

## НАБЛЮДАТЕЛЬНАЯ АСТРОНОМИЯ: СТАТУС 2020

© 2020 г. В. Г. Сурдин<sup>1),2),3)\*</sup>

Поступила в редакцию 13.04.2020 г.; после доработки 13.04.2020 г.; принята к публикации 13.04.2020 г.

Кратко обсуждаются достижения, перспективы и проблемы современной наблюдательной астрономии.

DOI: 10.31857/S0044002720050190

### ВВЕДЕНИЕ

Астрономия — наука наблюдательная [1]. И хотя в XX в. у астрономов появилась возможность прямого изучения объектов Солнечной системы с помощью космических зондов, происходит это эпизодически, стоит дорого и доступно далеко не всем странам [2]. С другой стороны, современные технологии сделали оптические телескопы доступными не только профессиональным астрономам, но и любителям науки, также вносящим свой вклад в общие усилия по изучению Вселенной [3]. Даже при исследовании Солнечной системы основной поток фактического материала до сих пор дают наземные оптические наблюдения, а космические зонды лишь в отдельных направлениях дополняют их (бесценными!) данными прямых измерений [4]. Судя по всему, изучение объектов за пределом Солнечной системы еще долго будет осуществляться методами дистанционных наблюдений [5].

Мечта астрономов — ежесекундно контролировать все небо во всех диапазонах электромагнитного спектра (и в других каналах тоже!) с максимально возможным угловым, временным и энергетическим разрешением и при этом надежно сохранять полученные данные в архивах. Мы постепенно приближаемся к реализации этой мечты, хотя есть еще нерешенные проблемы.

### УСПЕХИ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ АСТРОНОМИИ

Телескопы — оптические и радио — в определенном смысле “дотянулись” до границ Метагалактики, и мы теперь в целом неплохо представляем себе “географию” Вселенной [6]. Наблюдения

во всех диапазонах электромагнитного спектра, по-видимому, открыли нам все основные типы излучающих космических тел. Во всяком случае, удалось обнаружить все теоретически предсказанные космические объекты: нейтронные звезды, черные дыры (излучение рождается вблизи них), гигантские газовые молекулярные облака, планеты у других звезд (экзопланеты) и, наконец, связующее звено между планетами и звездами — коричневые карлики.

Помимо электромагнитного канала наблюдений надежные результаты уже дают и другие каналы — нейтринный и гравитационно-волновой [7]. Надежно зарегистрирован полный поток нейтрино от Солнца, чем независимо подтверждена теория внутреннего строения звезд; при этом открыты осцилляции нейтрино, доказывающие, что у “неуловимой” частицы есть масса покоя. Методом прямой регистрации обнаружены гравитационные волны и с большой вероятностью указаны их источники — слияние массивных релятивистских объектов. Кроме этих теоретически предсказанных явлений, наблюдениями выявлены не ожидавшиеся сущности — темная материя и темная энергия, изучение свойств которых продолжается.

Можно сказать, что к концу XX в. была практически решена задача космографии — описательной части науки о Вселенной. За первые два десятилетия нового века не были обнаружены новые типы космических объектов, хотя новые явления, разумеется, были открыты. Примеры тому — быстрые радиовсплески и гравитационно-волновые импульсы. Но их объяснение теоретики ищут среди возможных проявлений уже известных типов объектов, таких как нейтронные звезды и черные дыры.

Похоже, что возможности наблюдателей сейчас начинают опережать фантазию теоретиков, поскольку заказы на поиск принципиально новых излучающих объектов от теоретиков не поступают. Таким образом, у астрономов наконец-то есть основания думать, что они достаточно полно представляют поле своих исследований,

<sup>1)</sup>Физический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

<sup>2)</sup>Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ, Москва, Россия.

<sup>3)</sup>Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, Москва, Россия.

\*E-mail: vsurdin@gmail.com

пространственно-временной масштаб Вселенной и весь “зоопарк” населяющих ее объектов. Если говорить о носителях темной материи, то возможности наблюдательной астрономии для их поиска практически исчерпаны, и дальнейший прогресс ожидается от методов экспериментальной физики.

### НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ АСТРОНОМИИ

Что же мешает реализации мечты астрономов? Мы еще далеки от возможности контролировать все небо, поскольку площадь небесной сферы составляет 41 253 квадратных градуса, что равно 210 100 площадям лунного или солнечного дисков. А площадь поля зрения у большинства крупных телескопов значительно меньше площади лунного диска. Разумеется, существуют широкоугольные объективы небольшого размера (all-sky камеры), но их угловое разрешение и проникающая сила совершенно недостаточны для решения серьезных астрономических задач. Поэтому сейчас рассчитаны оптические схемы и уже начато строительство сложных зеркально-линзовых телескопов большого диаметра (более 8 м) с большим полем зрения (около 10 квадратных градусов), которые будут способны за несколько ясных ночей зафиксировать изображение всего неба вплоть до объектов 24–25 звездной величины.

Помимо обзоров неба, необходимо детально исследовать отдельные объекты, и тут у оптической астрономии немало проблем. До середины XIX в. приемником света был глаз человека, поэтому прогресс астрономических наблюдений происходил за счет роста качества и размера объектива телескопа. Затем были созданы фотопроектор и спектральный анализ, после чего вплоть до первых десятилетий XX в. прогресс астрономии стал зависеть от качества фотоэмульсии и механической системы телескопа, дающей возможность точного гидирования при длительных экспозициях. Когда и в этом были достигнуты пределы, продолжился рост диаметров телескопов: 2.5 м, 5 м, 6 м ... Однако на смену фотопластинке пришли полупроводниковые матрицы, и рост их квантовой эффективности позволил продолжать прогресс, не создавая новые телескопы. Но с замедлением роста эффективности фотоприемников пришлось вернуться к созданию более крупных телескопов: 8 м, 10 м, 12 м ...

Уже достигнут почти 100-процентный квантовый выход фотоматриц, поэтому для дальнейшего продвижения требуются новые телескопы диаметром 25–40 м, чрезвычайно дорогие и высокотехнологичные. И они сейчас создаются. Лидирует в этом направлении телескоп Европейской южной

обсерватории в Чили ELT с объективом диаметром около 40 м и эффективной площадью около 1000 м<sup>2</sup>. Если его строительство закончится успешно (по плану в 2025 г.), то к концу десятилетия в астрономии произойдет новый прорыв.

Космический телескоп “Хаббл” продемонстрировал колоссальный рост четкости изображений при отсутствии искажающего влияния атмосферы. Но космические телескопы дороги, и астрономы ищут аналогичные возможности на Земле. Все лучшие места для установки телескопов на планете уже найдены и осваиваются. Поэтому для дальнейшего прогресса требуются технические решения. Самое перспективное из них — адаптивная оптика. Исправление малых полей зрения с использованием мягких управляемых зеркал и лазерной “искусственной звезды” (laser guide star) на крупнейших телескопах мира уже освоено. Очередь за многолазерными системами, способными исправлять поля большого размера.

Хотя оптическая астрономия по-прежнему остается лидером по сбору полезной информации, в других диапазонах и каналах наблюдений также есть свои достижения и проблемы. Например, до сих пор не исследована длинноволновая область радиодиапазона, поскольку волны длиннее 15–20 м не проникают сквозь ионосферу к поверхности Земли, а разворачивать в космосе длинные антенны непросто (хотя попытки были). Есть надежда создать длинноволновые радиотелескопы на обратной стороне Луны. Первый эксперимент в этом направлении уже проведен в 2019 г. с помощью китайского аппарата “Чанъэ-4”.

### ПЕРСПЕКТИВЫ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ АСТРОНОМИИ

Основные направления развития наблюдательной астрономии ныне и в ближайшие годы таковы:

- создание систем роботизированных телескопов для быстрого реагирования на кратковременные явления;
- создание обзорных телескопов большого диаметра для поиска малых и далеких объектов Солнечной системы;
- использование внеатмосферных приборов для расширения электромагнитного спектрального диапазона (в частности, в область длинных радиоволн);
- многообъектная спектроскопия для картирования структуры Вселенной;
- спектроскопия высокого разрешения для исследований в области астросейсмологии и поиска экзопланет;
- создание наземных и космических звездных коронографов для изучения областей неба вблизи

ярких звезд (в частности, для изучения экзопланетных систем);

- использование космических платформ для высокоточной астрометрии и фотометрии;
- совершенствование систем адаптивной оптики;
- совершенствование межконтинентальных и создание наземно-космических интерферометров миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов;
- увеличение чувствительности нейтринных детекторов путем увеличения их объема;
- расширение частотного диапазона и увеличение чувствительности гравитационно-волновых детекторов путем создания криогенных твердотельных приемников (высокие частоты) и крупномасштабных систем в космическом пространстве (низкие частоты).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание телескопов-роботов и крупных обзорных телескопов увеличивает поток регистрируемых данных на несколько порядков. Проблемы их передачи и хранения в пределах Земли пока не возникает, а вот трансляция на Землю данных от космических телескопов уже становится проблемой. Еще большей проблемой становится обработка этих данных и классификация объектов.

Например, это уже коснулось классификации переменных звезд и морфологических типов галактик [8, 9]. Профессиональных астрономов в мире мало: большинство из них — члены Международного астрономического союза (МАС, IAU), объединяющего около 14 тыс. человек. Астрономы справлялись с “ручной” классификацией и

предварительным исследованием объектов, пока ежегодно обнаруживались тысячи новых. В начале XXI в. большие фотографические и фотометрические обзоры стали поставлять сотни тысяч новых объектов, для классификации которых, используя возможности интернета, пришлось обратиться к помощи “волонтеров” — любителей астрономии. Но в ближайшее время речь пойдет о сотнях миллионов и даже миллиардах новых объектов, с обработкой данных которых смогут справиться только самообучающиеся системы искусственного интеллекта.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Небо и телескоп*, под ред. В. Г. Сурдина (Физматлит, Москва, 2019).
2. *Солнечная система*, под ред. В. Г. Сурдина (Физматлит, Москва, 2018).
3. В. Г. Сурдин, *Разведка далеких планет* (Физматлит, Москва, 2017).
4. *Астрономия: век XXI*, под ред. В. Г. Сурдина (Век-2, Фрязино, 2015).
5. С. Попов, *Вселенная. Краткий путеводитель по пространству и времени: от Солнечной системы до самых далеких галактик и от Большого взрыва до будущего Вселенной* (АНФ, Москва, 2019).
6. В. Г. Сурдин, *Вселенная от А до Я* (Эксмо, Москва, 2012).
7. *Многоканальная астрономия*, под ред. А. М. Черепашука (Век-2, Фрязино, 2019).
8. *Звезды*, под ред. В. Г. Сурдина (Физматлит, Москва, 2013).
9. *Галактики*, под ред. В. Г. Сурдина (Физматлит, Москва, 2019).

## OBSERVATIONAL ASTRONOMY: STATUS 2020

V. G. Surdin<sup>1),2),3)</sup>

<sup>1)</sup> Faculty of Physics, M.V. Lomonosov Moscow State University, Russia

<sup>2)</sup> Sternberg Astronomical Institute Moscow University, Russia

<sup>3)</sup> Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute), Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The achievements, prospects, and problems of the modern observational astronomy are briefly discussed.