ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.212.01 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело №_____

решение диссертационного совета от 24 ноября 2025 г. № 19

О присуждении Лесовому Сергею Владимировичу, Российская Федерация, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Результаты исследований микроволнового излучения Солнца: инструментарий и наблюдения» по специальности 1.3.1 – Физика космоса, астрономия принята к защите 21 августа 2025 г., протокол №16, диссертационным советом 24.1.212.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук, Российская академия наук, 369167, КЧР, Зеленчукский район, п. Нижний Архыз.

Соискатель, Лесовой Сергей Владимирович, 1963 года рождения, в 1987 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Новосибирский государственный технический университет", на данный момент работает в должности заместителя директора по научно-исследовательской работе в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук».

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук».

Официальные оппоненты:

1. Степанов Александр Владимирович, доктор физико-математических наук, член-корреспондент Российской академии наук, научный руководитель Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Главная (Пулковская) Астрономическая Обсерватория Российской академии наук»;

2. Чашей Игорь Владимирович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки "Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук", Астрокосмический центр, Пущинская Радиоастрономическая обсерватория;

3. Цап Юрий Теодорович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Крымская астрофизическая обсерватория Российской академии наук»;

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт прикладной астрономии Российской академии наук", г. Санкт-Петербург, в своём положительном заключении, подготовленном доктором технических наук, научным руководителем Института прикладной астрономии Российской академии наук Ипатовым А.В., одобренном на заседании ученого совета Института прикладной астрономии Российской академии наук 31 октября 2025 года, утверждённом директором Института прикладной астрономии Российской академии наук кандидатом физико-математических наук Д.В. Ивановым 31 октября 2025 года, указала, что диссертация является завершённым научным исследованием, удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор Лесовой С.В. заслуживает присуждения ему учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.1 – Физика космоса, астрономия.

Соискатель имеет 30 опубликованных работ по теме диссертации, опубликованных в рецензируемых журналах, включённых в перечень ВАК (общим объемом 393 страниц). Наиболее значимые научные результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

- Lesovoi, S.V., Gary, D.E., Globa, M.V. *et al.* “On a Possible Scenario of Solar Coherent Bursts” // *Sol Phys*, V. **300**, pages 23 (2025). https://doi.org/10.1007/s11207-025-02433-
- S. Lesovoi, A. Altyntsev, A. Kochanov, V. Grechnev, A. Gubin, D. Zhdanov, E. Ivanov, A. Uralov, L. Kashapova, A. Kuznetsov, N. Meshalkina, R. Sych “Siberian Radioheliograph: first results” // Solar-Terrestrial Physics № 1. pp. 3-18 (2017), DOI:10.12737/article_58f96ec60fec52.86165286
- Lesovoi, S.V., Altyntsev, A.T., Ivanov, E.F. *et al.* “The Multifrequency Siberian Radioheliograph” // *Sol Phys*, V. **280**, pp. 651-661 (2012). https://doi.org/10.1007/s11207-012-0008-7

- Lesovoi, S.V., Altyntsev, A.T., Ivanov, E.F., Gubin, A.V., “A 96-antenna radioheliograph” // Research in Astronomy and Astrophysics, V. 14, pp. 864-868, (2014), DOI:10.1088/1674-4527/14/7/008
- Lesovoi, S., Kobets V. «Correlation plots of the Siberian Radioheliograph» // Solar-Terrestrial Physics V.3, №1, pp. 19-25 (2017), DOI:10.12737/article_58f96eeb8fa318.06122835
- Lesovoi S. V., Kardapolova N. N. “Bursts with temporal fine structure at 5730 MHz” // Sol. Phys.,V. 216, № 1., pp. 225-238 (2003), DOI:10.1023/A:1026120823592.
- A. Uralov, S. Lesovoi, V. Grechnev, M. Globa, “Features of correlation curves of the Siberian Radioheliograph” // Solar-Terrestrial Physics, V. 11, № 1., pp. 81-89 (2025), DOI: 10.12737/stp-111202510.

- Uralov, A.M., Grechnev, V.V., Lesovoi, S.V. *et al.* // “Plasma Heating in an Erupting Prominence Detected from Microwave Observations with the Siberian Radioheliograph” // *Sol Phys* **298**, 117 (2023), p. 117, DOI:10.1007/s11207-023-02210-w
- A. A. Altyntsev, G. D. Fleishman, S. V. Lesovoi, N. S. Meshalkina, “Thermal to Nonthermal Energy Partition at the Early Rise Phase of Solar Flares” // Astrophysical Journal, V. 758, № 2., pages 138, (2012), DOI: 10.1088/0004-637X/758/2/138
- Lesovoy S. V. “Reconstruction of Radio Images of the Sun Obtained by the Siberian Solar Radio Telescope” // Radiophys Quantum Electron, V. 45., pp. 865-871, (2002), DOI: 10.1023/A:1023512928805.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается темой исследования, компетентностью в вопросах, рассматриваемых в диссертационной работе.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1) Создан первый в мире солнечный радиотелескоп нового поколения – Сибирский радиогелиограф (СРГ), способный получать изображения Солнца в полосе частот 3-24 ГГц в обеих круговых поляризациях со временным разрешением до несколько секунд.
2) В результате модернизации Сибирского солнечного радиотелескопа (ССРТ) проведены многолетние наблюдения солнечной активности на частоте 5.73 ГГц в двумерном и одномерных режимах, послужившая основой для работ по измерению

магнитных полей в солнечной короне и по исследованию быстропротекающих всплесков микроволнового излучения.

3) В результате наблюдений на модернизированном ССРТ получены новые данные о величине поперечной составляющей магнитного поля над пятнами – 30–40 Гс и высоте гирорезонансных источников над фотосферой на частоте 5.73 ГГц – 14.6 ± 4 тыс. км для обыкновенной моды и 13.3 ± 4 тыс. км для необыкновенной моды.
4) В результате интерферометрических наблюдений быстропротекающих всплесков с длительностью менее 1 секунды, определены размеры и смещения источников этих всплесков, и преимущественный тип волны излучения, связанного со всплесками. Утверждается, что чаще всего в диапазоне 5.73 ГГц быстропротекающие всплески обусловлены плазменным механизмом излучения.
5) Разработана методика определения угловых размеров компактных источников микроволнового излучения по наклону их пространственного спектра. Достоверные результаты получаются для источников с размерами на порядок меньшими ширины диаграммы направленности СРГ.
6) Впервые экспериментально определен механизм всплесков в поглощении микроволнового излучения – уменьшения мощности излучения от данного источника во времени. Показано, что такие всплески вызваны экранированием источников плотной холодной плазмой микровыбросов. Это следует из данных СРГ и подтверждается сопоставлением измерений СРГ и Solar Dynamic Observatory.
7) Разработана модель отклика многоантенного радиоинтерферометра на солнечный диск, учитывающая изменение во времени диаграммы направленности интерферометра и затенения антенн. Использование этой модели для коррекции отклика интерферометра повышает отношение сигнал-шум, что важно при исследовании сверхслабых солнечных вспышек.
8) По результатам наблюдений когерентного всплеска с пространственным, спектральным и временным разрешением предложен новый сценарий развития таких всплесков: пучок ускоренных электронов попадает в петлю под большим углом, в точке отражения электронов от магнитного поля в основании петли формируется распределение "полого пучка" электронов по энергиям, приводящее к развитию электронно-циклотронной неустойчивости на второй гармонике гирочастоты.

Теоретическая значимость диссертационной работы определяется тем, что созданный солнечный радиотелескоп нового поколения может измерять корональные

магнитные поля и определять места первичного энерговыделения во время солнечных вспышек. Эти вопросы относятся к наиболее важным темам солнечной физики. Полученные результаты по экранированию хромосферной холодной плазмой источников микроволнового излучения могут послужить основой для исследования эруптивных хромосферных структур путем интерпретации широкополосных динамических спектров поглощения. Новый сценарий когерентных всплесков может привлекаться не только для объяснения природы когерентного излучения Солнца, но и для интерпретации когерентного излучения звездных атмосфер и земной магнитосферы.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики заключаются тем, что:

1. Создан новый инструмент для исследования солнечной активности, являющейся основным драйвером космической погоды. Данные, получаемые новым радиотелескопом и методы, развитые в работе, пригодны для использования в прогнозе состояния околоземного космического пространства.

2. Алгоритмы и программное обеспечение, разработанные при модернизации ССРТ, широко использовались при интерпретации полученных данных, послуживших основой для ряда исследований по физике Солнца.

3. Макет многочастотного радиотелескопа послужил прототипом для СРГ. Все решения, обусловившие возможности СРГ, были апробированы во время создания макета.

4. Создание и запуск СРГ в регулярные наблюдения открыли новые возможности для исследований солнечной активности.

Оценка достоверности результатов исследования:

Достоверность опубликованных результатов обусловлена публикациями в рецензируемых журналах: 11 работ в «Solar Physics», 7 работ в «Солнечно-земная физика», 2 работы в «Astrophysical Journal», 2 работы в «Radiophysics and Quantum Electronics», 1 работа в «Research in Astronomy and Astrophysics», 1 работа в «Astronomy and Astrophysics», 1 работа в «Advances in Space Research», 1 работа в «Astronomy Reports», 1 работа в «Геомагнетизм и аэрономия», 1 работа в «Publications of the Astronomical Society of Japan», 1 работа в «Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics», 1 работа в «Успехи

физических наук». Кроме этого, основные результаты диссертации докладывались на следующих конференциях: "Всероссийская радиоастрономическая конференция 2011, 2014, 2018, 2022 годов. "Всероссийская астрономическая конференция 2010, 2021, 2024 годов, "Физика плазмы солнечной системы 2010, 2017 годов. 13th European Solar Physics Meeting (ESPM-13) 2011, EGU General Assembly 2013, held 7-12 April, 2013. CESRA Workshop 2019. The 6th Asia Pacific Solar Physics Meeting 2024

Личный вклад. Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают персональный вклад автора в создание СРГ и в опубликованные работы. В работах, связанных с созданием СРГ, определяющий вклад сделан автором в выбор конфигурации антенных решеток, методов фазовых и абсолютных калибровок, алгоритмов реального времени цифровой части приемной системы. Также основной вклад сделан автором в реализацию цифровых алгоритмов и разработку программного обеспечения сбора и первичной обработки данных СРГ. В работах по методикам, используемым на СРГ, по быстропротекающим процессам и по когерентным всплескам, вклад автора определяющий. В остальных работах вклад автора сводился к наблюдениям и обработке данных.

На заседании 24 ноября 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Лесовому Сергею Владимировичу учёную степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования, диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 11 докторов наук по специальности 01.03.02, участвовавших в заседании, из 13 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 12, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Зам. председателя
диссертационного совета Клочкова В.Г.

Учёный секретарь
диссертационного совета Шолухова О.Н.

24 ноября 2025 г.