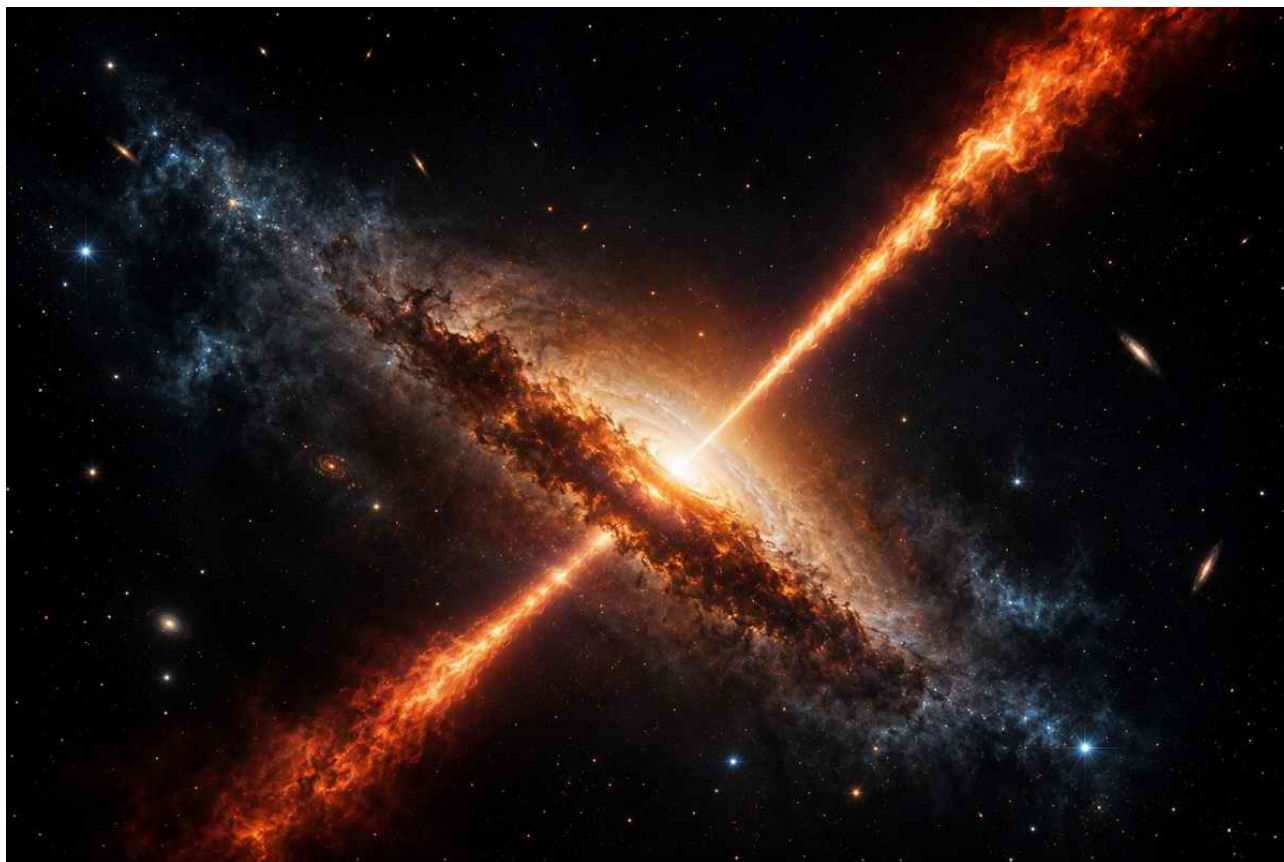


Умирующие радиогалактики раскрыли, как быстро исчезают гигантские джеты черных дыр



Дата публикации: 19.08.2026

Сверхмассивные черные дыры способны создавать одни из крупнейших структур во Вселенной. Когда вещество активно падает на черную дыру в центре галактики, часть энергии может выбрасываться в виде двух узких релятивистских джетов. Они простираются на сотни тысяч и даже миллионы световых лет, формируя гигантские области радиоизлучающей плазмы. Но что происходит, когда центральный двигатель неожиданно выключается?

Новое исследование показывает, что «загробная жизнь» таких структур может оказаться значительно короче и динамичнее, чем предполагалось. Астрономы изучили 14 кандидатов в так называемые остаточные радиогалактики — системы, в которых активное галактическое ядро уже перестало снабжать джеты энергией.

После отключения черной дыры огромные радиолопасти не исчезают мгновенно. В них остается плазма, содержащая релятивистские электроны и магнитные поля, поэтому галактика некоторое время продолжает светиться в

радиодиапазоне. Однако частицы постепенно теряют энергию, радиоизлучение ослабевает, и бывший гигант становится все труднее обнаружимым.

Чтобы проследить этот процесс, исследователи объединили наблюдения нескольких мощных радиотелескопов, включая MeerKAT, uGMRT, LOFAR, GMRT и Very Large Array. Диапазон частот от 144 МГц до 1,5 ГГц позволил изучить изменение спектра радиоизлучения и определить приблизительный возраст частиц внутри галактических лопастей.

Подробное моделирование подтвердило, что 12 из 14 исследованных объектов действительно являются остаточными радиогалактиками. Еще два источника пришлось переклассифицировать как активные. Это показывает, насколько сложно определить состояние далекой галактики по наблюдениям только на одной или нескольких радиочастотах.

Наиболее неожиданным оказался возраст обнаруженных объектов. Общий спектральный возраст подтвержденных остатков составлял примерно от 8 до 42 миллионов лет, а медианное значение — около 12 миллионов лет. Для космических структур такого масштаба это сравнительно небольшой срок.

Результат предполагает существование популяции молодых и быстро исчезающих радиогалактик, которую предыдущие исследования могли просто не замечать. Если остаток быстро теряет яркость, период, в течение которого земные телескопы способны его зарегистрировать, оказывается коротким. В астрономических каталогах поэтому могут преимущественно присутствовать наиболее яркие и долгоживущие представители этой стадии.

При этом исследованные галактики находились на разных этапах угасания. По оценкам ученых, остаточная стадия занимала от нескольких процентов до большей части общей продолжительности радиоактивной фазы отдельных объектов. Некоторые джеты, вероятно, отключились относительно недавно, тогда как другие системы уже значительно продвинулись по пути угасания.

Особенно интересную закономерность исследователи обнаружили при сравнении возраста объектов с их красным смещением. Чем дальше находилась радиогалактика, тем моложе в среднем выглядел ее наблюдаемый остаток. Одним из возможных объяснений является влияние реликтового излучения — космического микроволнового фона, заполняющего всю Вселенную.

В далеком прошлом плотность энергии реликтового излучения была выше. Быстрые электроны в радиолопастях взаимодействовали с его фотонами и эффективнее теряли энергию посредством обратного комптоновского рассеяния. Поэтому древние радиогалактики могли после отключения джетов тускнеть особенно быстро.

Это создает своеобразный космический эффект отбора. Чем дальше находится остаточная радиогалактика, тем меньше времени она остается достаточно яркой для обнаружения. Старые остатки на больших красных смещениях могут существовать физически, но становиться практически невидимыми для современных наблюдений.

Карты спектрального возраста также показали, что радиолопасти продолжают изменяться после прекращения работы джетов. В крупных структурах ученые обнаружили закономерные градиенты возраста плазмы, свидетельствующие о ее перемещении и постепенном старении. В более компактных объектах картина оказалась сложнее, вероятно, из-за влияния окружающего газа и неоднородных магнитных полей.

Изучение таких «космических призраков» важно для понимания жизненного цикла сверхмассивных черных дыр. Активное ядро не обязательно работает непрерывно миллиарды лет. Оно может включаться, создавать мощные джеты, затем затихать и спустя некоторое время снова становиться активным. Остаточные радиогалактики позволяют восстановить хронологию этих циклов.

Эти процессы влияют не только на саму черную дыру. Джеты переносят колоссальное количество энергии в межгалактическую среду, нагревают газ и способны воздействовать на дальнейшее образование звезд. Поэтому продолжительность активной и остаточной стадий необходима для построения точных моделей эволюции галактик.

В будущем количество известных остатков должно резко увеличиться. Особенно большие надежды астрономы связывают с радиоинтерферометром Square Kilometre Array. Его чувствительность позволит обнаруживать чрезвычайно слабые структуры, которые сегодня остаются невидимыми, и выяснить, насколько распространена короткая «загробная жизнь» джетов сверхмассивных черных дыр.

Ссылка: «Спектральный возраст кандидатов в радиогалактики из остатков галактик в поле XMM-LSS» DOI: [10.1093/mnras/stag1328](https://doi.org/10.1093/mnras/stag1328).