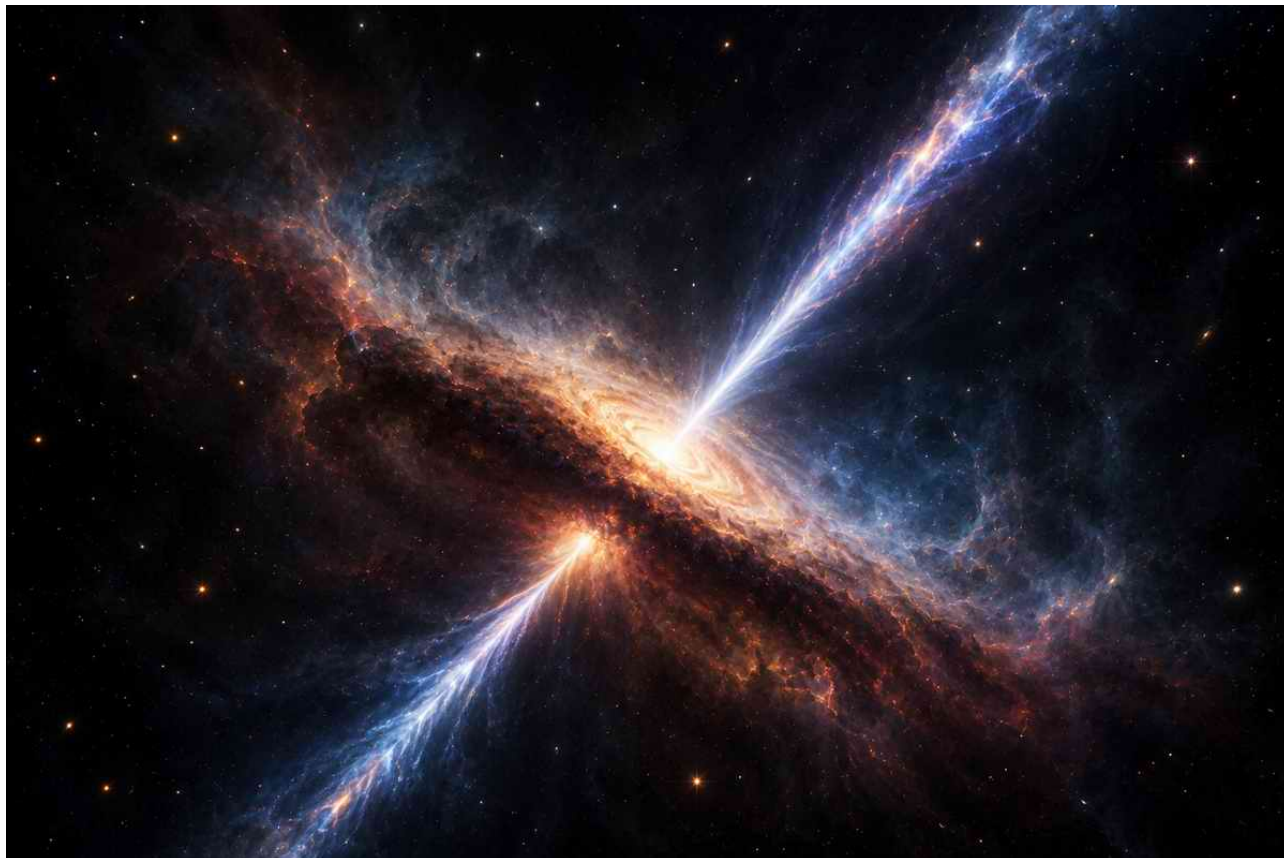


Двадцать лет наблюдений за блазаром поставили под сомнение существующие теории: астрономы обнаружили новые загадки



Дата публикации: 07.08.2026

Во Вселенной существуют объекты, способные излучать энергии, значительно превосходящие возможности любых земных источников. Одними из самых загадочных считаются блазары — активные галактики, в центре которых расположены сверхмассивные черные дыры. Когда гигантские струи раскаленной плазмы, выбрасываемые из окрестностей черной дыры почти со скоростью света, оказываются направлены в сторону Земли, астрономы наблюдают необычайно яркий объект, светимость которого может меняться буквально за часы или даже минуты. Новое исследование показало, что после двадцати лет наблюдений блазары стали еще большей загадкой, чем раньше.

Работа выполнена международной группой ученых из Гейдельбергского университета и Института ядерной физики Польской академии наук. Исследователи подробно изучили блазар PKS 2155-304, расположенный примерно в полутора миллиардах световых лет от Земли в направлении созвездия Южной Рыбы. Результаты опубликованы в журнале *Journal of High*

Energy Astrophysics.

Блазары относятся к числу самых активных объектов во Вселенной. В центре таких галактик находится сверхмассивная черная дыра, масса которой в миллионы или даже миллиарды раз превышает массу Солнца. Огромные объемы газа и пыли, падая на черную дыру, разогреваются до экстремальных температур, а часть вещества выбрасывается вдоль полюсов в виде узких джетов. Если один из таких потоков направлен практически точно на Землю, галактика воспринимается как чрезвычайно яркий точечный источник излучения.

Особенность блазаров заключается в том, что они испускают энергию практически во всем электромагнитном спектре: радиоволны, инфракрасное излучение, видимый свет, ультрафиолет, рентгеновские лучи и гамма-излучение. При этом яркость объекта непрерывно меняется, причем в разных диапазонах спектра изменения могут происходить совершенно по-разному. Именно эта изменчивость делает изучение подобных объектов чрезвычайно сложной задачей.

До настоящего времени большинство моделей строилось на основе сравнительно коротких наблюдательных кампаний, продолжавшихся несколько дней или недель. Однако исследователи решили взглянуть на проблему иначе и объединили данные почти за двадцать лет. Для этого использовались наблюдения американских космических обсерваторий Swift и Fermi, регистрировавших оптическое, ультрафиолетовое, рентгеновское и гамма-излучение.

Такой длительный временной интервал позволил увидеть процессы, которые остаются незаметными при кратковременных наблюдениях. Именно здесь ученых ожидал главный сюрприз. Оказалось, что наиболее распространенные современные модели, предполагающие существование одной зоны излучения и одной популяции высокоэнергетических электронов, способны объяснить поведение блазара лишь на коротких временных промежутках. На масштабах многих лет реальная картина оказывается значительно сложнее.

Если бы источником оптического и рентгеновского излучения были одни и те же электроны, изменения яркости в разных диапазонах должны были происходить синхронно или с небольшой задержкой. Однако анализ двадцатилетних данных практически не выявил устойчивой долгосрочной связи между этими процессами. Это означает, что различные области джета могут работать независимо друг от друга или же в излучении участвуют сразу несколько физических механизмов.

Еще одна неожиданность связана с рентгеновским диапазоном. Обычно во время мощных вспышек блазар начинает испускать больше высокоэнергетических рентгеновских фотонов, и спектр становится более «жестким». Подобная закономерность наблюдается у многих известных объектов этого класса. Однако PKS 2155-304 нарушил и это правило. За двадцать лет наблюдений исследователи не обнаружили ожидаемого поведения, что ставит под сомнение универсальность существующих моделей ускорения частиц.

Не менее интересными оказались результаты анализа полного энергетического спектра. Обычно спектр блазаров имеет два выраженных максимума. Первый связывают с синхротронным излучением электронов, движущихся в мощных магнитных полях. Второй объясняется либо обратным комптоновским рассеянием, при котором электроны передают энергию фотонам, либо процессами с участием протонов и других адронов.

Однако в данных за 2012 год ученые обнаружили дополнительный провал в спектре, который невозможно объяснить стандартными моделями. Причем это необычное явление возникло не во время яркой вспышки, а в относительно спокойный период активности объекта. Такое поведение может свидетельствовать о существовании ранее неизвестного физического процесса внутри джета.

Особое внимание исследователей привлекла возможность того, что обнаруженная особенность связана с адронными процессами. Если эта гипотеза подтвердится, блазары могут оказаться важнейшими источниками высокоэнергетических космических нейтрино — почти неуловимых элементарных частиц, способных проходить сквозь целые планеты практически без взаимодействия с веществом.

Интерес к этой теме возник не случайно. Несколько лет назад нейтринная обсерватория IceCube зарегистрировала поток высокоэнергетических нейтрино, совпавший по направлению с другим блазаром — TXS 0506+056. Тогда это стало одним из первых серьезных свидетельств того, что подобные объекты действительно способны производить самые энергичные частицы во Вселенной. Новые результаты могут усилить эту гипотезу.

Авторы исследования подчеркивают, что полученные данные демонстрируют необходимость перехода к принципиально новому подходу в изучении активных галактик. Вместо коротких наблюдательных кампаний требуется долговременный непрерывный мониторинг сразу во многих диапазонах электромагнитного спектра. Только так можно проследить, как меняются физические процессы внутри релятивистских джетов на протяжении многих лет.

Чем дольше астрономы наблюдают за блазарами, тем очевиднее становится, что эти объекты устроены значительно сложнее, чем предполагалось ранее. Вместо подтверждения существующих теорий двадцатилетний анализ принес целый ряд новых вопросов. Именно такие неожиданные открытия нередко становятся отправной точкой для создания новых моделей, способных глубже объяснить природу самых мощных источников энергии во Вселенной.

Ссылка: «20 лет наблюдений: PKS 2155-304 и PKS 1510-089 глазами Swift и Fermi. I. Случай PKS 2155-304» DOI: [10.1016/j.jheap.2026.100688](https://doi.org/10.1016/j.jheap.2026.100688).