



**КЛАУДИО МАККОНЕ**, РУКОВОДИТЕЛЬ НАПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ АКАДЕМИИ АСТРОНАВТИКИ (IAA) И ПРЕДСЕДАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО КОМИТЕТА IAA ПО SETI (ПОИСКУ ВНЕЗЕМНОГО РАЗУМА):

«Где бы в космосе ни были разумные существа вроде нас, они будут стремиться исследовать Вселенную. И они, и мы хотим пролить свет на самые дальние уголки космоса. Для этой цели мы строим все более мощные телескопы различных типов. Но по мере накопления знаний любая цивилизация начинает понимать, что природой дан ей великий дар: линза столь мощная, что никакая приемлемая технология не способна повторить ее или превзойти. Эта линза – звезда цивилизации, в нашем случае – Солнце. Гравитация любой звезды искривляет пространство, влияя на траекторию любой частицы или волны таким образом, что создает изображение объекта, как это делают знакомые нам обычные линзы».

«Полеты и коммуникации в глубоком космосе: использование Солнца в качестве гравитационной линзы» (2009)

# Глаз Солнца

Первые телескопы имели диаметр 20 мм и фокусное расстояние около метра. Новейшие астрономические инструменты, такие как строящийся гигант TMT, имеют диаметр 30 м и фокусное расстояние почти в полкилометра. Но как насчет телескопа, сравнимого по размерам с Солнечной системой? **Текст: Дмитрий Мамонтов**



Эффект искривления световых лучей массивным телом был впервые предсказан Эйнштейном в 1912 году, еще до публикации ОТО. В 1935 году чешский инженер Мандл написал Эйнштейну письмо, в котором предположил, что близкие звезды могут работать как гравитационные линзы, искривляя свет от более далеких светил. В 1936 году в журнале Science был опубликован ответ Эйнштейна: он развивал теорию подобной линзы, но выражал сомнения в возможности ее экспериментального наблюдения из-за редкости конфигурации и малой разрешающей способности оптических инструментов. Эйнштейн ошибся.

### Кольца Эйнштейна

В 1979 году группа астрономов (Деннис Уолш, Роберт Карсуэлл и Рей Вейман) обнаружила с помощью 2,1-метрового телескопа Национальной обсерватории Китт-Пик в Аризоне двойной квазар QSO 0957+561 A/B, причем оба компонента располагались очень близко и были схожи по характеристикам. Это оказался один квазар, «раздвоенный» с помощью гравитационного линзирования далекой галактикой. А в 1987 году Жаклин Хьюит из MIT с помощью радиотелескопа VLA впервые зарегистрировала изображение далекого радиисточника, превращенное с помощью гравитационной линзы в так называемое кольцо Эйнштейна. Сегодня известно множество гравитационных линз, превращающих далекие объекты в двойные, в части колец, кольца и двойные кольца.

### Миссия в фокус

Между тем все известные сегодня гравитационные линзы – это массивные галактики. Но ведь звезды тоже могут работать как гравитационные линзы. Ближайший гравитационный фокус нашего Солнца (точка, из которой можно наблюдать кольцо Эйнштейна вокруг него) находится на расстоянии 550 а.е. Поэтому еще в 1979 году Вон Эшле-

ман из Стэнфордского университета предложил концепцию космического аппарата, который можно было бы отправить в «гравитационный фокус» Солнца. Позднее эту идею рассматривали многие известные ученые, а в 1990-х в нее вдохнул новую жизнь итальянский астроном Клаудио Макконе, предложивший миссию FOCAL (Fast Outgoing Cylopean Astronomical Lens) – отправить космического аппарата в гравитационный фокус Солнца.

### Ложка дегтя

Впрочем, не следует ожидать запуска FOCAL в ближайшие десятилетия. Учитывая, что отправленный в 1977 году Voyager 1 за почти 40 лет полета достиг границы гелиопаузы и находится всего лишь в 135 а.е. от Солнца, полет такого аппарата продлится более 50 лет, даже если лететь именно к ближайшей точке гравитационного фокуса в 550 а.е. Это минимальное расстояние, но если мы действительно хотим рассмотреть что-либо, нужно использовать более широкое кольцо Эйнштейна, а для этого лучше лететь еще дальше, чтобы избавиться от помех со стороны солнечной короны (диск звезды можно закрыть с помощью коронографа или оккультера, как это сделано в современных солнечных телескопах).

Но это далеко не единственная трудность. Существует большая проблема с наведением аппарата: чтобы «повернуть» такой телескоп на градус при минимальном радиусе в 550 а.е., космический аппарат с системой регистрации изображения должен переместиться на 10 а.е, то есть на расстояние от Земли до Сатурна. Фактически его можно использовать для наблюдения одного объекта, причем цель должна быть выбрана еще до запуска. Потенциальным кандидатом может стать какая-нибудь недавно открытая экзопланета. Впрочем, размер изображения планеты величиной с Землю на расстоянии около десяти световых лет в фокальной плоскости составляет многие километры.

### Одна вместо тысяч

Однако возможности гравитационной линзы Солнца чрезвычайно велики. В одной из своих книг Макконе пишет: «Такая линза способна формировать изображения, для которых нам понадобились бы тысячи обычных телескопов. Она способна дать чрезвычайно детализированную картину далеких звезд и галактик. Можно только гадать, сколько гравитационных линз в настоящий момент сканируют Вселенную, собирая потоки информации». **ITM**

**ИЗОБРАЖЕНИЕ ДАЛЕКОЙ ГАЛАКТИКИ** с помощью гравитационного линзирования Солнцем представляется нам в виде кольца Эйнштейна. При этом точка точно на оптической оси отображается во внутреннюю окружность. Любая другая точка отображается дважды (зеркально) – внутри и снаружи центрального круга кольца. Существует зеркальная неопределенность (невозможно отличить «лево» от «право»), но ее можно преодолеть, если точек наблюдения много. Само кольцо довольно узкое (2,5 угловой секунды на расстоянии 550 а.е.), но современные телескопы позволяют рассмотреть такую картинку.

ОТОБРАЖЕНИЕ ПОЛОС ПОВЕРХНОСТИ ЭКЗОПЛАНЕТЫ НА КОЛЬЦО ЭЙНШТЕЙНА ВОКРУГ СОЛНЦА

