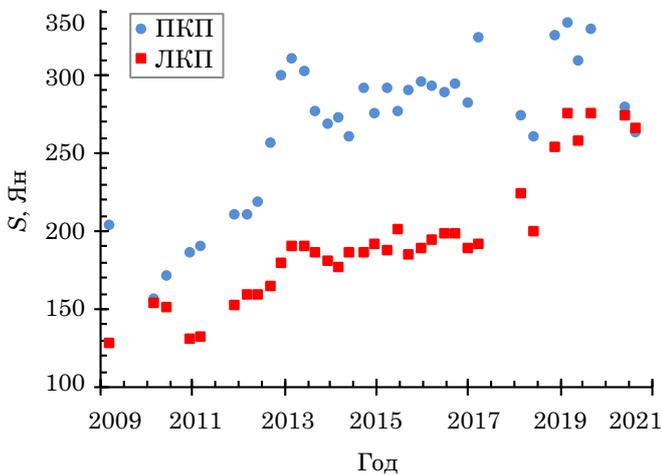


Рис. 5. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевых скоростях -45.1 км/с в ПКП и -45.3 км/с в ЛКП источника W3(OH)

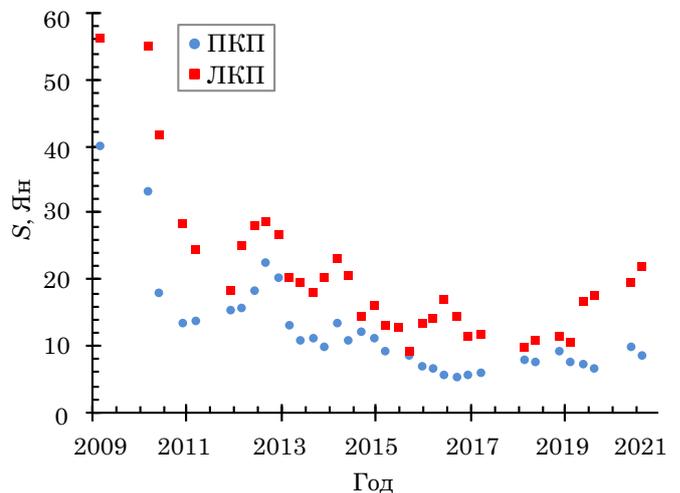


Рис. 7. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевой скорости -47.5 км/с в ПКП и ЛКП источника W3(OH)

У излучения ОН на частоте 1665 МГц на интервале 2009–2020 гг. в W3(OH) наибольший интерес по характеру и масштабу изменений вызвали компоненты с лучевыми скоростями -44.1 км/с и -44.6 км/с — в ПКП и ЛКП соответственно (рис. 4), -45.1 км/с — в ПКП, -45.3 км/с — в ЛКП (рис. 5), -46.2 км/с — в ПКП и ЛКП (рис. 6), и -47.5 км/с — в ПКП и ЛКП (рис. 7).

Яркость компоненты в ЛКП на лучевой скорости -46.2 км/с за 11 лет возросла примерно в 1.5 раза (до $\approx 300 \pm 2.5$ Ян, рис. 6). Яркость компоненты излучения -45.3 км/с в ПКП (рис. 5) оставалась на прежнем уровне, но в 2012 г. был зафиксирован всплеск излучения в 2.5 раза выше среднего уровня (Госачинский, 2013). Заметна тенденция к увеличению интенсивности излучения с лучевой скоростью -45.3 км/с и его высокая нестабильность в ПКП, особенно в 2013 г. и в

2018–2019 гг. Яркости компонент -45.3 км/с к 2020 г. поднялись в среднем на 30–40 %. Средний уровень излучения компоненты -44.1 км/с в ЛКП (рис. 4) практически не менялся, а вариации яркостей были умеренными (до ± 20 %). Интенсивность излучения компонент с лучевой скоростью -47.5 км/с упала примерно в 4 раза.

2. Результаты наблюдений излучения ОН в области W49

W49 (G43.148+0.015) — большая НП область, расположенная примерно в 15 кпс от Солнца и полностью невидимая в оптическом диапазоне, по существу является наиболее мощным источником излучения линий 18 см ОН. Было выявлено (Raimond, 1969), что компоненты в профиле радиоизлучения W49 на частоте 1665 МГц происходят из двух различных областей (W49N и W49S), раз-

деленных 2'.2 и для одиночной антенны с диаграммой направленности более 12' эта разница незначительна. По этой причине обработка проведена над спектральными профилями, которые являются суммой профилей, излучаемых данными областями. Можно проследить интенсивности 13 ярко выраженных деталей в спектральном профиле W49 на частоте 1665 МГц (рис. 8). Расположение идентифицированных областей происхождения излучения компонент подборки для частоты 1665 МГц относительно центров источников радиоизлучения W49N и W49S приведено на рис. 9а, б. На рис. 10а, б отражено общее изменение профиля излучения в целом.

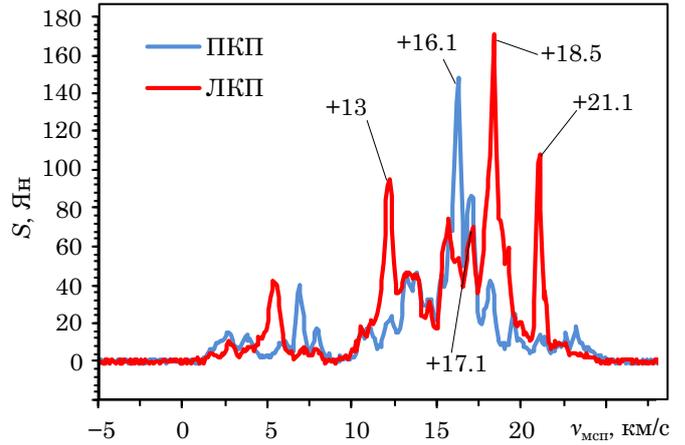


Рис. 8. Радиоизлучение W49 в ПКП и ЛКП на частоте 1665 МГц, время накопления 3 мин при $\Delta\nu \approx 0.09$ м/с; дата регистрации 12.01.2009

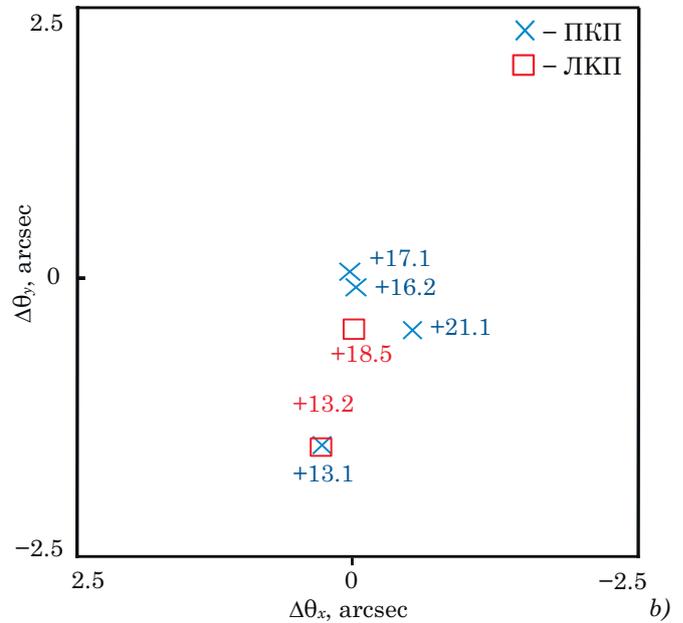
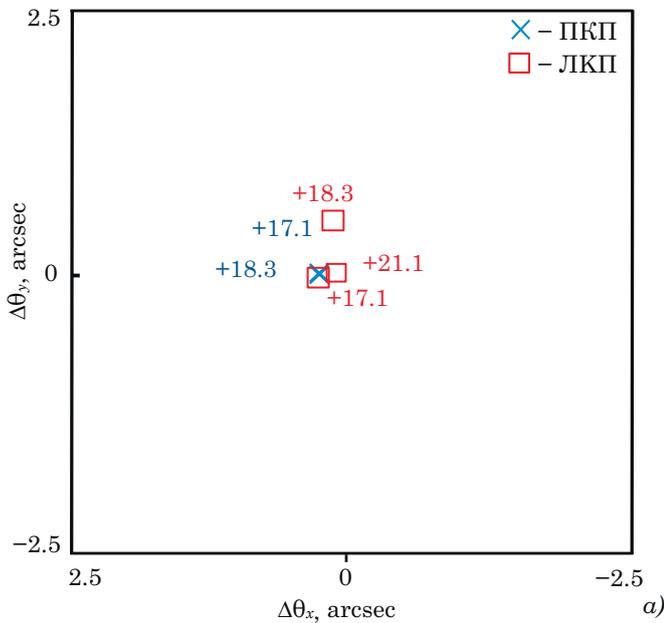


Рис. 9. Карта расположения областей происхождения излучения подборки компонент (Argon, 2000) в источниках W49N — а и W49S — б

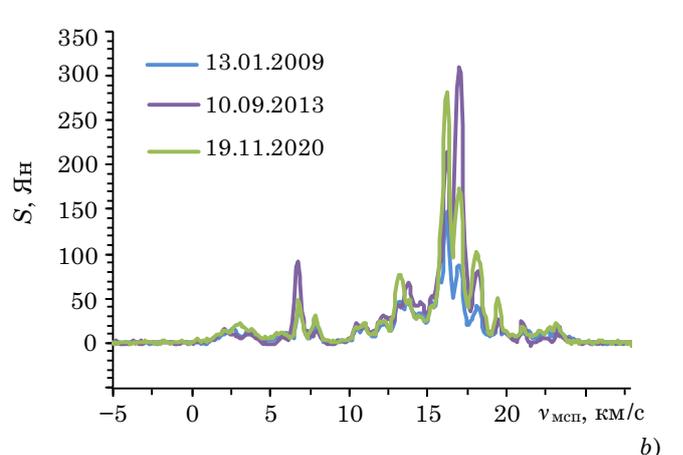
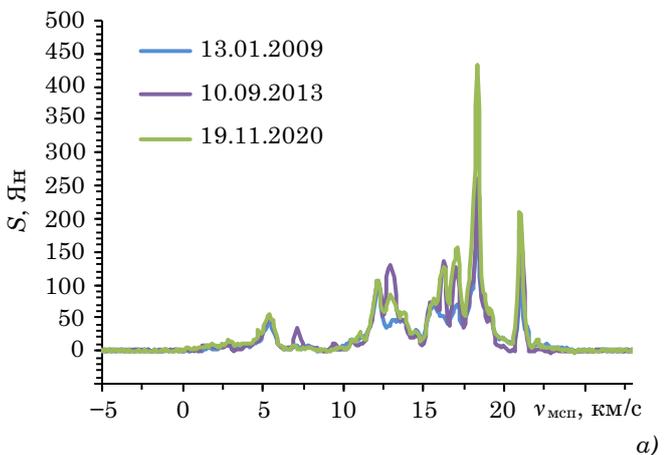


Рис. 10. Изменение спектральных профилей W49 в ЛКП — а и в ПКП — б

Долговременные переменности отдельных наиболее ярких и значимых компонент излучения ОН (1665.402 МГц) за период 2009–2020 гг. отображены на графиках рис. 11–15 для яркостей компонент излучения W49 +13 км/с, +16.1 км/с, +17.1 км/с, +18.5 км/с, +21.1 км/с соответственно.

Как видно из графиков, яркости представленных деталей существенно менялись в цикле наблюдений за 2009–2014 гг. (до 1.5 раз), практически стабильны на интервале 2014–2016 гг. и имеют тенденции к увеличению, а также скачкам яркости начиная с 2016–2017 гг. Также обращает на себя внимание всплеск яркости детали

+17.1 км/с ПКП в последнем квартале 2015 г., достигнув в пике $\approx 302 \pm 2.7$ Ян. В ЛКП +17.1 км/с такие всплески не наблюдаются. Объяснением этого феномена является то, что регистрируемое излучение компоненты на лучевой скорости +17.1 км/с в ПКП на самом деле происходит из двух отдельных областей, попадающих в диаграмму направленности антенны (в W49N: $\Delta\theta_x = 0.156''$, $\Delta\theta_y = -0.013''$ и в W49S: $\Delta\theta_x = 0.057''$, $\Delta\theta_y = 0.141''$). Эти всплески интенсивности радиоизлучения, вероятнее всего, относятся к соответствующей области в W49S.

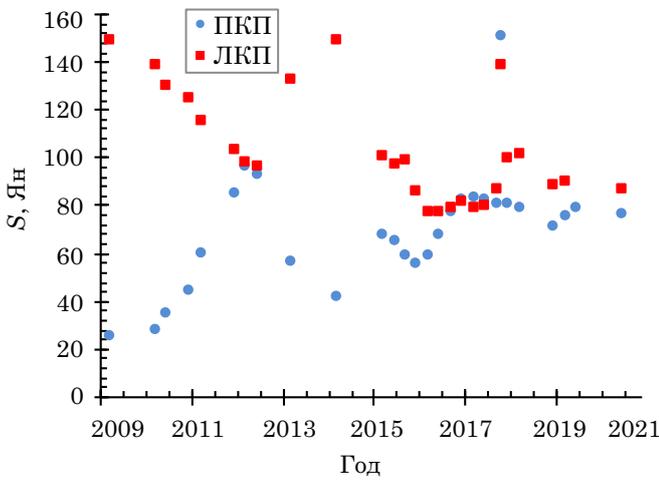


Рис. 11. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевой скорости +13 км/с в ПКП и ЛКП источника W49

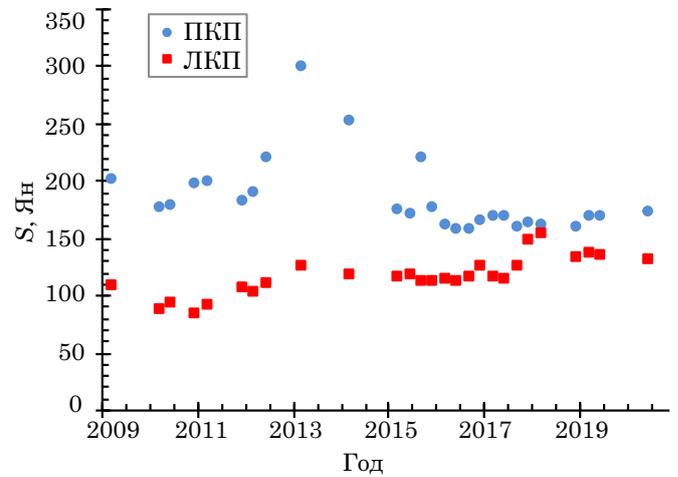


Рис. 13. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевой скорости +17.1 км/с в ПКП и ЛКП источника W49

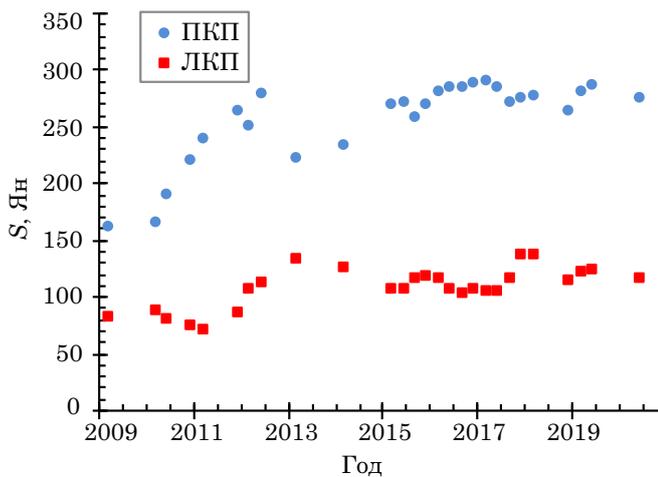


Рис. 12. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевой скорости +16.1 км/с в ПКП и ЛКП источника W49

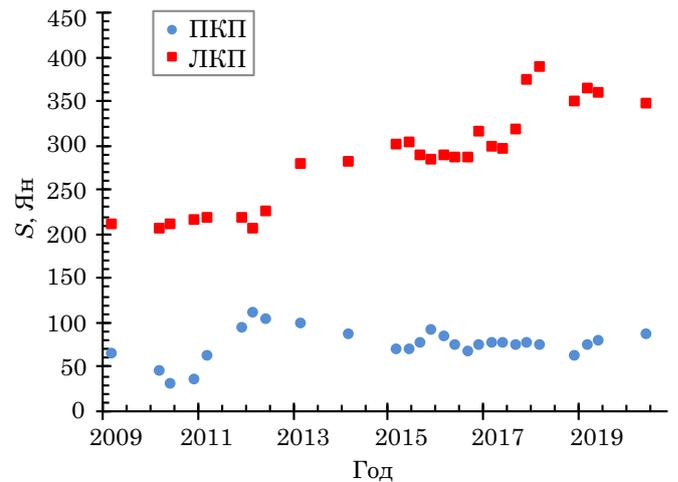


Рис. 14. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевой скорости +18.5 км/с в ПКП и ЛКП источника W49

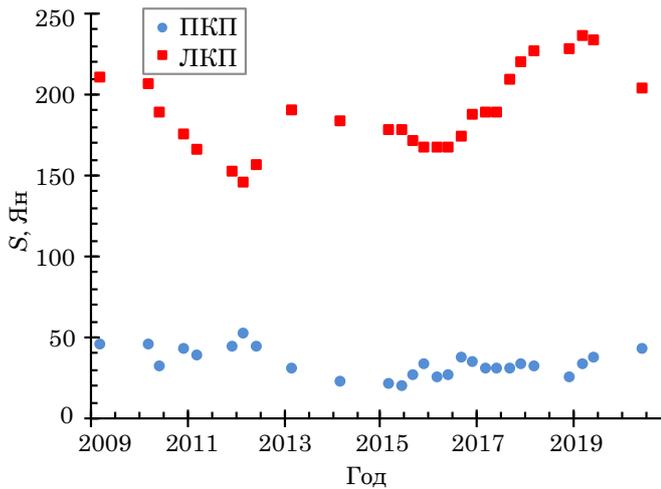


Рис. 15. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевой скорости +21 км/с в ПКП и ЛКП источника W49

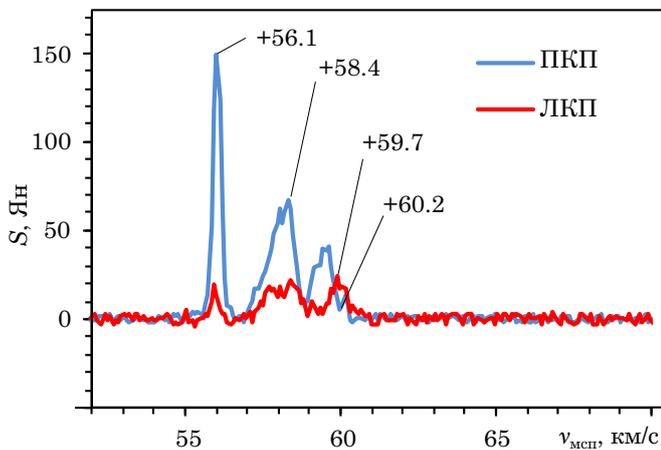


Рис. 16. Радиоизлучение W51 в ПКП и ЛКП на частоте 1665 МГц, время накопления 3 мин при $\Delta v \approx 0.09$ км/с; дата регистрации 19.05.2021

3. Результаты наблюдения излучения ОН в области W51

Основное ОН излучение от W51 (G 49.5–0.4) происходит из зоны примерно в 1' (W51M) восточнее от зоны пика излучения в континууме НП области G 49.5–0.4. Отслеживание яркости 6 основных деталей в спектральном профиле радиоизлучения на частоте 1665 МГц в W51 (рис. 16) позволило сделать выводы о том, что наиболее сильные компоненты — +56.1 км/с, +58.4 км/с и +59.7 км/с — показывают тенденции к явной переменности. Расположение идентифицированных

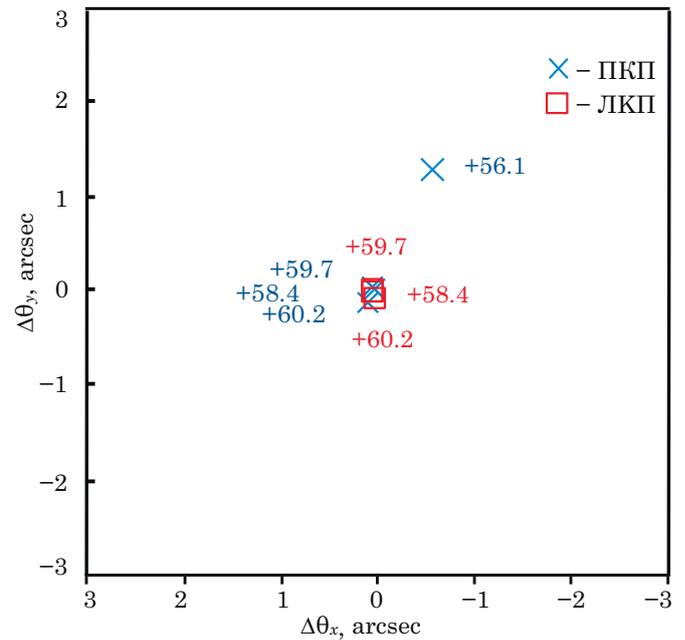


Рис. 17. Карта расположения областей происхождения излучения подборки компонент (Argon, 2000) в источнике W51M

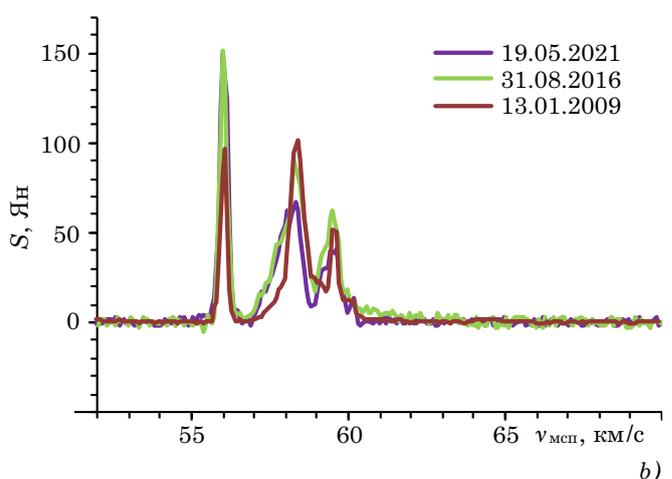
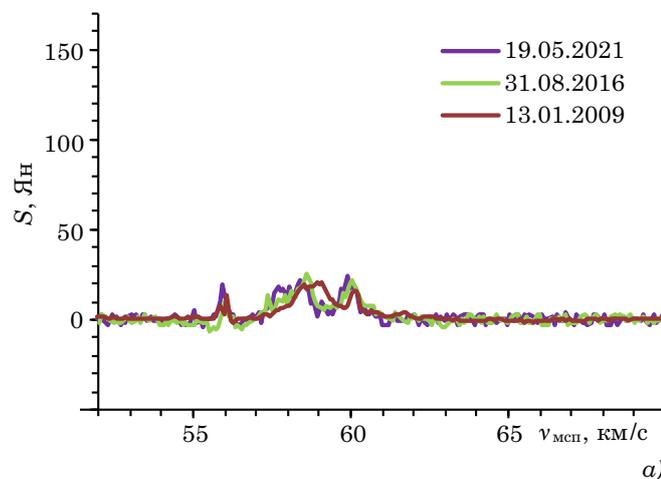


Рис. 18. Изменение спектральных профилей W51 в ЛКП — a и в ПКП — b

областей происхождения излучения компонент подборки для частоты 1665 МГц относительно центра источника радиоизлучения W51M приведено на рис. 17. Рис. 18а, б отражает общее изменение профиля излучения в целом.

Долговременные переменности яркостей компонент излучения W51 правой и левой круговых поляризаций волн показывают изменения в пределах 40–60 % (рис. 19–22), причём в цикле наблюдений за 2012–2014 г. наблюдалось более плавное изменение средних уровней излучения. Следует отметить наличие минимума излучения ПКП в начале 2017 г. у трех компонент (+56.1 км/с, +58.4 км/с, +59.7 км/с), в то время как компонента +60.2 км/с такого минимума не имеет.

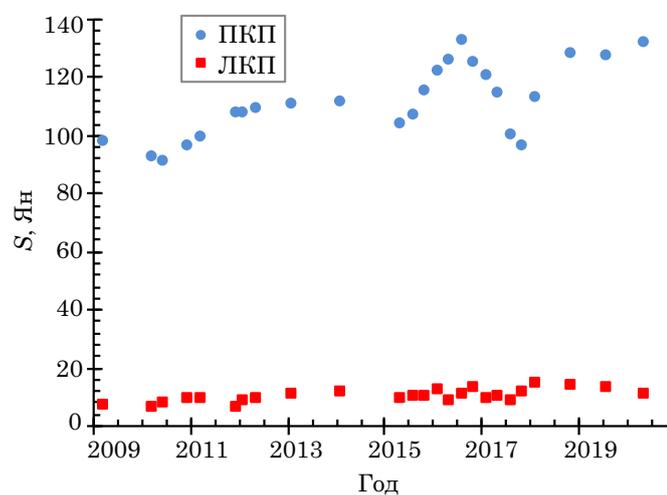


Рис. 19. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевой скорости +56.1 км/с в ПКП и ЛКП источника W51

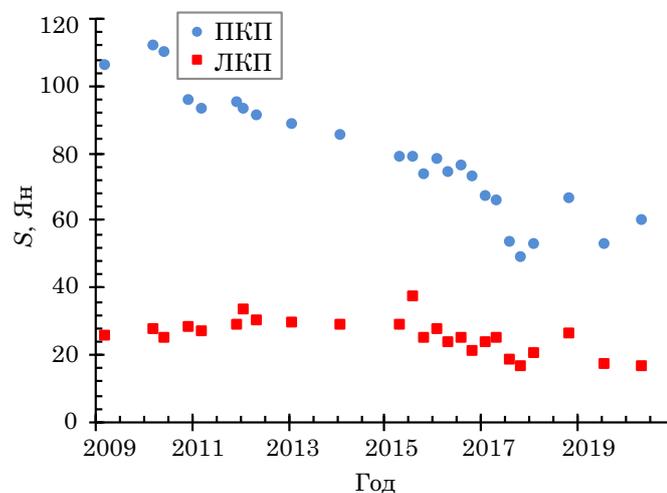


Рис. 20. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевой скорости +58.4 км/с в ПКП и ЛКП источника W51

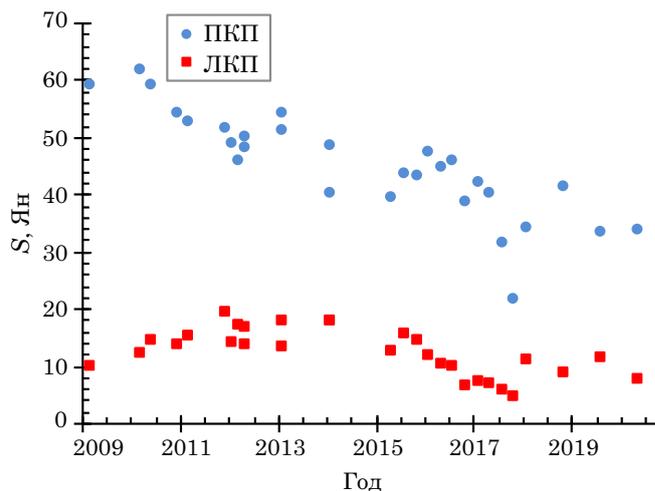


Рис. 21. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевой скорости +59.7 км/с в ПКП и ЛКП источника W51

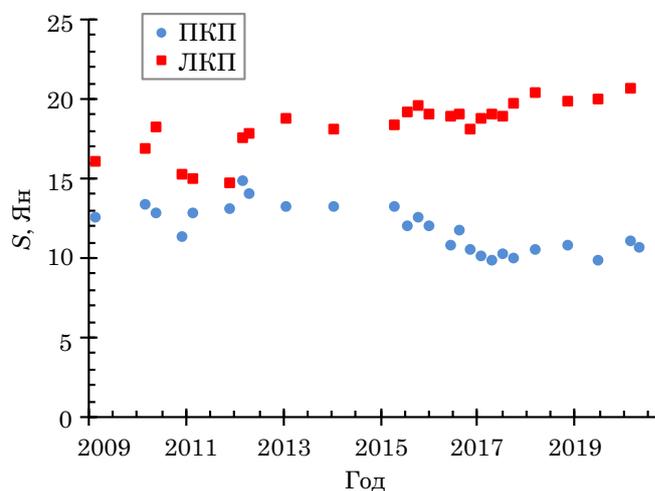


Рис. 22. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевой скорости +60.2 км/с в ПКП и ЛКП источника W51

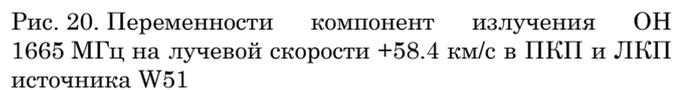


Рис. 23. Радиоизлучение W75 в ПКП и ЛКП на частоте 1665 МГц, время накопления 5 мин при $\Delta\nu \approx 0.09$ км/с; дата регистрации 13.01.2009

4. Результаты наблюдения излучения ОН в области W75

В области источника W75 в диаграмму направленности антенны РТ-32 без ослабления также попадает излучение из смежных областей W75N и W75S, суммарный спектральный профиль которых представлен на рис. 23, многими исследователями отмечается быстрая переменность и вспышечная активность (Alakoz, 2005), существенно снизившаяся после 2005 г. Расположение идентифицированных областей происхождения излучения компонент подборки для частоты 1665 МГц относительно центров источников радиоизлучения W75N и W75S приведено на рис. 24*a, b*. На рис. 25*a, b* отражено общее изменение профиля излучения области W75 в целом.

Переменности наиболее выраженных компонент W75 представлены на рис. 26–30. При наблюдениях источника W75 хорошо заметно плавное увеличение амплитуд компонент излучения на лучевой скорости -3.5 км/с (рис. 26 с наличием выраженного всплеска в 2017 г. как в ПКП, так и в ЛКП) и $+0.6$ км/с (рис. 28), относительную стабильность амплитуды на скорости $+1.4$ км/с (рис. 29), нестабильность радиоизлучения компонент с лучевой скоростью $\approx +0.05$ ($+0$) км/с (рис. 27). Компоненты с лучевой скоростью $+5.5$ км/с (рис. 30) в ПКП и ЛКП показывают переменность с минимумами вплоть до 0.5 – 1 Ян с СКО порядка 0.15 Ян в начале 2016 г. и в 2018 г.

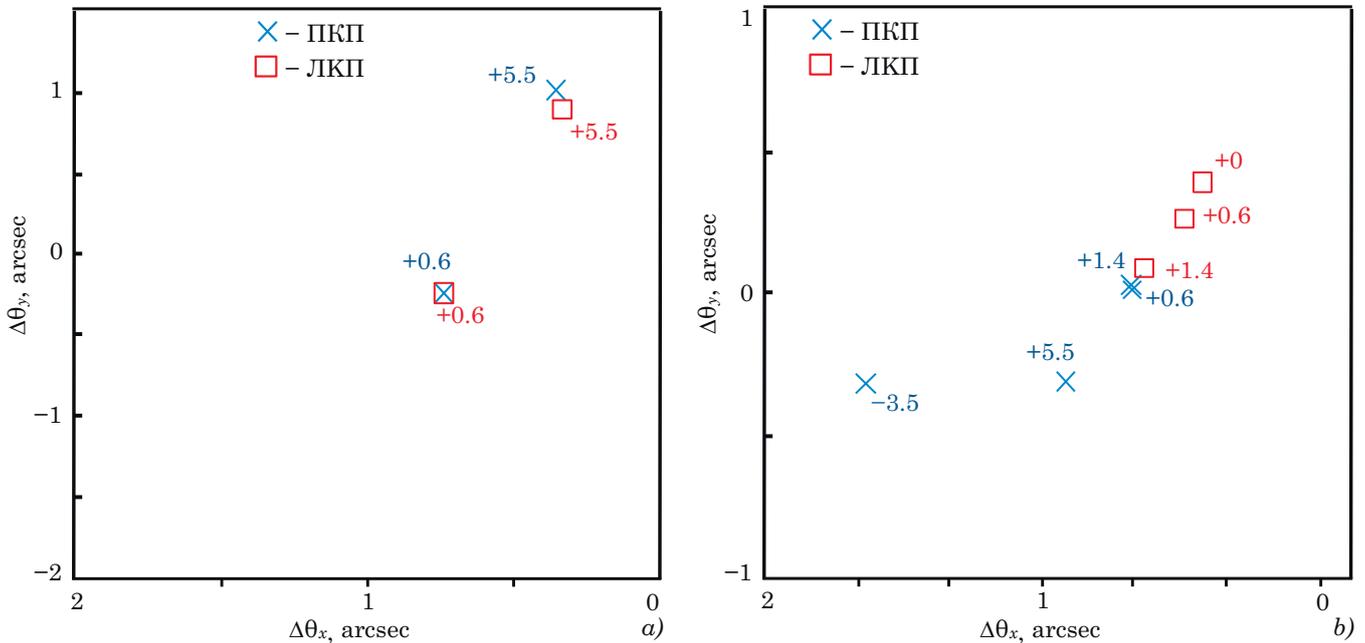


Рис. 24. Карта расположения областей происхождения излучения подборки компонент (Argon, 2000) в источниках W75N — *a* и W75S — *b*

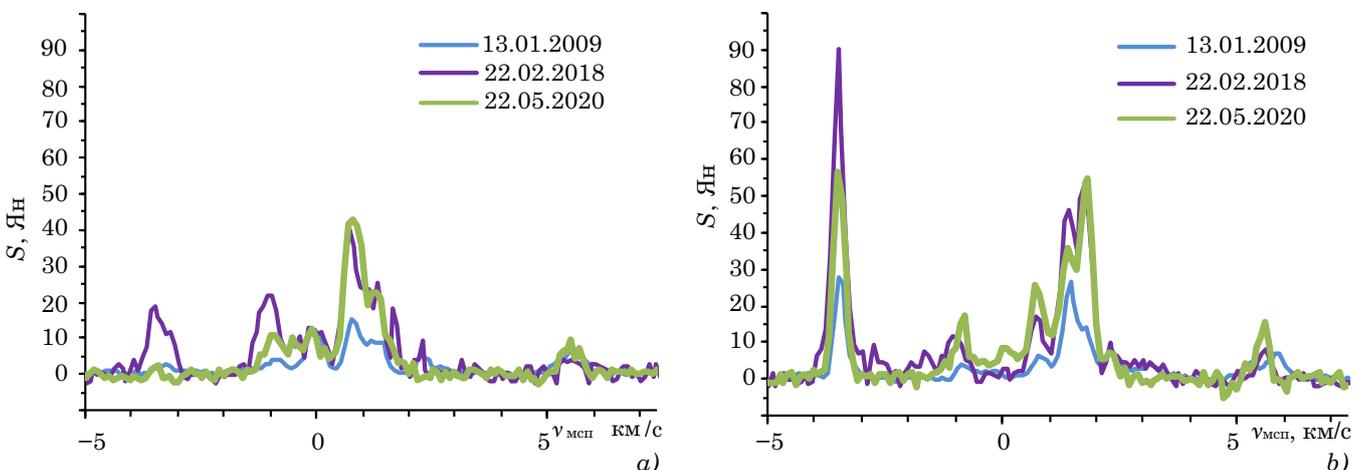


Рис. 25. Изменение спектральных профилей излучения области W75 в ЛКП — *a* и в ПКП — *b*

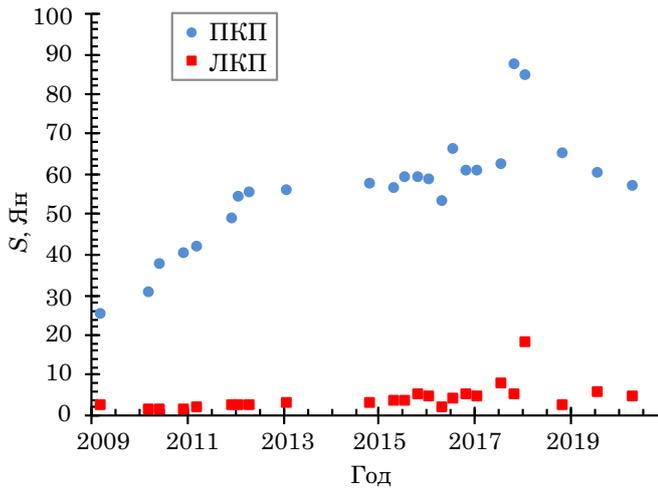


Рис. 26. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевой скорости -3.5 км/с в ПКП и ЛКП источника W75

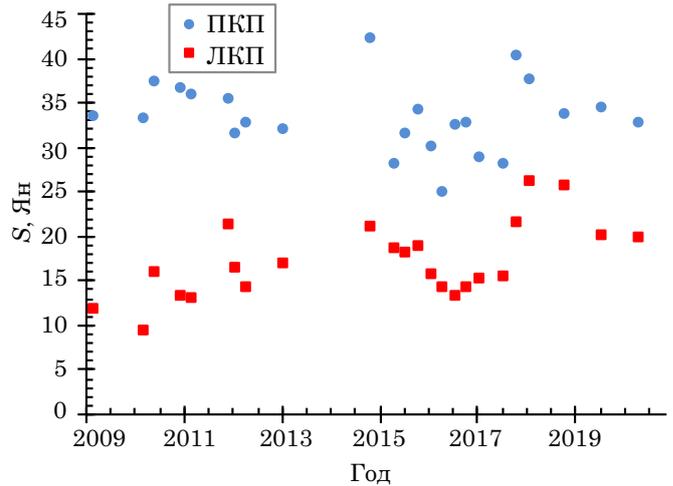


Рис. 29. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевой скорости $+1.4$ км/с в ПКП и ЛКП источника W75

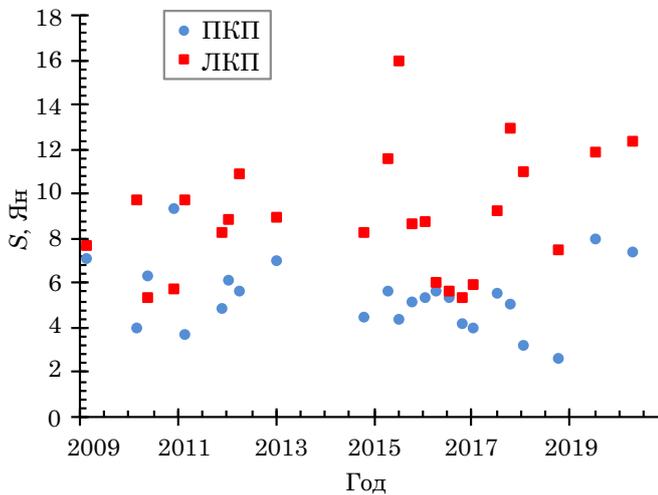


Рис. 27. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевой скорости $+0$ км/с в ПКП и ЛКП источника W75

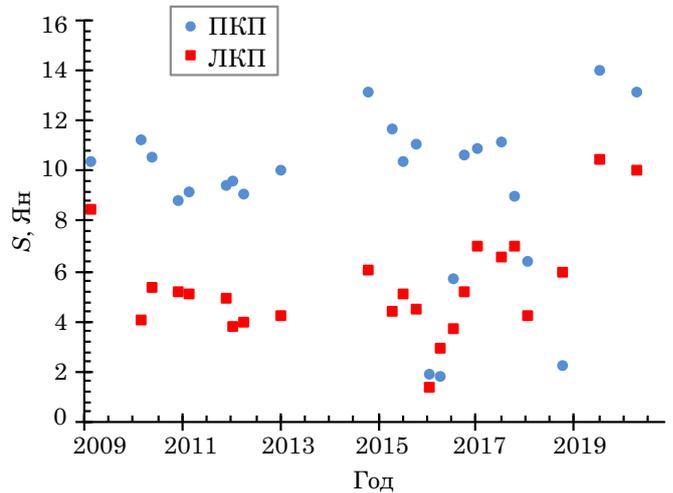


Рис. 30. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевой скорости $+5.5$ км/с в ПКП и ЛКП источника W75

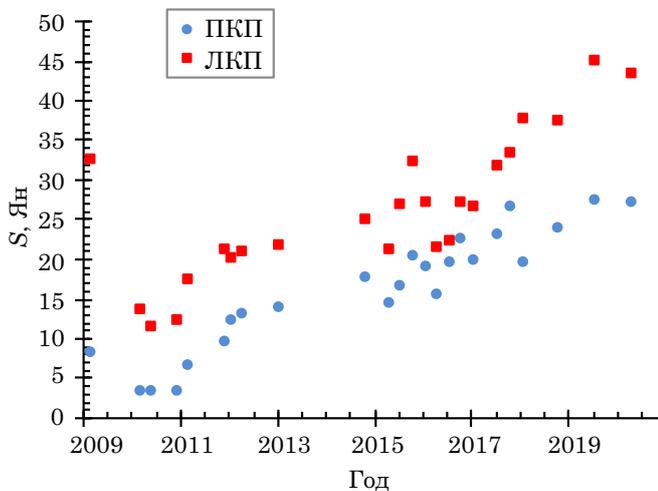


Рис. 28. Переменности компонент излучения ОН 1665 МГц на лучевой скорости $+0.6$ км/с в ПКП и ЛКП источника W75

Заключение

Проведенные на радиотелескопе РТ-32 в обсерватории «Светлое» спектральные наблюдения областей источников мазерного излучения ОН в W3(ОН), W49, W51 и W75 на частоте 1665 МГц позволили отследить и выявить переменность отдельных компонент их излучения на основе однородных данных. Иногда наблюдаются коррелированные переменности разных компонент внутри одного и того же профиля, но соседние компоненты в большинстве случаев изменяются независимо друг от друга, так как они происходят из разных зон исследуемой области. У некоторых компонент источников W3(ОН), W49 и W75 обнаружены явления, подобные тем, что были обнаружены в работе [Госачинского, 2013](#) на существенно более коротких масштабах времени. Результаты данной

программы наблюдений являются обзорными и подтвердили наличие этих явлений. Для детальных исследований целесообразно провести направленные исследования компонент этих источников как в режиме одиночного радиотелескопа, так и с помощью РСДБ по специализированным программам.

Литература

- Госачинский И. В., Ипатов А. В., Гренков С. А. и др. Быстрая переменность мазеров OH в источнике W3 // Труды ИПА РАН. СПб.:ИПА РАН, 2013. Вып. 27. С. 428–433.
- Гренков С. А., Кольцов Н. Е. Двухканальный спектрометр для регистрации узкополосного космического радиоизлучения // Приборы и техника эксперимента. М.: Наука, 2009. Вып. 3. С. 160–161.
- Гренков С. А., Федотов Л. В., Носов Е. В. Расширение функциональных возможностей системы преобразования сигналов P1002M для регистрации спектров космических радиоизлучений // Труды ИПА РАН. 2016. Вып. 39. С. 30–40.
- Иванов В. П., Ипатов А. В., Рахимов И. А. и др. Спектры стандартных радиоисточников в современную эпоху // Астрономический журнал. 2018. Т. 95, № 9. С. 609–618.
- Иванов Д. В., Ипатов А. В., Ипатова И. А. и др. Приемники радиоинтерферометрической сети КВАЗАР // Труды ИПА РАН. 1997. Вып. 2. С. 242–256.
- Кольцов Н. Е. Метод амплитудной калибровки энергетических спектров узкополосных космических радиоизлучений // Труды ИПА РАН. 2006. Вып. 15. С. 98–109.
- Рахимов И. А., Гренков С. А. Результаты наблюдений мазерных источников гидроксила на волне 18 см в W3(OH), W49, W75N, W75S, W51 и NML Cyg за 2006–2009 // Труды ИПА РАН. 2010. Вып. 21. С. 113–120.
- Финкельштейн А. М., Ипатов А. В., Смоленцев С. Г. Радиоинтерферометрическая сеть «Квазар» — научные задачи, техника и будущее // Земля и вселенная. 2004. № 4. С. 12–25.
- Argon A. L., Reid J. M., Menten K. M. Interstellar hydroxyl masers in the galaxy. I. The VLA survey // The Astrophysical Journal Supplement Series. 2000. Vol. 129. P. 159–227.
- Alakoz A. V., Slysh V. I., Popov M. V., Val'tts I. E. The brightest oh maser in the sky: a flare of emission in W75 N // Astronomy Letters. 2005. Vol. 31. P. 375–379.
- Gordon M. A. Radial-velocity corrections for Earth motion / Ed. by M. L. Meeks // Methods in experimental physics. 1976. Vol. 12, Part C Astrophysics, Radio Observation. P. 277–283.
- Harvey-Smith L., Cohen R. J. A large-scale OH maser filament in W3(OH) // Proceedings of the 7th European VLBI Network Symposium. Toledo, Spain, October 12th–15th, 2004. P. 183–186.
- Raimond E., Eliasson B. Positions and stokes parameters of seven OH-emission sources // Astrophys. J. 1969. Vol. 155. P. 817–830.
- Ramachandran R., Deshpande A. A., Goss W. M. Intrinsic short-timescale variability in W3(OH) hydroxyl masers // Astrophys. J. 2006. Vol. 653. P. 1314–1324.
- Woodruff T., Sullivan III, John H. Kerstholt Time Variations in 18-cm OH Emission Profiles over the Period 1965–1972 // Astron.&Astrophys. 1976. Vol. 51. P. 427–450.
- Wright M. M., Gray M. D., Diamond P. J. The OH ground-state masers in W3(OH). I. Results for 1665 MHz // Mon. Not. R. Astron. Soc. 2004. Vol. 350. P. 1253–1271.