Цикл работ по теме "Рентгеновское и радио излучение скоплений галактик"

1) Коллектив авторов: Н.С. Лыскова, Е.М. Чуразов
2) "Рентгеновское и радио излучение скоплений галактик"
3) Публикации:

- Churazov E., Rudnick L., Khabibullin I. I., Brienza M., Schekochihin A., Uzdensky D., "Fast and "lossless" propagation of relativistic electrons along magnetized nonthermal filaments in galaxy clusters and the Galactic Center region" A&A, 705, (2026), (https:dx.doi.org/10.1051/0004-6361/202556619)

- Churazov E., Khabibullin I. I., Lyskova N., Sunyaev R. A., Dolag K., "Perseus cluster in its X-ray entirety with SRG/eROSITA: Merger and radio-uroboroses" A&A, 707, (2026), (https:dx.doi.org/10.1051/0004-6361/202556614)

- Khabibullin I., Churazov E., Lyskova N., Bikmaev I., Irtuganov E., Suslikov M., Zaznobin I., Forman W. R., Kraft R., Sunyaev R., Moiseev A., Sarkisyan A., "New galaxy cluster in the Zone of Avoidance SRGe CL0512.7+3712. Discovery and multi-wavelength characterization", A&A, принято в печать (2026), (https:dx.doi.org/10.48550/arXiv.2605.24648)

- Botteon A., Brienza M., Rajpurohit K., Lyskova N., Churazov E., Khabibullin I., Pasini T., O'Sullivan E., Brunetti G., De Gasperin F., De Rubeis E., Gastaldello F., Hoang D. N., Kraft R., Schellenberger G., Sunyaev R., van Weeren R. J., Vazza F., "The Treble Clef radio phoenix and its old nonthermal filaments" A&A, (2026), принято в печать, (https:dx.doi.org/10.48550/arXiv.2607.06659)
- Zhang C., Churazov E., Khabibullin I., Lyskova N., Werner N., Zhuravleva I., "A minimalist merger interpretation of XRISM gas velocity measurements in the Coma cluster" A&A, 711, (2026), (https:dx.doi.org/10.1051/0004-6361/202658895)
- Heinrich A., Zhuravleva I., Churazov E., Zhang C., Rogantini D., McCall H., van Weeren R. J., Forman W. R., "The major cluster merger in Abell 2034 as seen by XRISM: Strong turbulence and spectral anomalies?" OJAp, 9, (2026), (https:dx.doi.org/10.33232/001c.168514)

4) Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность

Многоволновые наблюдения скоплений галактик (в рентгеновском, оптическом, миллиметровом и радио- диапазонах) являются важнейшим элементом исследования слабостолкновительной плазмы в этих объектах (например, процессы переноса и ускорения частиц), а также позволяют измерять такие свойства скоплений, как масса, температура, и скорости газа, динамическое состояние. Это, в свою очередь, позволяет использовать скопления как инструмент для измерения космологических параметров Вселенной и исследовать процессы переноса и релаксации в экстремальном диапазоне параметров.

5) Конкретная решаемая в работе задача и ее значение

Основная задача цикла - использовать новые данные в рентгеновском и радио-диапазонах для измерения темпа диссипации энергии и характере турбулентности в газе скоплений, а также получение ограничений на распространение космических лучей в скоплениях.

6) Используемый подход, его новизна и оригинальность

Главным источником новой информации стали измерения профилей линий излучения высокозарядных ионов железа с помощью криогенных болометров рентгеновской обсерватории XRISM, позволяющие определять скорости движений газа, а также глубокие наблюдения скоплений в радио-диапазоне. При этом данные СРГ/eРОЗИТА предоставляют информацию о крупномасштабных структурах скоплений, позволяя определять их динамическое состояние. Помимо этого, данные рентгеновского обзора неба позволяют открывать новые массивные скопления, в частности в области плоскости Галактики, где повышенная плотность фоновых источников и избыток межзвездного поглощения препятствуют обычным способам нахождения и исследования таких объектов.

7) Полученные результаты и их значимость

а) Предложена новая модель межгалактической среды в скоплениях галактик, в которой наряду с тепловой плазмой со слабым магнитным полем (beta ~ 100), занимающей 99% объема, присутствуют филаменты с нетепловой плазмой и сильным полем. Именно вдоль таких филаментов распространение космических лучей не ограничено медленной Альвеновской скоростью в тепловой плазме и позволяет “синхронизовать” спектры релятивистских электронов на больших масштабах.

б) Проведены измерения скоростей и корреляционных масштабов движений газа в ярчайших скоплениях Perseus и Coma. Построены теоретические модели, объясняющие свойства наблюдаемых движений сочетанием энерговыделения сверхмассивных черных дыр и слиянием скоплений.

в) Предложен механизм возникновения аномальных отношений потоков в линиях излучения высокозарядных ионов железа. При прохождении ударных волн со звуковым числом Маха ~3 в малоплотном газе скоплений, неравновесная степень ионизации и разница в температурах ионов и электронов приводят к аномальному соотношению потоков в разрешенной и запрещенной линиях гелие-подобных ионов железа. Такие измерения дают возможность исследовать процессы релаксации в горячем газе.

г) Открыты и исследованы два новых массивных скопления галактик SRGe CL0512.7+3712 и SRGe J0318.9+5755 в области избыточного поглощения. Предложена и протестирована методология поиска подобных объектов на основе комбинации данных рентгеновских, радио и инфракрасных обзоров неба. Применение этой методики к уже существующим данным обзоров СРГ/eРОЗИТА, LOFAR, 2MASS, и UKIDSS должно привести к открытию нескольких десятков объектов, существенно дополнив картину крупномасштабной структуры близкой Вселенной ($z<0.1$). Распределение и свойства этих объектов могут быть напрямую сравнены с предсказаниями космологических симуляций со специально подобранными начальными условиями.