**1) ДД Соколов, Р Аллахвердиев, ДВ Бонева, ЕА Илларионов, ИМ Лившиц, ЕА Михайлов, ВН Обридко, МВ Пашенцева, ВВ Пипин, Р Степанов, ПГ Фрик, АА Чикина, АС Шибалова, СР Камалетдинов, ММ Кацова, ЕВ Юшков,**

 МГУ, ИЗМИРАН, Московский центр фундаментальной и прикладной математики, ГАО, ФИАН, ИКИ, ИМСС

 Цикл работ: Сформулирован и развит сценарий образования магнитных полей в аккреционных дисках под действием мелкомасштабного (конвективного/турбулентного) динамо.

 Публикации: 10 статей (PRE, MNRAS, A&A, АЖ, GeAe) + 1 книга,

 Конференции: 32 тезиса докладов

 Планы на будущее: образование токовых слоев вблизи звезд, в которых работает динамо не солнечного типа.

**2) СА Балашев, КН Теликова, ДН Косенко**

 ФТИ им. АФ Иоффе

 Цикл работ, посвященных исследованию холодной фазы диффузной нейтральной среды в ранней Вселенной.

 Публикации: 8 статей (A&A, MNRAS, ApJ, ApJL)

=====================================================================

=====================================================================

**1) ДД Соколов, Р Аллахвердиев, ДВ Бонева, ЕА Илларионов, ИМ Лившиц, ЕА Михайлов, ВН Обридко, МВ Пашенцева, ВВ Пипин, Р Степанов, ПГ Фрик, АА Чикина, АС Шибалова, СР Камалетдинов, ММ Кацова, ЕВ Юшков,**

МГУ, ИЗМИРАН, Московский центр фундаментальной и прикладной математики, ГАО, ФИАН, ИКИ, ИМСС

Цикл работ: Сформулирован и развит сценарий образования магнитных полей в аккреционных дисках под действием мелкомасштабного (конвективного/турбулентного) динамо.

Публикации: 10 статей (PRE, MNRAS, A&A, АЖ, GeAe) + 1 книга,

Конференции: 32 тезиса докладов

Планы на будущее: образование токовых слоев вблизи звезд, в которых работает динамо не солнечного типа.

Книга

1. Небесные магниты. Природа и принципы космического магнетизма, Альпина нон-фикшн, Москва, ISBN 978-5-00139-336-8,  152 с., 2021, (Соколов Дмитрий).

Статьи

2. Средний квадрат геодезического отклонения в задаче Зельдовича о распространении света во Вселенной с неоднородностями, Астрон. ж., 98, N 5, 355 -- 362, 2021 (Д.Д.Соколов, А.А.Чикина, Е.А.Илларионов).
Mean Square Geodesic Deviation in the Zeldovich Problem
on Light Propagation in a Universe with Inhomogeneities, Astronomy Reports, 2021, Vol. 65, No. 5, pp. 362–369, 2021 (D. D. Sokoloff, A. A. Chikinaa, E. A. Illarionov). Astronomy Reports, 2021, Vol. 65, No. 7, p. 633. Open access.

3. Magnetic fields in the accretion discs for various inner boundary conditions, Astron. Astrophys, Volume 652, A38, 7p., 2021
(D.V. Boneva, E.A.Mikhailov, M.V.Pashentseva,  D.D.Sokoloff), [https://doi.org/10.1051/0004-6361/202038680](https://mail.asc.rssi.ru/owa/redir.aspx?REF=n4NV84vRwwc-a-5aQyixQ76057gp5AossvJZxjP7ncu7_EhARbfZCAFodHRwczovL2RvaS5vcmcvMTAuMTA1MS8wMDA0LTYzNjEvMjAyMDM4Njgw).

4. Finite memory time and anisotropy effects for initial magnetic energy growth in random flow
of conducting media, PRE, 104, N1, 015214,  2021 (E.A.Illarionov, D.D.Sokoloff).

5. Solar large-scale magnetic field and cycle patterns in solar dynamo, MNRAS, {\bf 504}, N4, 4990 -- 5000, 2021 (V.N. Obridko, V.V. Pipin, D.D. Sokoloff, A.S. Shibalova).

6. Small-Scale Dynamo in Accretion Discs, Astronomy Reports, 2021, Vol. 65, No. 10, pp. 1054–1056,  2021 (D.D.Sokoloff).

7. Некоторые нерешенные проблемы солнечного динамо, Изв.Крымск.Астрофиз.Обсерв. 117, № 1, 1–6 (2021), (Соколов Д.Д.).

8. Estimating the Energy of Solar and Stellar Superflares, Geomagnetism and Aeronomy, 2021, Vol. 61, No. 7, pp. 1063–1068 (M.M. Katsovaa, V.N. Obridkob,  D.D. Sokoloff, I.M. Livshits).

9. СОЛНЕЧНАЯ И ЗВЕЗДНАЯ АКТИВНОСТЬ
В ОЖИДАНИИ СЮРПРИЗОВ, Земля и вселенная, N 3,39 -- 51, 2021 (М.М.Кацова, Д.Д.Соколов).

10. Zonal harmonics of solar magnetic field for solar cycle forecast, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 2021 (V.N.Obridko, D.D.Sokoloff, V.V.Pipin, .S.Shibalva,.M.Livshits).

11. Origin of the continuous component of the variation in the solar and stellar activity spectra, Geomagnetism and Aeronomy, 2021, Vol. 61, No 7, 911-916 (D.D.Sokoloff, P.G.Frick).

ТЕЗИСЫ

12. Симметрии магнитного поля, возбуждаемого сферическим динамо экзопланет и их звезд, Физика плазмы в солнечной системе, М., ИКИ, 314, 2021 (Соколов Д.Д., Малова Х.В., Юшков Е.В.).

13. Генерация среднего магнитного поля в турбулентном неоднородном плазменном потоке, Физика плазмы в солнечной системе, М., ИКИ, 312, 2021 (Юшков Е.В., Аллахвердиев Р., Камалетдинов С.Р., Соколов Д.Д.).

14. Динамо и дискретный и непрерывный спектры солнечной и звездной активности «ИДЕИ С.Б. ПИКЕЛЬНЕРА И С.А. КАПЛАНА
И СОВРЕМЕННАЯ АСТРОФИЗИКА», М., ГАИШ, 36, 2021 (Соколов Д.Д.).

15. The Continuous Time Spectrum of Long-Term Activity of the Fast-Rotating K2 Dwarf V833 Tau, This is a Poster presented for The 20.5th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun ("Cool Stars 20.5"),
[https://zenodo.org/record/4561795\#.YDeHdvln3cc](https://mail.asc.rssi.ru/owa/redir.aspx?REF=OQUsUrCT52fWzoy56TFsgaOROzMsYS-IVsCIGhZ2SD4AJElARbfZCAFodHRwczovL3plbm9kby5vcmcvcmVjb3JkLzQ1NjE3OTVcIy5ZRGVIZHZsbjNjYw..), 2021 (Katsova M., Bondar' N., Stepanov R., Sokoloff D., Frick P.).

16. СРЕДНЕСРОЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ, Physics of auroral phenomena, Annaul seminar,  Submitted abstracts, 2021 (В.Н. Обридко, Д.Д. Соколов, В.В. Пипин, А.С. Шибалова).

17. Уравнения среднего поля и
турбулентного динамо в рамках мультипликативного подхода. XХII Зимняя школа
по механике сплошных сред, Пермь, ИМСС, 2021г. C. 49 (Аллахвердиев Р.Р., Юшков Е.В., Соколов Д.Д.).

18.  Рост магнитной энергии на начальной стадии
динамо, XХII Зимняя школа
по механике сплошных сред, Пермь, ИМСС, 2021г. С. 145 (Илларионов Е.А., Соколов Д.Д.).

19. Symmetries of Magnetic Fields Driven by Spherical Dynamos of Exoplanets and
Their Host Stars, Submillimeter and Millimeter Astronomy:
Objectives and Instruments, AstroSpaceCenter, Moscow, 78, 2021(D.Sokoloff).

 20. Форма солнечных циклов и спеднесрочные колебания солнечной активности, Физика плазмы в солнечной системе, М., ИКИ, 9, 2021 (Шибалова А.С., Соколов Д.Д., Обридко В.Н., Пипин В.В.).

21. What is natural to mean a cycle of stellar activity from the point of view of a stellar dynamo
concept? OBA Stars: Variability and Magnetic Fields, St-Petersburg, VVM, 22, 2021 (D.Sokoloff).

22.Циклические вариации активных
областей разных магнитоморфологических классов в 23-м и 24-
м циклах,  Астрономия в эпоху многоканальных
исследований, ГАИШ, 2021, 353 (Жукова А.В, Соколов Д.Д., Абраменко В.И., Хлыстова А.И.).

23. Проявление цикличности в процессах
солнечного динамо и вариации
солнечной активности
промежуточного масштаба, Астрономия в эпоху многоканальных
исследований, ГАИШ, 2021, 370 (Обридко В.Н., Пипин В.В.,
Соколов Д.Д., Шибалова А.С.).

24. Синтетическая широтно-временная
диаграмма для групп солнечных пятен,
нарушающих правило полярности
Хейла, и работа мелкомасштабного
динамо на Солнце, Астрономия в эпоху многоканальных
исследований, ГАИШ, 2021, 376 (Соколов Д.Д., Жукова А.В., Хлыстова А.И.,
Абраменко В.И.).

25. Чего мы не знаем, но хотели бы знать о природе магнитной активности Солнца, Магнетизм и активность Солнца и звезд -- 2021, КРАО, 2021, [https://sun.crao.ru/spisok-dokladov](https://mail.asc.rssi.ru/owa/redir.aspx?REF=ciW7nrhlbmSFd2vzyX5KvMcSGZBtCK-aNp2jSCvawf0AJElARbfZCAFodHRwczovL3N1bi5jcmFvLnJ1L3NwaXNvay1kb2tsYWRvdg..) (Д.Д.Соколов).

26. Энергетика солнечных и звездных всвспышек,  Магнетизм и активность Солнца и звезд -- 2021, КРАО, 2021, [https://sun.crao.ru/spisok-dokladov](https://mail.asc.rssi.ru/owa/redir.aspx?REF=ciW7nrhlbmSFd2vzyX5KvMcSGZBtCK-aNp2jSCvawf0AJElARbfZCAFodHRwczovL3N1bi5jcmFvLnJ1L3NwaXNvay1kb2tsYWRvdg..) (М.М.Кацова, В.Н.Обридко, Д.Д.Соколов, И.М.Лившиц).

27. Среднесрочные колебания солнечной активности, Магнетизм и активность Солнца и звезд -- 2021, КРАО, 2021, [https://sun.crao.ru/spisok-dokladov](https://mail.asc.rssi.ru/owa/redir.aspx?REF=ciW7nrhlbmSFd2vzyX5KvMcSGZBtCK-aNp2jSCvawf0AJElARbfZCAFodHRwczovL3N1bi5jcmFvLnJ1L3NwaXNvay1kb2tsYWRvdg..) (В.Н.Обридко, Д.Д.Соколов, В.В.Пипин, А.С.Шибалова).

28. Анализ широтно-временной зависимости анти-хейловских активных областей на основе синтетического цикла, КРАО, 2021, [https://sun.crao.ru/spisok-dokladov](https://mail.asc.rssi.ru/owa/redir.aspx?REF=ciW7nrhlbmSFd2vzyX5KvMcSGZBtCK-aNp2jSCvawf0AJElARbfZCAFodHRwczovL3N1bi5jcmFvLnJ1L3NwaXNvay1kb2tsYWRvdg..) (А.В.Жукова, А.И.Хлыстова, В.И.Абраменко, Д.Д.Соколов).

29. Статистические исследования количества и площадей анти-хейловских активных областей в период с 1989 по 2019 гг. Физика плазмы в солнечной системе, М., ИКИ, с. 16, 2021 (Жукова А.В., Хлыстова А.И., Абраменко В.Т., Соколов Д.Д.).

30. Medium-term oscillations of the solar activity, Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere, 2021, [http://ws-sozopol.stil.bas.bg/](https://mail.asc.rssi.ru/owa/redir.aspx?REF=IRuTCTFACVTOo0lk4OCle-iPGfu0kINHwA2BZuT7LB5JS0lARbfZCAFodHRwOi8vd3Mtc296b3BvbC5zdGlsLmJhcy5iZy8.)
(Obridko V.N., Sokoloff D.D., Pipin V.V., Shibalova A.S.).

31. Continuous component of solar activity spectrum and solar dynamo, Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere, 2021, [http://ws-sozopol.stil.bas.bg/](https://mail.asc.rssi.ru/owa/redir.aspx?REF=IRuTCTFACVTOo0lk4OCle-iPGfu0kINHwA2BZuT7LB5JS0lARbfZCAFodHRwOi8vd3Mtc296b3BvbC5zdGlsLmJhcy5iZy8.)
(Dmitry Sokoloff).

32.  Continuous component of solar and stellar activity spectra in light of
dynamo theory, Russian Conference on Magneto Hydrodynamics, Perm, ICMM, 2021, 91 (Sokoloff D., Frick P.).

33. Magnetic field symmetries in the frame of
spherical dynamo for exoplanets and host stars Russian Conference on Magneto Hydrodynamics, Perm, ICMM, 2021, 115 (Yushkov E., Malova H., Maiewski E., Sokoloff D.).

34.  Finite memory time and anisotropy effects for the initial stage of
dynamo process, Russian Conference on Magneto Hydrodynamics, Perm, ICMM, 2021, 33 (Illarionov E., Sokoloff D.).

35.  Dynamo model in anisotropic uniform turbulent
flow with shorttime correlations, Russian Conference on Magneto Hydrodynamics, Perm, ICMM, 2021, 115 (Yushkov E., Allahverdiyev R., Sokoloff D.).

36. Исследование анти-Хейловских активных областей в солнечном минимуме при помощи синтетического цикла, Солнечная и солнечно-земная физика-2021, СПб, 2021, 35 (Жукова А.В.,Хлыстова А.И., Абраменко В.И., Соколов Д.Д.)

37. Вклад анизотропии течения и конечного времени памяти в оценку скорости роста магнитной энергии
в случайном потоке проводящей среды, Солнечная и солнечно-земная физика-2021, СПб, 2021, 38-39 (Илларионов Е.А., Соколов Д.Д.).

38. Солнечные и звёздные вспышки: частота появления, свойства активных областей и эффективность
механизма динамо, Солнечная и солнечно-земная физика-2021, СПб, 2021, 43 (Обридко В.Н., Кацова М.М., Соколов Д.Д.).

39. Зональные гармоники солнечного магнитного поля как
индексы при прогнозировании солнечной цикличности, Солнечная и солнечно-земная физика-2021, СПб, 2021, 62-63 (Обридко В.Н., Пипин В.В., Соколов Д.Д., Шибалова А.С., Лившиц И.М.).

40. Звездное динамо и строение токовых слоев, Солнечная и солнечно-земная физика-2021, СПб, 2021, 76 (Соколов Д.Д., Малова Х.В., Маевский Е.В., Юшков Е.В., Попов В.Ю.).

41. Долговременная активность молодого карлика V833 TAU, Физика плазмы в солнечной системе, М., ИКИ, 21, 2021 (Кацова М.М., Бондарь Н.Н., Степанов Р.А., Соколов Д.Д., Фрик П.Г.).

42. Динамо-волны и звездные токовые слои, Звездообразование и
планетообразование, М., АКЦ ФИАН, 26, 2021 (Е.В.Маевский, Х.В.Малова, Д.Д.Соколов, В.Ю.Попов, Е.В.Юшков).

43. Галактическое и мелкомасштабное динамо как возможные
источники магнитного поля облаков, Звездообразование и
планетообразование, М., АКЦ ФИАН, 2021, 37 (Д.Д.Соколов).

**2) СА Балашев, КН Теликова, ДН Косенко**

ФТИ им. АФ Иоффе

Цикл работ, посвященных исследованию холодной фазы диффузной нейтральной среды в ранней Вселенной.

Публикации: 8 статей (A&A, MNRAS, ApJ, ApJL)

Аннотация:

Холодная фаза диффузного нейтрального газа является важным компонентом межзвёздной среды, так как представляет резервуар для формирования плотного молекулярного газа, в котором может инициироваться процесс звёздообразования. В данный момент развиваются методы анализа холодной фазы диффузной нейтральной среды на больших красных смещениях, связанные со спектроскопией квазаров в оптическом и радиодиапазонах. Работы, выполненные в 2021 году, развивают эти исследования:

1. Выполнен детальный анализ абсорбционных и эмиссионных линий, ассоциированных с DLA-системой-коронографом, содержащей молекулярный водород, в спектре квазара J0015+1842 с красным смещением z=2.631, полученного на телескопе VLT с использование спектрографа X-shooter. Анализ эмиссионных линий [O III], CIV и Lya показал, что кинематическая структура пространственно-протяженной компоненты, идентифицируемой в этих линиях, принадлежит истечению из квазара. Анализ абсорбционных линий H2, а также CI и SiII позволил оценить локальные физические условия в среде, ассоциированной с истечением из квазара. Показано, что молекулярный водород находится в холодной (T~100-200 K) и плотной фазе (n~10^4-10^5 cm^-3) на расстоянии ~10-20 кпк от активного ядра. Наблюдения этого квазара, полученные на интерферометре NOEMA на 3-мм, указывают на наличие большого количества молекулярного газа M\_H2∼ (3–17) × 10^10 M\_sun, идентифицируемого в линии CO (3-2). Необычайно высокая дисперсия скоростей ∼1000 км/с, измеряемая в линии CO предполагает недавный эпизод слияния в родительской галактике квазара.
2. Выполнен поиск молекул HD в абсорбционных системах с большими красными смещениями, содержащими H2, который позволил идентифицировать молекулы HD в четырёх новых системах с большим красным смещением. Используя измеряемую относительную распространённость молекул HD/H2, выполнены оценки скорости ионизации космическими лучами во всех 13 известных системах HD с большим красными смещениями. Получено, что скорость ионизации космическими лучами варьируется в диапазоне значений 10^{-15}-10^{-18}c^{-1} и выявлена квадратичная зависимость между измеряемыми скоростями ионизации космическими лучами и фоном УФ.
3. Предложено объяснение наблюдаемой бимодальности темпа охлаждения в линии [CII]158мкм, измеряемой в дэмпфированных лайман-альфа (DLA) системах c большими красными смещениями. Показано, что бимодальность естественным образом объясняется разделением нейтральной среды на тёплую и холодную фазу. Используя расчет фазовых диаграмм нейтральной среды, качественно воспроизведена зависимость измеряемого отношения CII\*/CII от металличности. Показано, что так как DLA c большими красными смещениями в основном ассоциированы с газом низкой металличности (Z≲0.1Z⊙), в котором нагрев определяется космическими лучами (и/или турбулентностью), а не фотоэлектрическим эффектом, то даже если газ в DLA системах находится преимущественно в холодной фазе, измерения CII\* можно использовать для определения скорости ионизации космическими лучами (и/или турбулентного нагрева), а не УФ-поля, как считалось ранее.
4. Получено аналитическое описание распространённости простейших молекул, содержащих кислород, в диффузной фазе межзвёздного среды. Показано, что измеряемое относительное содержание OH/HI в нашей галактике хорошо описывается характерными физическими условиями для диффузной межзвёздной среды: объемной концентрацией n=50-500 см^-3, фоном УФ излучения = 0.1-10 поля Дрейна (характерной величины поля вблизи солнечной системы) и скоростью ионизации космическими лучами (0.3-30)\times10^{-17} с^-1. Выполнена оценка функции распределения по лучевым концентрациям OH, а также ожидаемой частоты идентификации абсорбционных систем OH с красными смещениями z=0..1.5 в слепом обзоре неба MALS в рамках работы радиотелескопа следующего поколения MeerKAT.
5. Получены результаты первых наблюдений в обзоре MALS, выполняемого на телескопе MeerKAT. Новые наблюдения спектра известного квазара PKS 1830-211 позволили идентифицировать на z=0.89 линии-сателлиты молекулы OH с частотой 1612 и 1720 МГц. Анализ профилей этих линий указывает на наличие вынужденного излучения, что делает эту систему самым ярким и самым далёким мегамазером в линии OH.
6. Выполнен спектроскопический анализ абсорбционных линий в спектре сверхвысокого разрешения (R=140000) квазара HE0001-2340 (красное смещение z=2.26), полученном на телескопе VLT с использованием недавно установленного спектрографа нового поколения ESPRESSO: (i) показано наличие субструктуры профиля линии в абсорбционной системе FeI на z=0.45 и измерены допплеровские параметры двух разрешённых скоростных компонент линии ~0.3 км/с, что согласуется с характерными значениями кинетической температуры с холодном диффузном нейтральном газе T~100 К. (ii) Измерена средняя по компонентам кинетическая температура T=16000+/-1300 K в абсорбционной системе нейтрального водорода с z=2.19, используя оценки вклада теплового и турбулентного уширения в профиль линии. Сравнение с другими измерениями в системах нейтрального водорода на больших красных смещениях, указывает на то, что существует анти-корреляция между измеряемой температурой тёплой фазы и лучевой концентрацией атомарного водорода. (iii) получены ограничения на изотопическое отношение MgII в абсорбционных системах с z=0.45 и z=1.65 на уровне zeta = (26Mg+ 25Mg)/24Mg < 0.6 и <1.4, соответственно, что согласуется со стандартными значениями.

Публикации:

1. **Balashev S. A., Telikova K. N.**, Noterdaeme P., "C II\*/C II ratio in high-redshift DLAs: ISM phase separation drives the observed bimodality of [C II] cooling rates", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters, Volume 509, Issue 1, pp.L26-L30, 509, L26-L30, 2022
2. **Kosenko D. N., Balashev S. A.**, Noterdaeme P., Krogager J.-K., Srianand R., Ledoux C., "HD molecules at high redshift: cosmic ray ionization rate in the diffuse interstellar medium", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 505, Issue 3, pp.3810-3822, 505, 3810-3822, 2021
3. **Balashev S. A.**, Gupta N., **Kosenko D. N.**, "OH in the diffuse interstellar medium: physical modelling and prospects with upcoming SKA precursor/pathfinder surveys", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 504, Issue 3, pp.3797-3811, 504, 3797-3811, 2021
4. Noterdaeme P., **Balashev S.**, Ledoux C., Duchoquet G., López S., **Telikova K.**, Boissé P., Krogager J.-K., De Cia A., Bergeron J., "Sharpening quasar absorption lines with ESPRESSO. Temperature of warm gas at z ∼ 2, constraints on the Mg isotopic ratio, and structure of cold gas at z ∼ 0.5", Astronomy & Astrophysics, Volume 651, id.A78, 17 pp., 651, A78, 2021
5. Noterdaeme P., **Balashev S.**, Combes F., Gupta N., Srianand R., Krogager J.-K., Laursen P., Omont A., "Remarkably high mass and velocity dispersion of molecular gas associated with a regular, absorption-selected type I quasar", Astronomy & Astrophysics, Volume 651, id.A17, 5 pp., 651, A17, 2021
6. Combes F., Gupta N., Muller S., **Balashev S.**, Józsa G. I. G., Srianand R., Momjian E., Noterdaeme P., Klöckner H.-R., Baker A. J., Boettcher E., Bosma A., Chen H.-W., Dutta R., Jagannathan P., Jose J., Knowles K., Krogager J.-K., Kulkarni V. P., Moodley K., Pandey S., Petitjean P., Sekhar S., "PKS 1830-211: OH and H I at z = 0.89 and the first MeerKAT UHF spectrum", Astronomy & Astrophysics, Volume 648, id.A116, 12 pp., 648, A116, 2021
7. Noterdaeme P., **Balashev S.**, Krogager J.-K., Laursen P., Srianand R., Gupta N., Petitjean P., Fynbo J. P. U., "Down-the-barrel observations of a multi-phase quasar outflow at high redshift. VLT/X-shooter spectroscopy of the proximate molecular absorber at z = 2.631 towards SDSS J001514+184212", Astronomy & Astrophysics, Volume 646, id.A108, 19 pp., 646, A108, 2021
8. Gupta N., Jagannathan P., Srianand R., Bhatnagar S., Noterdaeme P., Combes F., Petitjean P., Jose J., Pandey S., Kaski C., Baker A. J., **Balashev S. A.**, Boettcher E., Chen H.-W., Cress C., Dutta R., Goedhart S., Heald G., Józsa G. I. G., Kamau E., Kamphuis P., Kerp J., Klöckner H.-R., Knowles K., Krishnan V., Krogager J.-K., Kulkarni V. P., Momjian E., Moodley K., Passmoor S., Schröeder A., Sekhar S., Sikhosana S., Wagenveld J., Wong O. I., "Blind H I and OH Absorption Line Search: First Results with MALS and uGMRT Processed Using ARTIP", The Astrophysical Journal, Volume 907, Issue 1, id.11, 24 pp., 907, 11, 2021

----------------------------------------------------------------------------------

**3) И.И. Зинченко**

ИПФ РАН

Двойное плотное вероятно вращающееся истечение от массивного МЗО

По данным наблюдений на ALMA обнаружено двухкомпонентное истечение от массивного молодого звездного объекта G18.88MME, состоящее из быстрой очень плотной коллимированной компоненты, окруженной медленным разреженным ветром. Обе компоненты демонстрируют поперечный градиент скорости, что указывает на вероятное вращение. Радиус запуска быстрого истечения в рамках магнитоцентробежного механизма оценивается от ~30 до ~1.4 а.е., что соответствует модели «дискового ветра». По совокупности характеристик истечение представляется уникальным.



Рис. 1. Измеренные на ALMA спектры плотности потока в линиях 13CO(2-1), SiO(5-4) и HC3N(24-23).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Контуры – истечение в разных линиях, изображение – континуум на 1.3 мм. | Диаграммы позиция-скорость вдоль истечения. Изображение – SiO, контуры 13CO (вверху) и HC3N (внизу) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Диаграммы позиция-скорость вдоль сечений С1-С4 в линиях SiO (изображение) и HC3N (контуры). |

Публикации

1) Zinchenko, I. I.; Dewangan, L. K.; Baug, T.; Ojha, D. K.; Bhadari, N. K. ALMA discovery of a dual dense probably rotating outflow from a massive young stellar object G18.88MME. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters, Volume 506, Issue 1, pp.L45-L49 (2021)

---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4) **М.С. Кирсанова, АФ Пунанова, АИ Буслаева, ДА Семенов, АИ Васюнин**

ИНАСАН, УрФУ, MPIA

Публикации: 2 статьи (MNRAS, АЖ)

Темная химия областей фотодиссоциации

Одно из удивительных астрохимических открытий последних лет состоит в том, что сложные органические молекулы наблюдаются не только в плотных молекулярных облаках, защищенных от ультрафиолетового (УФ) излучения, но и в существенно более жестких условиях, в том числе под действием интенсивного УФ излучения массивных звезд. Нами показано, что молекулы в таких условиях не только выживают, но также хранят историю звездообразования в родительских молекулярных облаках. Мы провели анализ линий излучения малоатомного углеводорода этинила (С2Н) и метанола (СН3ОН) — молекулы-предшественника сложной органики в фотодиссоциационных областях (ФДО) с умеренным УФ-полем — в комплексах звездообразования S235 и S255-257. Целью работы была оценка роли фотохимических процессов в образовании этих молекул в ФДО. Наибольшая концентрация метанола обнаружена в областях с интенсивностью поля, в 20-30 раз превышающей среднее межзвездное. Это означает, что десорбция метанола с поверхности пыли в газовую фазу происходит благодаря избытку энергии, который молекулы приобретают в процессе их формирования на пылинках. Концентрация С2Н в S255-257 неожиданно оказалась на порядок величины выше, чем в S235, хотя все эти ФДО облучаются массивными звездами одинакового спектрального класса. Нами показано, что отношение концентрации С2Н к концентрации СН3ОН в S235 до 25 раз меньше, чем аналогичное отношение в таких хорошо исследованных ФДО, как Конская голова и Барьер Ориона, и сравнимо со значением в горячих ядрах вокруг протозвезд солнечных масс. Газофазные ион-молекулярные реакции, а также реакции на поверхности пыли способны обеспечить наблюдаемые содержания молекул в S235 без привлечения специфической фотохимии: ФДО наследуют молекулы из предыдущей стадии темного молекулярного облака, продолжительность которой должна была существенно превышать сто тыс. лет. В 2022 году планируется провести астрохимическое моделирование ФДО S255-257 для того, чтобы выяснить, является ли обилие этинила в нем экстремальным.



Рис 2: Зависимость содержания С2Н от содержания СН3ОН в ФДО S235. Цветом показана интенсивность УФ-поля.

Публикации:

Kirsanova M.S., Punanova A.F., Semenov D.A., Vasyunin A.I., Dark cloud-type chemistry in PDRs with moderate UV field // Mon.Not.R.Astron.Soc. --- 2021.--- Vol. 507. - P. 3810-3829

Buslaeva A.I., Kirsanova M.S., Punanova A.F., Ethynyl around the HII regions S255 and S257 // Astronomy Reports --- 2021.--- Vol. 65. - P. 488-497

---------------------------------------------------------------------------------------------------

**5) АЕ Вольвач, ЛН Вольвач, МГ Ларионов**

1 ФГБУН «Крымская астрофизическая обсерватория РАН»

**2** Астрокосмический центр Физического института им. П.Н. Лебедева РАН

Публикации: 1 статья (MNRAS)

Составная мощная короткая вспышка в линии водяного пара в протозвездной двойной системе солнечных масс с протопланетными дисками IRAS 16293-2422

С использованием радиотелескопа РТ-22 (Симеиз) проведен многолетний мониторинг и обнаружены вспышки в линии водяного пара на частоте 22.235 ГГц (616 – 523) в направлении на двойную систему из близких солнечных масс с протопланетными дисками IRAS 16293-2422.

Зарегистрирована составная мощная вспышка чрезвычайно короткой продолжительности (~12 дней). Необычная мощная короткая мазерная вспышка произошла на вершине более продолжительной, но менее мощной вспышки, возможно, инициировав мощное мазерное излучение более короткой вспышки.

Впервые обнаружена конфигурация из трех излучающих мазерных скоплений, расположенных на луче зрения наблюдателя. Это позволило подтвердить одну из гипотез об активации водных мазеров, основанную на увеличении длины усиления мазера компонентами, расположенными на луче зрения наблюдателя. Подтверждено ненасыщенное состояние двух самых мощных мазерных вспышек и получены некоторые важные параметры мазера воды.



Рис. 3. Мониторинг вспышечных явлений в источнике IRAS 16293-2422

с марта 2020 г. по февраль 2021 г.

Такие результаты получены в мировой практике впервые!

Результаты опубликованы:

A.E. Volvach, L. N. Volvach, M.G. Larionov Composite powerful short flare of water maser emission in IRAS 16293-2422 // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters, 2021, Vol. 507, Pages L52-56.

ПФНИ: 1.3.7.3. Физика звезд и компактных объектов.

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**6) ИЕ Вальтц, ОС Баяндина, МА Щуров, НН Шахворостова,**

АКЦ ФИАН

Публикации: 2 статьи (АЖ, ApJS)

1. Структура мазера Н2О в NGC 2071 IRS 1 по наблюдениям на наземно-космическом радиоинтерферометре «РадиоАстрон»

М. А. Щуров, И. Е. Вальтц, Н. Н. Шахворостова

Область звездообразования NGC 2071 в созвездии Ориона, в которой наблюдаются скопления газа вокруг молодых источников, джеты, крупномасштабное истечение вещества, компактные протозвездные диски и различные молекулярные мазеры, была одной из основных целей исследований межзвездных мазеров H2O в рамках международной космической миссии «РадиоАстрон».

70-минутный сеанс наблюдений проводился 11 января 2014 г. с использованием 10-м космического радиотелескопа (КРТ) и наземной сети, состоящей из трех антенн: 64-м радиотелескопа в г. Калязин (Московская область, Россия), 32-м радиотелескопа в г. Торунь (Польша) и 32-м радиотелескопа в г. Медичина (Италия). Наблюдения проводились на частоте мазера H2O 22.2280 ГГц с полосой регистрации 16 МГц (~ 215 км/с).

Получены изображения 13 мазерных пятен в 6 спектральных деталях кросс-спектра. Размер области, занимаемый этими компонентами, составляет ~(100х100) мсек дуги, или ~(40х40) а.е., при расстоянии до туманности 390 пк, т.е примерно размер Солнечной системы. Корреляция на уровне надежности 6σ была обнаружена на космической базе (2.9 ED) между радиотелескопами КРТ-Медичина и КРТ-Торунь для одной спектральной детали на скорости VLSR = 14.3 км/с.

Анализ поведения функции видности в зависимости от проекций баз Космос-Земля и наземных баз для этого мазерного пятна показал, что наилучшее приближение достигается в двухкомпонентной модели, состоящей из двух составляющих мазерного излучения - протяженной и компактной (в предположении сферически симметричной структуры пространственных компонентов). Получены оценки размеров этих составляющих, соответственно: 1.56 а.е. (что сопоставимо с размером орбиты Земли) с погрешностью 30% и 0.023 а.е. (примерно размер небольших звезд типа Солнца) с погрешностью 50 %.

2. Обзор полной выборки метанольных мазеров I класса северного полушария на

18 см на VLA с целью поиска признаков столкновительной накачки

в мазерном сателлите ОН(1720).

O. S. Bayandina, I. E. Val'tts,S. E. Kurtz , and N. N. Shakhvorostova

Исследование 80 метанольных мазеров I класса (cIMM), ассоциированных с областями звездообразования (SFR), было проведено во всех четырех линиях основного состояния молекулы OH на длине волны 18 см. Выполнены наблюдения на интерферометре VLA (НРАО, США) в C-конфигурации с целью проверки гипотезы о том, что биполярные истечения вещества, связанные с аккреционными процессами при звездообразовании, приводят к возникновению пространственно совпадающих метанольных мазеров I класса на частоте 44 ГГц и мазеров OH на частоте 1720 МГц.

Линии ОН обнаружены в 40 источниках (50%) выборки. Для всех обнаруженных источников получены интерферометрические позиции и представлены карты. Мазерное излучение ОН зарегистрировано в направлении 38 источников на частоте 1665 МГц (48%) и в направлении 29 источников на частоте 1667 МГц (36%). Мазерная линия OH на частоте 1612 МГц обнаружена у 11 источников (14%). Мазерная линия на 1720 МГц была обнаружена в 16 источниках (20%). Излучение континуума на 20 см было зарегистрировано в направлении 22 источников (28% от 80 cIMM).

По данным обзора, медианное расстояние между источниками континуума на 20 см и положением мазера OH (включая мазеры OH (1720)) составляет 0.08 пк, что аналогично размеру ~0.1 пк сверхкомпактных областей HII. Пространственная ассоциация мазеров ОН на частоте 1720 МГц и cIММ не обнаружена, и это не противоречит результатам, полученным для окрестностей сверхновых (SNR), где оба типа мазеров отслеживают ударный газ, но возникают не в одном и том же объеме.

В большинстве случаев наблюдаемые свойства обнаруженных мазеров ОН(1720) указывают на наличие радиационной накачки. Однако полученной информации недостаточно, чтобы исключить возможность столкновительной накачки мазеров OH(1720) в областях идентификации с cIMM. Проверка возможного совместного существования мазеров OH (1720) и cIMM при столкновительной накачке в ​​областях звездообразовании желательна с использованием численного моделирования.

Публикации:

1. М. А. Щуров, И. Е. Вальтц, Н. Н. Шахворостова, Структура мазера Н2О в NGC 2071 IRS 1 по наблюдениям на наземно-космическом радиоинтерферометре «РадиоАстрон», АЖ 2021, 98, №7, 531-549, DOI: [10.31857/S0004629921070057](https://doi.org/10.31857/S0004629921070057)

**2.** O. S. Bayandina , I. E. Val'tts, S. E. Kurtz , N. N. Shakhvorostova,Search for collisionall pumped 1720 MHz OH masers in star-forming regions: a VLA survey of 18 cm OH masers toward 80 Class I Methanol Masers, The Astrophysical Journal Supplement Series. 2021, 256, Id. 7, 15 pp., DOI: 10.3847/1538-4365/ac09f3.

---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**7) С.В. Каленский**

Астрокосмический центр ФИАН им. Лебедева

Публикации: 1 статья (Труды конфеенции ВАК), подготовлена статья (ApJ)

“СПЕКТРАЛЬНЫЙ ОБЗОР ОБЛАСТИ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ W51E1/E2 в 4-мм ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН”.

Завершена обработка и анализ результатов спектрального обзора области массивного звездообразования W51e1/e2 в диапазоне длин волн 4 мм, выполненного на 20-м радиотелескопе в Онсале. (Швеция). Обнаружено излучение 84 молекул, начиная с простых двух- и трехатомных, таких как SO, SiO, CCH, до сложных органических молекул (COM), таких как CH3OCH3, CH3CH2OH и C2H5OOCH. Найдены дейтерированные соединения DCN, DNC, DCO. Значительная доля обнаруженных молекул типична для горячих областей. К ним относятся нейтральные молекулы CH3OCHO, CH3CH2OH, CH3COCH3 и др., которые существующими в газовой фазе в горячих ядрах и в газе, нагретом ударными волнами. Для большинства этих молекул получены значения вращательной температуры 100 – 150 K. Некоторые COM были обнаружены с помощью суммирования отдельных спектральных линий, что позволяет обнаруживать даже молекулы, индивидуальные линии которых не видны под шумами. Однако, несмотря на значительный выигрыш в чувствительности, который дает использование этого метода, ни одна молекула, ранее не наблюдавшаяся в межзвездной среде, не была найдена. Причины этой неудачи до сих пор не ясны.

Сделан доклад на конференции ВАК-2021.

Результаты работы опубликованы в Трудах конференции.

По результатам работы подготовлена статья для опубликования в Astrophysical Journal.

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**8) СА Хайбрахманов, АЕ Дудоров, НС Каргальцева, АГ Жилкин**

УрФУ, ЧелГУ, ИНАСАН

Публикации: 2 статьи (АЖ, КСФ ФИАН)

## Иерархическая структура коллапсирующих магнитных вращающихся протозвездных облаков

## Хайбрахманов С. А.1,2, Дудоров А.Е.1,2, Каргальцева Н.С.1,2

1Уральский федеральный университет, 2Челябинский государственный университет

Численно промоделирован гравитационный коллапс магнитных вращающихся протозвездных облаков массой $1$ и $10M\_{⊙}$. Моделирование выполнено в широком диапазоне начальных параметров облака с помощью двумерного магнитогазодинамического кода Enlil. Показано, что к концу изотермической стадии коллапса облако приобретает иерархическую структуру. Под действием электромагнитной силы протозвездное облако сплющивается вдоль направления магнитного поля. Внутри этой сплюснутой геометрически толстой оболочки образуется геометрически и оптически тонкий первичный диск в квазимагнитостатическом равновесии. В дальнейшем в центре первичного диска формируется первое гидростатическое ядро, вблизи которого магнитостатическое равновесие нарушается и образуются истечения. Первичные диски образуются, если начальная магнитная энергия облака превышает 20% от гравитационной энергии. Они являются долгоживущими структурами, размер и масса которых увеличиваются в процессе эволюции. Обнаруженная в расчетах иерархическая структура коллапсирующих протозвездных облаков может быть выявлена в наблюдениях по геометрии магнитного поля и распределению углового момента.

Публикации:

1. С.А. Хайбрахманов, А.Е. Дудоров, Н.С. Каргальцева, А.Г. Жилкин Моделирование изотермического коллапса магнитных протозвездных облаков // Астрон. Ж. – 2021. – Т. 98. – Н.8. – С. 681–693. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46350968> (дата обращения: 27.08.2021).

2. Н.С. Каргальцева, С.А. Хайбрахманов, А.Е. Дудоров, А.Г. Жилкин Первичные диски и их наблюдательные проявления в коллапсирующих магнитных вращающихся протозвездных облаках // Краткие сообщения по физике ФИАН. – 2021. – Т. 48. – № 9. – С. 19–25. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46436751> (дата обращения: 17.09.2021)

---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Ускорение космических лучей в остатках сверхновых

 Исследовано ускорение космических лучей в остатках сверхновых на протяжении всей эволюции остатка сверхновой. Учитываются лучистые потери и ионизация газа ультрафиолетовым излучением остатка на поздних этапах эволюции. Показано, что эффективность ускорения частиц увеличивается на радиационной стадии. Это приводит к изменению наклона итогового спектра частиц при энергиях 100-500 ГэВ.

 В.Н. Зиракашвили, В.С.Птускин. Ускорение космических лучей в остатках сверхновых с неоднородным распределением плотности. Известия РАН, сер. физ. Т.85, № 4, с.494-497

В.Н. Зиракашвили, В.С.Птускин, С.И.Роговая, Определение спектров эволюционирующих пространственно распределенных источников космических лучей сверхвысоких энергий. Известия РАН, сер. физ. Т.85, № 4, с.498-500