**Российские ученые исследовали распределение элементов внутри скоплений галактик**

*Сотрудник Института космических исследований (ИКИ) РАН совместно с зарубежными коллегами проанализировал современные методы исследования и моделирования химического состава горячего межгалактического газа в скоплениях галактик. Работа поможет лучше понять эволюцию его химического состава. Исследования* [*поддержаны*](http://rscf.ru/prjcard/?rid=17-22-00023) *грантом Российского научного фонда (РНФ). Работа ученых* [*опубликована*](https://doi.org/10.1007/s11214-018-0557-7) *в журнале Space Science Reviews.*

«В последние годы расчеты химических свойств межгалактической среды в современных космологических гидродинамических моделях преуспели в воспроизведении большого разнообразия наблюдательных признаков. Мы показали необходимость объединения усилий наблюдательных и численных методов исследования химического состава межгалактического газа для более эффективной работы с огромным объемом данных, производимым современными и будущими рентгеновскими космическими обсерваториями», – говорит автор исследования, кандидат физико-математических наук, сотрудник отдела астрофизики высоких энергий ИКИ РАН Павел Медведев.

Скопления галактик представляют собой самые массивные, связанные гравитационными силами объекты во Вселенной, основной компонент которых – оболочка темной материи, составляющая около 90% массы скоплений. В оптическом диапазоне скопления видны в виде концентрации галактик на небе, общее число которых может достигать тысяч или даже десятков тысяч. Тем не менее, масса галактик составляет лишь около 1% полной массы таких систем. Гораздо больший вклад вносит межгалактический газ, в котором сосредоточена основная доля барионной материи скоплений. При падении на скопление газ заполняет межгалактическую среду, разогревается до высоких температур (несколько десятков миллионов градусов) и проявляет себя преимущественно за счет излучения в рентгеновском диапазоне длин волн.

С момента появления первых теорий ядерного синтеза, происходящего в звездах, хорошо известно, что практически все химические элементы тяжелее гелия – продукты термоядерных процессов в этих небесных телах на разных этапах их эволюции. Это означает, что все строительные блоки материи, необходимые для образования новых звезд, скалистых планет и даже жизни, когда-то были созданы в ядрах звезд и во время взрывов сверхновых. Поскольку химические элементы имеют разные атомные массы, а следовательно, и разные энергии связи, процессы, ответственные за их формирование, могут существенно различаться. Согласно современным представлениям, углерод и азот в основном производятся звездами малой массы, в то время как элементы с промежуточными атомными номерами (от 8 до 30) должны формироваться в сверхновых типа Ia и в сверхновых с коллапсирующим ядром. Считается, что более тяжелые элементы (с атомным номером больше 30) производятся при процессах быстрого захвата нейтронов, главным образом в результате слияния нейтронных звезд, а также в медленных процессах захвата в основном у звезд асимптотической ветви гигантов. С этой точки зрения изучение химического обогащения межгалактической среды с момента ее образования дает бесценную информацию об эволюции вещества во Вселенной, истории звездообразования и свойствах взаимодействия галактик с окружающим их газом.

В своей работе исследователи рассмотрели современные модели формирования и эволюции состава межгалактического газа, а также указали на ограничения существующих моделей. Ученые сравнили теоретические предсказания и результаты наблюдений, полученные современными рентгеновскими космическими обсерваториями.

Общая картина свидетельствует о раннем обогащении газа тяжелыми элементами в период формирования скоплений галактик. На это указывает как однородность обогащения, наблюдаемая для широкого диапазона масс систем на больших пространственных масштабах, так и неизменность во времени химического состава межгалактического газа.