

Заключение диссертационного совета МГУ.011.2  
по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

Решение диссертационного совета от «01» июня 2023 г. № 21

О присуждении Михайлову Евгению Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук

Диссертация «Эволюционные модели промежуточного типа для магнитного поля в проводящей среде» по специальности 1.3.3 – «теоретическая физика» принята к защите диссертационным советом 13 марта 2023 г., протокол № 13.

Соискатель Михайлов Евгений Александрович, 1991 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Моделирование магнитных полей галактик в планарном приближении» защитил в 2015 году в диссертационном совете ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Соискатель работает в должности доцента кафедры математики физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Диссертация выполнена на кафедре математики физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Научный консультант – доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры математики ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» Соколов Дмитрий Дмитриевич.

Официальные оппоненты:

Петросян Аракел Саркисович, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБУН «Институт космических исследований Российской академии наук», заведующий сектором теоретических исследований;

Желиговский Владислав Александрович, доктор физико-математических наук, ФГБУН «Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики Российской академии наук», главный научный сотрудник лаборатории геодинамики и математических методов исследования геосистем;

Холодова Светлана Евгеньевна, доктор физико-математических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», доцент Научно-образовательного центра математики

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 66 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 31 работу, из них 28 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности:

1. Mikhailov E., Sokoloff D., Zasov A., Kasparova A., Moss D., Beck R. Magnetic fields near the peripheries of galactic discs // Astronomy and Astrophysics. – 2014. – V. 568. – A66. [«Web of Science Core Collection», IF=6.240] DOI: 10.1051/0004-6361/201323341.

2. Moss D., Mikhailov E., Sokoloff D., Silchenko O., Horellou C., Beck R. Magnetic fields in ring galaxies // *Astronomy and Astrophysics*. – 2016. – V.592. – A44 [«Web of Science Core Collection», IF=6.240] DOI: 10.1051/0004-6361/201628346.
3. Boneva D.V., Mikhailov E.A., Pashentseva M.V., Sokoloff D.D. Magnetic fields in the accretion discs for various inner boundary conditions. *Astronomy and Astrophysics*. – 2021. – V.652. – A38. [«Web of Science Core Collection», IF=6.240] DOI: 10.1051/0004-6361/202038680.
4. Mikhailov E.A. Wavefronts of the magnetic field in galaxies: asymptotic and numerical approaches // *Magnetohydrodynamics*. – 2016. – V.52, No.1. – P. 117 – 124. [«Web of Science Core Collection», IF=0.753] DOI: 10.22364/mhd.52.1-2.14.
5. Mikhailov E.A. Galactic magnetic field reversals and vorticity of transition layers // *Magnetohydrodynamics*. – 2017. – V. 53, No.2. – P. 357-363 [«Web of Science Core Collection», IF=0.753] DOI: 10.22364/mhd.53.2.15.
6. Mikhailov E.A., Sibgatullin I.N. Magnetic fields in the outer rings of galaxies and turbulent motions // *Magnetohydrodynamics*. – 2019. – V.55, No.1-2. – P. 133 – 140. [«Web of Science Core Collection», IF=0.753] DOI: 10.22364/mhd.55.1-2.16.
7. Mikhailov E., Pushkarev V. Influence of star formation on galactic magnetic fields in a model with vertical structure // *Magnetohydrodynamics*. – 2020. – V.56, No.2-3. – P.81 – 87. [«Web of Science Core Collection», IF=0.753] DOI: 10.22364/mhd.56.2-3.19.
8. Mikhailov E. A. Symmetry of the magnetic fields in galactic dynamo and the material arms // *Magnetohydrodynamics*. — 2020. — Vol. 56, no. 4. — P. 403–414. [«Web of Science Core Collection», IF=0.753] DOI: 10.22364/mhd.56.4.5.
9. Mikhailov E.A., Khokhryakova A.D. Torus dynamo in the outer rings of galaxies // *Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics*. – 2019. – V.113, No.1-2. – P. 199 – 207. [«Web of Science Core Collection», IF=1.590] DOI: 10.1080/03091929.2018.1513503.

10. Кузнецов Е.А., Михайлов Е.А. Заметки о коллапсе в магнитной гидродинамике // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2020. – Т.158, №3. – С.561 – 572. Переводная версия: Kuznetsov E. A., Mikhailov E. A. Notes on collapse in magnetic hydrodynamics // Journal of Experimental and Theoretical Physics. — 2020. — Vol. 131, no. 3. — P. 496–505. [«Web of Science Core Collection», IF=1.111] DOI: 10.1134/S106377612009006X.
11. Михайлов Е.А., Чудновский А.Ю. Асимптотическое разложение решения уравнения для медленного осесимметричного электровихревого течения между двумя плоскостями // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2020. – Т.23, №4. – С. 88 – 100. Переводная версия: Mikhailov E. A., Chudnovsky A. Y. Asymptotic expansion of the solution of the equation of a slow axisymmetric electrovortex flow between two planes // Journal of Applied and Industrial Mathematics. — 2020. — Vol. 14, no. 4. — P. 722–731 [ «Scopus», IF=0.391] DOI: 10.1134/s1990478920040109.
12. Михайлов Е.А. Задачи с малым параметром и распространение фронтов в теории галактического динамо // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. – 2015. – №2. – С.27 – 31. Переводная версия: Mikhailov E. A. Problems with a small parameter and propagation of fronts in the galactic dynamo theory // Moscow University Physics Bulletin. — 2015. — Vol. 70, no. 2. — P. 101–106. [«Web of Science Core Collection», IF=0.536] DOI: 10.3103/S0027134915020095.
13. Михайлов Е.А., Тепляков И.О. Аналитическое решение задачи об электровихревом течении в полусфере с электродами конечного размера в стоксовом приближении // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. – 2018. – №2. – С.39 – 44. Переводная версия: Mikhailov E. A., Teplyakov I. O. Analytical solution of the problem of the electrovortex flow in the hemisphere with finite size electrodes in the stokes approximation // Moscow University Physics Bulletin. — 2018. — Vol. 73, no. 2. — P. 162–167. [«Web of Science Core Collection», IF=0.536] DOI: 10.3103/S0027134918020108.

14. Михайлов Е.А. Спектральное разложение решения задачи о генерации магнитных полей галактик в планарном приближении // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. – 2020. – №5. – С.40 – 45. Переводная версия: Mikhailov E. A. The spectral decomposition of the solution of the problem of generating galactic magnetic fields in the no-z approximation // Moscow University Physics Bulletin. — 2020. — Vol. 75, no. 5. — P. 420–426. [«Web of Science Core Collection», IF=0.536] DOI: 10.3103/S0027134920050173.
15. Mikhailov E. A., Elistratov S. A., Grachev D. A. The magnetic correlation tensor in the dynamo theory // Computational Mathematics and Modeling. — 2021. — Vol. 32, no. 1. — P. 45–51. [«Scopus», SJR=0.191] DOI: 10.1007/s10598-021-09515-0.
16. Mikhailov E.A., Teplyakov I.O. Construction asymptotic solution while studying electrovortex flow in hemispherical container using Stokes approximation // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. – V.891. – 012060. [«Scopus», SJR=0.210] DOI: 10.1088/1742-6596/891/1/012060.
17. Mikhailov E. A., Teplyakov I. O., Fedotov I. A. Research of the electro-vortex flows in the liquid metals at different currents // Journal of Physics: Conference Series. — 2020. — Vol. 1565. — 012076. [«Scopus», SJR=0.210] DOI: 10.1088/1742-6596/1565/1/012076.
18. Georgievskaya E.P., Mikhailov E.A., Teplyakov I.O. Simulation of the electrovortex flow in a linear approximation under the action of the external magnetic field // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – V.1683. – 022039. [«Scopus», SJR=0.210] DOI: 10.1088/1742-6596/1683/2/022039.
19. Михайлов Е.А. Галактическое динамо с учетом потоков спиральности. // Письма в Астрономический журнал: Астрономия и космическая астрофизика. – 2013. – Т.39, №7. – С.474 – 480. Переводная версия: Mikhailov E. A. Galactic dynamo with helicity fluxes // Astronomy Letters. — 2013. — Vol. 39, no. 7. — P. 414–420. [«Web of Science Core Collection», IF=1.194] DOI: 10.1134/S1063773713070050.

20. Михайлов Е.А. Звездообразование и модель галактического динамо с потоками спиральности // Письма в *Астрономический журнал: Астрономия и космическая астрофизика*. – 2014. – Т.40, №7. – С.398 – 405. Переводная версия: Mikhailov E. A. Star formation and galactic dynamo model with helicity fluxes // *Astronomy Letters*. — 2014. — Vol. 40, no. 7. — P. 398–405. [«Web of Science Core Collection», IF=1.194] DOI: 10.1134/S1063773714070056.
21. Михайлов Е.А. Динамо в торе для описания магнитных полей во внешних кольцах галактик // *Астрономический журнал*. – 2017. – Т.94, №9. – С.741 – 748. Переводная версия: Mikhailov E. A. A dynamo in a torus as an explanation of magnetic fields in the outer rings of galaxies // *Astronomy Reports*. — 2017. — Vol. 61, no. 9. — P. 739–746. [«Web of Science Core Collection», IF=1.192] DOI: 10.1134/S1063772917080078.
22. Андреасян Р.Р., Михайлов Е.А., Андреасян А.Р. Структура и особенности формирования инверсий галактического магнитного поля // *Астрономический журнал*. – Т.64, №3. – С.189 – 198. Переводная версия: Andriasyan R. R., Mikhailov E. A., Andriasyan H. R. Structure and features of the galactic magnetic-field reversals formation // *Astronomy Reports*. — 2020. — Vol. 64, no. 3. — P. 189–198. [«Web of Science Core Collection», IF=1.192] DOI: 10.1134/s1063772920030014.
23. Михайлов Е. А., Андреасян Р. Р. Батарейный механизм Бирмана и структура начального магнитного поля в галактиках // *Астрономический журнал*. — 2021. — Т. 98, № 10. — С. 795–803. Переводная версия: Mikhailov E. A., Andriasyan R. R. Initial galactic magnetic fields and the Biermann battery mechanism // *Astronomy Reports*. — 2021. — Vol. 65, no. 9. — P. 715–722. [«Web of Science Core Collection», IF=1.192] DOI: 10.1134/S1063772921090055.
24. Михайлов Е.А., Пушкарев В.В. Влияние звездообразования на крупномасштабные структуры галактического магнитного поля // *Астрофизический бюллетень*. – 2018. – Т.73, №4. – С. 451 – 456. Переводная версия: Mikhailov E. A., Pushkarev V. V. Influence of star formation on large scale

structures of galactic magnetic fields // *Astrophysical Bulletin*. — 2018. — Vol. 73, no. 4. — P. 425–429. [«Web of Science Core Collection», IF=1.022] DOI: 10.1134/s1990341318040041.

25. Mikhailov E.A., Pushkarev V.V. Fluctuating governing parameters in galaxy dynamo // *Astronomical and Astrophysical Transactions*. — 2018. — V.30, No.3. — P.343 – 350 [«Scopus», SJR=0.125].

26. Mikhailov E.A. Torus dynamo model for study of magnetic fields in the outer rings of galaxies // *Astrophysics*. — 2018. — V. 61, No. 2. — P. 147 – 159. [«Web of Science Core Collection», IF=0.673] DOI: 10.1007/s10511-018-9524-y.

27. Mikhailov E., Khasaeva T. Evolution of the magnetic field reversals in galaxies // *Bulgarian Astronomical Journal*. — 2019. V. 31, No.2. — P.39 – 50. [«Scopus», SJR=0.138].

28. Mikhailov E., Boneva D., Pashentseva M. No-z model for magnetic fields of different astrophysical objects and stability of the solutions // *Data*. — 2021. — Vol. 6, no. 1. — 4. [«Scopus», SJR=0.560] DOI: 10.3390/data6010004.

В работах, написанных в соавторстве, вклад соискателя был основополагающим. Все результаты, вошедшие в диссертацию, были получены автором лично. Относительно вклада других соавторов вышеперечисленных работ можно отметить следующее. В работе [1] модельные предположения были сформулированы совместно с Д.Д. Соколовым и Д. Моссом, А.В. Каспарова и А.В. Засов представили соискателю данные о параметрах среды, которые были впоследствии использованы при создании моделей, Р.Беком было проведено сопоставление теоретических результатов соискателя с наблюдениями. В работе [2] модельные предположения были сформулированы совместно с Д.Д. Соколовым и Д. Моссом, О.К. Сильченко представила соискателю данные о параметрах среды во внешних кольцах галактик, которые были использованы при создании моделей, К. Орелу провела сопоставление теоретических результатов соискателя с данными наблюдений. В работе [3] модельные предположения были сформулированы совместно с Д.Д. Соколовым и

Д.В. Боневой, М.В. Пашенцева провела ряд численных расчетов на основе уравнений, предложенных соискателем. В работе [6] И.Н. Сибгатуллин провел численное исследование течений под действием магнитных полей, которые были получены соискателем. В работах [7], [24] и [25] В.В. Пушкарев получил ряд численных результатов на основе уравнений, предложенных соискателем. В работе [9] А.Д. Хохрякова получила ряд численных результатов на основе уравнений, предложенных соискателем. Теоретические оценки в работе [10] были получены совместно с Е.А. Кузнецовым, которому принадлежит общая идея данного подхода. В работе [11] постановка задачи обсуждалась с А.Ю. Чудновским. В работах [13] и [16] предположения, легшие в основу модели, формулировались совместно с И.О. Тепляковым. В работе [15] постановка задачи обсуждалась соискателем с Д.А. Грачевым, С.А. Елистратов получил ряд численных результатов. В работе [17] предположения, легшие в основу модели, формулировались совместно с И.О. Тепляковым, И.А. Федотовым получен ряд численных результатов. В работе [18] основные модельные представления обсуждались соискателем с И.О. Тепляковым, ряд численных результатов получен Е.П. Георгиевской. В работе [22] Р.Р. Андреасяну и А.Р. Андреасян принадлежит анализ наблюдательных данных, которые полностью совпали с моделью, предложенной соискателем. В работе [23] модельные предположения были сформулированы совместно с Р.Р. Андреасяном. В работе [27] Т.Т. Хасяевой был получен ряд численных результатов на основе уравнений, сформулированных автором. В работе [28] цель формулировалась совместно с Д.В. Боневой, М.В. Пашенцевой были проведены численные расчеты на основе уравнений, сформулированных соискателем.

На диссертацию и автореферат поступило 3 дополнительных отзыва, все положительные.



Выбор официальных оппонентов обосновывался их компетентностью в области изучения магнитных полей в проводящих средах, которым посвящена диссертация. Они являются авторитетными отечественными специалистами в данной сфере и имеют большое число публикаций, связанных с задачами подобного типа. Список их ключевых публикаций за последние 5 лет имеется в распоряжении диссертационного совета.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований построен новый класс моделей, которые позволяют описывать магнитные поля в галактических и аккреционных дисках. Продемонстрировано, что генерация поля в галактических и аккреционных дисках происходит по-разному, поскольку в аккреционных дисках существенную роль играют возможность накопления поля на внутренней границе диска и потоки среды по направлению к массивному объекту. Анализ свойств дифференциальных операторов, описывающих генерацию магнитных полей в дисковых объектах, дал возможность исследования устойчивости тех или иных структур поля. Построены модели, позволяющие исследовать условия возбуждения магнитных полей во внешних кольцах галактик. Для электровихревых течений получены результаты, которые могут быть важны для приложений, связанных с электрометаллургией. Предложены методы исследования влияния конвекции и истечения из центрального объекта на структуру астрофизических магнитных полей

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на

защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Р-неинвариантность альфа-эффекта приводит к действию динамо, которое для галактик и тонких аккреционных дисков описывается с помощью планарного приближения. В случае аккреционных дисков наиболее существенную роль в механизме генерации играют процессы на внутренней границе диска и радиальные потоки.
2. В объектах, имеющих форму тора, за счет динамо генерируется магнитное поле, имеющее структуру, принципиально отличающуюся от тонких дисков. Оно может иметь как дипольную, так и квадрупольную симметрию.
3. Построенные двумерные модели дают возможность описать электровихревые течения в различных конфигурациях, таких как полусферический контейнер и область между двумя плоскостями.
4. Истечения из центрального объекта приводят к возникновению начального магнитного поля в галактиках (батареиный механизм Бирмана), а конвекция существенно меняет структуру поля. Оба этих механизма могут приводить к экспоненциальному росту.

На заседании 1 июня 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Михайлову Евгению Александровичу ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 15 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета (дополнительно введены на разовую защиту 0 человек), проголосовали: за – 15, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель  
диссертационного совета  
профессор

Б.И. Садовников

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
профессор

П.А. Поляков

1 июня 2023 года