



УТВЕРЖДАЮ

Проректор МГУ имени М.В. Ломоносова
начальник Управления научной политики
д.ф.-м.н., профессор
/ А. А. Федянин

«22» мая 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
(МГУ имени М.В. Ломоносова)

Диссертация Илларионова Егора Александровича «Параметрическое описание процессов и явлений солнечной активности» выполнена на кафедре теории вероятностей механико-математического факультета Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

В 2013 г. соискатель закончил кафедру теории вероятностей механико-математического факультета Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по специальности «Математика», поступил в аспирантуру этой кафедры. В 2016 г. соискатель закончил аспирантуру и в 2017 г. защитил кандидатскую диссертацию «Количественные показатели эволюции магнитных полей на Солнце» по специальности 01.03.03 «Физика Солнца» в диссертационном совете при Институте космических исследований РАН. В период подготовки докторской диссертации соискатель работал на кафедре в должности младшего научного сотрудника с 2013 г. по 2022 г., а с 2022 г. по настоящее время в должности доцента.

По итогам обсуждения диссертации «Параметрическое описание процессов и явлений солнечной активности» принято следующее **заключение**:

Актуальность темы исследования

Изучение процессов и явлений солнечной активности необходимо для понимания феномена цикличности солнечной активности и прогнозирования космической погоды. Для прогресса в этом изучении необходимо развитие теоретических методов и моделей, сбор и анализ наблюдательных данных, развитие численных методов обработки данных, а также ассимиляция наблюдательных данных в модели. В каждом из этих направлений первостепенную роль играет выбор способа представления сложных физических явлений и процессов в более доступном для изучения виде. Диссертационная работа Илларионова Е. А. «Параметрическое описание процессов и явлений солнечной активности» направлена на решение этой проблемы и получение новых результатов на основе предложенных методов описания.

В первой части работы (глава 2) изучается вопрос об оценке скорости роста магнитного поля и магнитной энергии на начальной стадии динамо. Несмотря на развитие численных методов моделирования, ввиду стохастической природы процесса динамо, остается актуальным вопрос о точности результатов, получаемых численно. Для ответа на этот вопрос необходимо развитие аналитических методов и получение аналитических оценок. В диссертационной работе предлагаются новые аналитические методы и выводятся оценки, характеризующие рост магнитного поля и магнитной энергии для различных моделей проводящей среды. Это позволяет более детально изучать параметры и режимы развития неустойчивостей в конвективной области Солнца.

В главе 3 диссертационной работы изучается проблема определения параметров моделей солнечного динамо для согласования с картиной, получаемой из наблюдательных данных. Обычно этот вопрос решается использованием наиболее общих оценок, получаемых из качественных рассуждений. Однако этот подход не позволяет воспроизводить тонкие детали наблюдательной

картины и не позволяет судить о вариативности параметров. Прямой подход количественной оценки параметров моделей солнечного динамо является трудной задачей, для которой до сих пор не было предложено эффективного решения. Для решения этой проблемы в диссертационной работе разработан метод на основе сочетания нейронных сетей и систем дифференциальных уравнений (нейродифференциальные уравнения) и продемонстрирована его практическая эффективность.

В главе 4 диссертационной работы изучается проблема интерпретации наблюдательных данных и извлечения контуров активных областей. Полагается, что эталоном в этом процессе является ручная обработка данных экспертами-наблюдателями. Однако ввиду того, что современные наблюдения поступают почти непрерывным потоком, необходимы автоматические методы обработки, адекватные по уровню точности ручной. В диссертационной работе разрабатываются методы, основанные на машинном обучении, и демонстрируется их эффективность. На основе проведенной обработки получены новые данные о характере широтно-временного распределения крупномасштабных магнитных полей на Солнце и предложены способы оценки скорости солнечного ветра, показавшие высокое соответствие с наблюдаемыми значениями.

В главе 5 изучается вопрос о способе описания геометрической структуры активных областей (групп солнечных пятен), который бы, в отличие от стандартных подходов, позволял учитывать тонкую структуру и детали строения группы. Для решения этой проблемы предлагаются методы на основе машинного обучения и показывается, что получаемые параметры отражают физические свойства группы и стадию ее эволюции, а также могут быть использованы при классификации групп, что актуально для прогнозирования солнечных вспышек.

В главе 6 диссертационной работы разрабатываются методы обработки архивных наблюдений по солнечной активности, позволившие оцифровать многолетние серии наблюдений, покрывающие периоды особых режимов работы солнечной активности – минимума Дальтона (18–19 века) и столетний минимум на рубеже 19–20 веков. Эти результаты расширяют и детализируют данные о солнечной активности в исторический период, что позволяет проводить изучение режимов работы солнечной активности на большом временном масштабе.

В заключительной главе подводятся итоги работы и обсуждаются дальнейшие направления исследований.

Таким образом, тематика работы является актуальной, а методы и результаты, полученные в процессе ее исследования, могут быть востребованы в других областях науки.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации

Научные результаты, представленные в диссертации, были получены автором лично или при его непосредственном участии. Вклад автора во все рассмотренные в диссертации задачи является основным. Автором были разработаны аналитические методы, получены основные аналитические результаты, выполнено численное моделирование, разработаны комплексы программ, подготовлены и опубликованы базы данных, проведен анализ данных в рамках исследований, представленных в диссертации. При подготовке публикаций, выполненных в соавторстве, автор отвечал за представленные в них модели обработки данных, численное моделирование, анализ данных, участвовал в определении цели работ, постановках задач, формулировке выводов.

Научная новизна результатов

В рамках изучения начальной стадии динамо в модели с конечным временем памяти впервые получены аналитические оценки для скорости роста магнитного поля и магнитной энергии и получена зависимость от параметров анизотропии поля скоростей. Автором впервые была предложена идея использования нейродифференциальных уравнений для калибровки моделей динамо на основе наблюдательных данных и показана эффективность данного подхода. Автором впервые была предложена идея использования сверточных нейронных сетей для решения задачи сегментации корональных дыр на диске Солнца и показано, что с помощью этого подхода удается достигать результатов, близких к ручной методике обработки изображений. Автором впервые была

предложена идея использование моделей машинного обучения для описания геометрической структуры групп солнечных пятен и показана тесная взаимосвязь между полученными параметрами групп и их физическими свойствами. Для обработки каталогов исторических наблюдений автором были предложены новые методы и модели и получены новые обширные каталоги оцифрованных данных.

Таким образом, методы и результаты, представленные в исследовании, являются новыми и представляют собой новые направления в исследованиях по физике Солнца.

Практическая значимость и ценность результатов

Разработанные аналитические методы оценки скоростей роста векторных полей в случайных средах позволяют проводить более детальное аналитическое исследования разнообразных механизмов, приводящих к росту магнитных полей на Солнце. Полученные результаты по применению нейродифференциальных уравнений к уравнениям солнечного динамо открывают новые возможности для ассимиляции наблюдательных данных в моделях солнечного динамо и построению более точных моделей прогноза солнечной активности. Достигнутая высокая точность при автоматическом выделении контуров корональных дыр на изображениях солнечного диска и синоптических картах может служить основой для внедрения разработанных моделей в системы непрерывного мониторинга и анализа наблюдательных данных. Найденная высокая корреляция между параметрами корональных дыр и солнечным ветром позволяет использовать полученные результаты обработки изображений солнечного диска для уточнения моделей прогноза космической погоды. Модели параметризации геометрической структуры групп солнечных пятен могут быть основой для развития моделей автоматической классификации групп пятен и последующего прогноза вспышечной активности. Реконструкция архивных данных служит основой для широкого спектра дальнейших исследований солнечной активности на большом временном масштабе. Опубликованные исходные коды разработанных комплексов программ являются основой для дальнейшего развития представленных методов и их адаптации под другие задачи.

Таким образом, результаты работы обладают высокой практической значимостью и ценностью и востребованы для исследований по солнечной физике.

Результаты, выносимые на защиту

1. Для исследования начальной стадии динамо в конвективной зоне Солнца разработан аналитический метод оценки скоростей роста статистических моментов векторных полей на основе моделей случайной среды с конечным временем памяти. Получены оценки скоростей роста магнитного поля и магнитной энергии в изотропной и осесимметричной анизотропной среде. Оценены пороговые значения числа Струхала для применимости аналитических методов и показано согласие этих методов с результатами численного моделирования. Показано, что в пределе малого времени памяти эти оценки согласуются с оценками в приближении коротких временных корреляций. Исследованы механизмы роста статистических моментов векторных полей, основанные на сочетании резонансных эффектов и эффектов перемежаемости и получены оценки относительного вклада этих эффектов.
2. На основе разработанных нейродифференциальных уравнений для маломодовых моделей солнечного динамо получены оценки для динамо-числа и функции подавления альфа-эффекта (*alpha-quenching*), позволяющие воспроизвести средний профиль солнечного цикла, построенного на основе многолетнего индекса солнечных пятен. Показано, что существует широкий спектр значений для динамо-числа и профилей функции подавления, дающих согласие с наблюдательными данными, и описана зависимость между этими параметрами. На основе синтетических данных показано, что вариативность восстанавливаемых параметров динамо-модели снижается при использовании более полного набора данных о магнитном поле и при этом повышается точность оценки параметров. Полученные результаты демонстрируют возможность использования нейродифференциальных моделей для адаптации динамо-моделей под наблюдательные данные.
3. Предложен метод анализа корональных дыр (КД), основанный на машинном обучении с применением нейронных сетей, позволяющий преодолеть ограничения алгоритмов, базирующихся на явных правилах, неполно учитывающих вариативность среды. Созданы каталоги границ и

параметров КД. Найдены параметры КД, обладающие высокой корреляцией со скоростью солнечного ветра, и показано, что эта корреляция заметно выше, чем у ранее предлагавшихся алгоритмов выделения КД. Показано, что основной вклад в долговременные вариации солнечного ветра создают низкоширотные КД. Доказано существование асимметрии в стадиях развития и амплитудах КД между северным и южным полушариями. На основе построенных широтно-временных диаграмм фотосферного магнитного поля и магнитного поля в КД показано, что помимо переноса магнитного потока с низких широт, должны существовать и другие механизмы формирования полярных КД.

4. Предложен, основанный на машинном обучении на многолетних рядах изображений групп солнечных пятен, подход для создания полного, но компактного описания групп солнечных пятен. Разработанные модели позволяют получить компактный набор параметров, однозначно описывающих детальную геометрическую структуру групп солнечных пятен и позволяющий проводить количественное сравнение групп между собой. Показано, что среди новых параметров содержатся параметры, тесно связанные со стандартными физическими свойствами групп: угол наклона, площадь, протяженность, а также то, что на их основе воспроизводятся основные наблюдательные закономерности включая асимметрию между северным и южным полушарием. Показано, что точность восстановления исходного образа группы зависит от числа параметров, описывающих группу. Предложен метод количественной оценки сложности геометрической структуры группы, согласующийся с известными стадиями ее развития. Сравнение оценок с классами групп солнечных пятен по Цюрихской системе продемонстрировало его достаточно высокую точность.

5. На основе разработанных моделей машинного обучения выполнена оцифровка многолетних рукописных каталогов Цюрихской обсерватории и восстановлены координаты солнечных пятен, факелов и протуберанцев в конце 19 – начале 20 веков. Полученные координаты солнечных пятен детализируют и дополняют информацию о положении и строении групп пятен из каталогов Гринвичской обсерватории и позволяют сделать вывод о согласии в методиках идентификации пятен в этих двух обсерваториях. Построенные широтно-временные диаграммы показывают новые особенности солнечной активности в период столетнего солнечного минимума в начале 20 века: асимметрию в фазах миграции факелов к полюсам в северном и южном полушариях, высокую корреляцию числа протуберанцев и солнечных пятен в 13 и 14 цикле и их аномально низкое соотношение в цикле 15.

6. Разработаны методы обработки и интерпретации исторических данных, являющихся единственным прямым свидетельством о долгосрочных вариациях солнечной активности. На основе каталогов солнечных пятен О. Флержера (18–19 века), и реконструкции его методик транзитных наблюдений восстановлены координаты 527 положений солнечных пятен для 154 дней наблюдений в период особого режима солнечной активности, известного как минимум Дальтона. Показано, что используемая методика дает высокую точность измерения координат объектов на диске Солнца. Получены широтно-временные диаграммы распределения солнечных пятен, дополняющие и связующие между собой более краткосрочные наблюдения других астрономов, что позволяет уточнить характер солнечной цикличности в период минимума Дальтона. Показано, что в этот период существовали долгоживущие группы пятен, наблюдаемые более одного солнечного оборота, имелась асимметрия пятенной активности между северным и южным полушарием. Получены новые свидетельства аномальной длительности цикла 4. Возможно и существование короткого (потерянного) цикла между 4-ым и 5-ым. Отсутствие измерений в 1793–94 годах не позволяет сделать окончательный выбор между этими двумя возможностями.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность результатов подтверждается публикациями в ведущих российских и зарубежных журналах, в том числе высокорейтинговых, многократным цитированием работ автора, согласием полученных аналитических результатов и численного моделирования, согласием с последующими работами независимых авторов. Подтверждениями достоверности служат исходные коды разработанных комплексов программ, размещенные в открытом доступе, а также опубликованные в открытом доступе базы данных, в которых содержатся результаты обработки наблюдений.

Список основных публикаций соискателя по теме диссертации

- 1) E. A. Illarionov. Методы машинного обучения в физике Солнца // *Успехи физических наук*. 2025. Т. 195, № 4, с. 395–415. DOI: 10.3367/ufnr.2025.02.039872.
- 2) E. Illarionov, V. Kisielius, R. Stepanov, K. M. Kuzanyan. Neural differential equations for the solar dynamo // *Physical Review E*. 2026. V. 113, issue, article L053202. DOI: 10.1103/dpsp-bwkh.
- 3) E. Illarionov, A. Tlatov, I. Berezin, N. Skorbez. Correlation of coronal hole area indices and solar wind speed // *Solar Physics*, 2025. V. 300, issue 9, article 123. DOI: 10.1007/s11207-025-02530-z.
- 4) E. A. Illarionov, D. D. Sokoloff. Relative efficiency of three mechanisms of vector fields growth in a random media // *Physical Review E*. 2023. V. 107, issue 4, article 044110. DOI: 10.1103/PhysRevE.107.044110.
- 5) E. Illarionov, R. Arlt. Sunspot positions from observations by Flaugergues in the Dalton minimum // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 2023. V. 523, N. 2, p. 1809–1821. DOI: 10.1093/mnras/stad1489.
- 6) E. Illarionov, R. Arlt. Reconstruction of the solar activity from the catalogs of the Zurich observatory // *Solar Physics*. 2022. V. 297, issue 7, article 79. DOI: 10.1007/s11207-022-02015-3.
- 7) E. Illarionov, A. Tlatov. Parametrization of sunspot groups based on machine learning approach // *Solar Physics*. 2022. V. 297, issue 2, article 19. DOI: 10.1007/s11207-022-01955-0.
- 8) E. A. Illarionov, D. D. Sokoloff. Finite memory time and anisotropy effects for initial magnetic energy growth in random flow of conducting media // *Physical Review E*. 2021. V. 104, issue 1, article 015214. DOI: 10.1103/PhysRevE.104.015214.
- 9) E. Illarionov, A. Kosovichev, A. Tlatov. Machine-learning approach to identification of coronal holes in solar disk images and synoptic maps // *Astrophysical Journal*. 2020. V. 903, N. 2, article 115. DOI: 10.3847/1538-4357/abb94d.
- 10) E. A. Illarionov, A. G. Tlatov. Segmentation of coronal holes in solar disk images with a convolutional neural network // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 2018. V. 481, N. 4, p. 5014–5021. DOI: 10.1093/mnras/sty2628.
- 11) E. A. Illarionov, D. D. Sokoloff. Growth rate of the initial magnetic energy in isotropic velocity field with non-Gaussian distribution // *Magnetohydrodynamics*. 2023. V. 51, N. 1, p. 23–27. DOI: 10.22364/mhd.59.1.2.
- 12) E. A. Илларионов, Д. Д. Соколов, С. С. Павленко. Флуктуации времени памяти и взрывной рост моментов в системах уравнений со случайными коэффициентами // *Журнал вычислительной математики и математической физики*. 2026. Т. 66, № 1, с. 19–23. DOI: 10.7868/S3034533226010025.
- 13) V. Kisielius, E. Illarionov. Machine learning for reconstruction of polarity inversion lines from solar filaments // *Solar Physics*. 2024. V. 299, issue 5, article 69. DOI: 10.1007/s11207-024-02324-9.
- 14) M. A. Reiss, K. Muglach, C. Mostl, C. N. Arge, R. Bailey, V. Delouille, T. M. Garton, A. Hamada, S. Hofmeister, E. Illarionov, R. Jarolim, M. S. Kirk, A. Kosovichev, L. Krista, S. Lee, C. Lowder, P. J. MacNeice, A. Veronig. The observational uncertainty of coronal hole boundaries in automated detection schemes // *Astrophysical Journal*. 2021. V. 913, N. 1, article 28. DOI: 10.3847/1538-4357/abf2c8.
- 15) M. A. Reiss, K. Muglach, E. Mason, E. E. Davies, S. Chakraborty, V. Delouille, C. Downs, T. M. Garton, J. A. Grajeda, A. Hamada, S. G. Heinemann, S. Hofmeister, E. Illarionov, R. Jarolim, L. Krista, C. Lowder, E. Verwichte, C. N. Arge, L. E. Boucheron, C. Foullon, M.S. Kirk, A. Kosovichev, A. Leisner, C. Mostl, J. Turtle, A. Veronig. A community data set for comparing automated coronal hole detection schemes // *Astrophysical Journal, Supplement Series*. 2024. V. 271, N. 1, article 6. DOI: 10.3847/1538-4365/ad1408.
- 16) A. Aatiya, V. Sadykov, A. Kosovichev, I. N. Kitiashvili, V. Oria, G. M. Nita, E. Illarionov, P. M. O’Keefe, F. Francis, C.-J. Chong, P. Kosovich, R. D. Marroquin. Predicting solar proton events of solar cycles 22–24 using goes proton and soft-x-ray flux features // *Astrophysical Journal, Supplement Series*. 2024. V. 270, N. 1, article 15. DOI: 10.3847/1538-4365/ad0a6c.
- 17) R. D. Marroquin, V. Sadykov, A. Kosovichev, I. N. Kitiashvili, V. Oria, G. M. Nita, E. Illarionov, P. M. O’Keefe, F. Francis, C. J. Chong, P. Kosovich, A. Ali. Statistical study of the correlation between solar energetic particles and properties of active regions // *Astrophysical Journal*. 2023. V. 952, N. 2, article 97. DOI: 10.3847/1538-4357/acdb65.

- 18) Д. Д. Соколов, А. А. Чикина, Е. А. Илларионов. Средний квадрат геодезического отклонения в задаче Зельдовича о распространении света во Вселенной с неоднородностями. *Астрономический журнал*. 2021. Т. 98, № 5, с. 355–362. DOI: 10.31857/S0004629921050078.
- 19) S. Pavlenko, E. Illarionov, D. Sokoloff. Memory time fluctuations and instabilities in random media // *Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics*. 2025. V. 119, N. 3-4, p. 382–388. DOI: 10.1080/03091929.2025.2455175.
- 20) В. Киселюс, Е. А. Илларионов, Р. А. Степанов, К. М. Кузанын. Сопоставление одношагового и многошагового подхода к прогнозированию индекса солнечной активности // *Известия РАН. Серия физическая*. 2025. Т. 89, № 7, с. 1143–1148. DOI: 10.7868/S3034646025070218.
- 21) А. П. Очир-Горяева, Д. Д. Соколов, Е. А. Илларионов. Эффекты длинной памяти при развитии неустойчивости в случайной среде // *Журнал экспериментальной и теоретической физики*. 2025. Т. 166, № 6, с. 878–887. DOI: 10.31857/S0044451024120113.
- 22) K. Whitman, R. Egeland, I. G. Richardson, C. Allison, P. Quinn, J. Barzilla, I. Kitiashvili, V. Sadykov, H. M. Bain, M. Dierckxsens, M. L. Mays, T. Tadesse, K. T. Lee, E. Semones, J. G. L., M. Núñez, S. M. White, S. W. Kahler, A. G. Ling, D. F. Smart, M. A. Shea, V. Tenishev, S. F. Boubrahimi, B. Aydin, P. Martens, R. Angryk, M. S. Marsh, S. Dalla, N. Crosby, N. A. Schwadron, K. Kozarev, M. Gorby, M. A. Young, M. Laurenza, E. W. Cliver, T. Alberti, M. Stumpo, S. Benella, A. Papaioannou, A. Anastasiadis, I. Sandberg, M. K. Georgoulis, A. Ji, D. Kempton, C. Pandey, L. Gang, J. Hu, G. P. Zank, E. Lavasa, G. Giannopoulos, D. Falconer, Y. Kadadi, I. Fernandes, M. A. Dayeh, A. Muñoz-Jaramillo, S. Chatterjee, K. D. Moreland, I. V. Sokolov, I. I. Roussev, A. Taktakishvili, F. Effenberger, T. Gombosi, Z. Huang, L. Zhao, N. Wijsen, A. Aran, S. Poedts, A. Kouloumvakos, M. Paassilta, R. Vainio, A. Belov, E. A. Eroshenko, M. A. Abunina, A. A. Abunin, C. C. Balch, O. Malandraki, M. Karavolos, B. Heber, J. Labrenz, P. Kühl, A. G. Kosovichev, V. Oria, G. M. Nita, E. Illarionov, P. M. O’Keefe, Y. Jiang, S. H. Ferreira, A. Ali, E. Paouris, S. A. Giamini, P. Jiggins, M. Jin, C. O. Lee, E. Palmerio, A. Bruno, S. Kasapis, X. Wang, Y. Chen, B. Sanahuja, D. Lario, C. Jacobs, D. Toit Strauss, R. Steyn, B. Jabus van den, B. Swalwell, C. Waterfall, M. Nedal, R. Miteva, M. Dechev, P. Zucca, A. Engell, B. Maze, H. Farmer, T. Kerber, B. Barnett, J. Loomis, N. Grey, B. J. Thompson, J. A. Linker, R. M. Caplan, C. Downs, T. Török, R. Lionello, V. Titov, M. Zhang, P. Hosseinzadeh. Review of solar energetic particle models // *Advances in Space Research*. 2022. V. 72, N. 12, p. 5161–5242. DOI: 10.1016/j.asr.2022.08.006.
- 23) V. M. Sadykov, I. N. Kitiashvili, A. S. Dalda, V. Oria, A. G. Kosovichev, E. A. Illarionov. Compression of Solar Spectroscopic Observations: a Case Study of Mg II k Spectral Line Profiles Observed by NASA’s IRIS Satellite // *International Conference on Content-Based Multimedia Indexing, Lille, France. IEEE*, 2021. P. 106–111. DOI: 10.1109/cbmi50038.2021.9461879.
- 24) О. А. Андреева, Е. А. Илларионов. Вариации некоторых индексов солнечной активности и магнитные поля корональных дыр 25-го цикла // *Геомагнетизм и аэрономия*. 2025. Т. 65, № 5, с. 590–598. DOI: 10.7868/S3034502225050035.
- 25) А. Г. Тлатов, Е. А. Илларионов, И. А. Березин, А. Д. Шрамко. Прогнозирование солнечных вспышек и фоновых потоков рентгеновского излучения по данным синоптических наземных наблюдений с помощью методов машинного обучения // *Космические исследования*. 2020. Т. 58, № 6, с. 479–484. DOI: 10.31857/S0023420620060102.

Ценность научных работ соискателя

Основные научные работы соискателя опубликованы в ведущих российских и зарубежных научных журналах, в том числе – высокорейтинговых. Многие из работ многократно цитировались в статьях других авторов. По материалам работ были сделаны доклады, в том числе приглашенные, на всероссийских и международных конференциях. Соискатель неоднократно становился победителем в конкурсе работ, способствующих решению задач Программы развития Московского университета, в номинации «Выдающиеся научные статьи». Все это свидетельствует о научной ценности работ и интересу к ним со стороны научного сообщества.

Соответствие содержания диссертации паспорту специальности «1.3.1 – Физика космоса, астрономия»

Задачи, рассмотренные в диссертации, относятся к классу, заявленному в паспорте специальности «1.3.1 – Физика космоса, астрономия».

Оценка выполненной соискателем работы

Из вышеизложенного следует, что в диссертации Илларионова Егора Александровича представлены новые научные результаты в рамках актуальной и современной темы физики Солнца. Тематика работы соответствует специальности «1.3.1 – Физика космоса, астрономия», а диссертация удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертационной работе на соискание учёной степени доктора физико-математических наук.

ВЫВОД

Диссертация Илларионова Егора Александровича на тему «Параметрическое описание процессов и явлений солнечной активности» рекомендуется к защите по специальности «1.3.1 – Физика космоса, астрономия».

Заключение принято на заседании кафедры теории вероятностей механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Присутствовало на заседании — 26 чел. Результаты голосования: «за» — 26 чел., «против» — 0 чел., «воздержалось» — 0 чел. Протокол № 9 от «13» мая 2026 г.

Заведующий кафедрой теории вероятностей
механико-математического факультета МГУ,
академик РАН, профессор

 / А.Н. Ширяев

