

Третий межзвездный объект 3I/ATLAS, ненадолго заглянувший в Солнечную систему, изменил химический состав комы после сближения с Солнцем. Данные наблюдений, полученные с помощью телескопа «Субару», подарили астрономам редкую возможность буквально «снять слои» с межзвездного тела и понять, как оно сформировалось и менялось за время своего бесконечного путешествия.

Внимание астрономов 3I/ATLAS привлек сразу после обнаружения в июле 2025 года. Такие тела встречаются очень редко и считаются «капсулами времени», прибывшими к нам из других звездных систем. Интересно, что до сближения с Солнцем химический состав третьего межзвездного объекта сильно отличался от привычных комет: соотношение углекислого газа (CO_2) к воде было аномально высоким — примерно в несколько раз выше, чем у типичных объектов Солнечной системы.

В одном исследовании это значение статистически сильно выбивалось из нормы, что указывало на необычную историю формирования межзвездного гостя или последующей переработки вещества. Вот почему в новой работе ученые решили проследить, как именно меняется состав кометы после прохождения перигелия — момента, когда нагрев Солнцем максимален.

Для этого астрономы использовали спектроскопию высокого разрешения с помощью телескопа «Субару». Вместо прямого наблюдения молекул воды и CO_2 исследователи проанализировали так называемые запрещенные линии атомарного кислорода — слабые спектральные сигналы на длинах волн около 557,7 нанометров (зеленая линия) и 630-636,4 нанометра (красные линии).

Они возникают, когда солнечное ультрафиолетовое излучение разрушает молекулы в коме объекта, а по их соотношению можно восстановить, какие именно молекулы присутствовали изначально.

Выяснилось, что после перигелия вклад CO_2 заметно снизился, то есть соотношение стало ближе к значениям, характерным для водяных комет. При этом полное исчезновение углекислого газа не наблюдалось — его доля оставалась повышенной, но не доминирующей. Это важный момент: речь идет не о случайной флуктуации, а о систематическом изменении состава по мере нагрева.

Дополнительные наблюдения также показали, что другие характеристики кометы например, цвет и пылевая активность, менялись одновременно. Судя по всему, поверхность 3I/ATLAS эволюционировала, выбрасывая вещество при приближении к светилу. Более того, усиление «покраснения» и изменения спектра пыли согласуются с

идеей о том, что наружные слои объекта сдуваются, обнажая более «свежий» материал.

Наиболее правдоподобное объяснение — слоистая структура ядра. Авторы исследования, принятого к публикации в *The Astrophysical Journal Letters*, предположили, что за миллионы лет в межзвездном пространстве верхние слои кометы обогащались углекислым газом и другими летучими веществами. При нагреве эти слои испаряются первыми, создавая иллюзию углекислой кометы на раннем этапе развития. Когда они исчезают, проявляется более глубокий слой, где доминирует вода — более типичный компонент кометного льда.

Такое «переключение» состава особенно важно. Оно показывает, что химия межзвездных объектов — не просто отражение условий их рождения, а результат длительной эволюции в галактической среде. Наблюдая, как именно меняется состав 3I/ATLAS в реальном времени, астрономы фактически получают доступ к внутренней структуре объекта без посадки аппаратов и многолетних миссий.