

Астрономия: История и перспективы



Григорий Верещагин,
профессор международной
научной организации
ИКРАНет (сеть международных
центров релятивистской
астрофизики), доктор
физико-математических наук

В современном обществе представление об астрономии по-прежнему ассоциируется со звездами, кометами, планетами и со странными людьми, посвящающими свою жизнь изучению неба над головой и проводящими ночи за телескопами. Такое мнение сложилось не в последнюю очередь благодаря знаниям, полученным в школе, программа которой достаточно инертна и невосприимчива к переменам. Частично ответственны за такое положение дел и сами астрономы, неохотно занимающиеся популяризацией своей науки. Лишь некоторые из последних достижений – открытие планет вне Солнечной системы и гравитационных волн – проникли в медиaproстранство в достаточной степени, чтобы о них стало известно широкой общественности. Между тем за последние десятилетия в астрономии, по большей части ставшей астрофизикой, произошли кардинальные перемены как в методах, так и в принципах работы. Это привело к радикальному изменению наших представлений о динамике Вселенной, формах и состояниях заполняющей ее материи, а также о физических процессах в далеких ее уголках, отголоски которых доходят до нашей планеты и непосредственно влияют на происходящие на ней события.



Рис. 3. Телескоп Галилео Галилея «Perspicillum» с диаметром объектива 4,5 см и увеличением 32х (доступном в современной любительской цифровой фотокамере), позволивший ему совершить революционные для своего времени открытия



Рис. 1. Камень Солнца, изображающий космогонию ацтеков. В центре – Бог Солнца, его окружает изображение календаря. Национальный музей антропологии, Мехико



Рис. 2. Антикитерский механизм, (приблизительно 100-й г. до н. э.). Этот «аналоговый компьютер» использовался для расчета движения небесных тел и позволял узнать дату астрономических событий. Археологический музей в Афинах. Фото автора

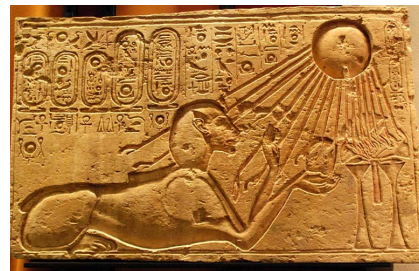


Рис. 4. Фараон Эхнатон как сфинкс и Солнце с лучами, заканчивающимися ладонями. Амарна, 18-я династия, 1340 г. до н.э. Музей Кестнера, Ганновер

Издrevле люди подмечали связь событий на небе с тем, что происходит на Земле. Первым важным достижением любой древней цивилизации наряду с письменностью было создание календаря (рис. 1), необходимого для сельскохозяйственной деятельности, то есть для обеспечения, как сегодня выражаются, продовольственной безопасности. Для его разработки необходимо было проводить длительные и систематические наблюдения за небом. Мегалитические сооружения типа знаменитого Стоунхенджа, а также сложные артефакты вроде Антикитерского механизма (рис. 2) позволяют судить о роли астрономии в жизни древних обществ и о прогрессе соответствующих технологий. Уточнения календаря, невозможные без развития астрономии, продолжались до недавних пор. Так, сейчас мы живем по григорианскому календарю (хотя православная церковь еще использует юлианский, введенный в Римской империи Юлием Цезарем), созданному при папе Римском Григории XIII благодаря организации Ватиканской обсерватории (кстати, Великое Княжество Литовское в составе Речи Посполитой перешло на него одним из первых, в 1582 г., а Россия – одной из последних, чуть больше 100 лет назад, в 1918 г.).

Обращение к современной астрономии (и науке в целом) совпало с коперниканской революцией и утверждением гелиоцентрической системы мира. Уже применение телескопа Галилеем (рис. 3) позво-

лило ему открыть горы на Луне, спутники Юпитера, кольца Сатурна, фазы Венеры и обнаружить, что Млечный Путь состоит из множества звезд. Теория всемирного тяготения, созданная Ньютоном, подвела под астрономические наблюдения физическую базу. Она объяснила эмпирические законы движения небесных тел, установленные Кеплером, и позволила открыть новые планеты в Солнечной системе. В XIX в. при помощи спектроскопических методов удалось установить химический состав поверхности Солнца и других звезд. Настоящий расцвет астрофизики последовал за революцией в физике в первой половине XX в.

Именно благодаря развитию физики, давшей миру, в частности, ядерную энергетику и ядерное оружие, удалось установить, что источником энергии Солнца и других звезд являются термоядерные реакции. Оказалось, что звезды – одни из самых стабильных объектов во Вселенной – способны генерировать излучение в оптической (видимой) области электромагнитного спектра на протяжении миллиардов лет. Именно свет в видимом диапазоне длин волн способен переводить молекулы в возбужденное состояние (а не разрушать их как более жесткое излучение) и осуществлять гидролиз воды, лежащий в основе цепи химических реакций фотосинтеза, который, в свою очередь, является ключевым для поддержания разнообразия жизни на Земле. То, что свет Солнца для этого важен, понимали еще древние египтяне (рис. 4), но то, как именно он образуется, удалось понять совсем недавно. Излучение

и тепло в ядре светила выделяются благодаря превращению водорода в гелий, причем это излучение очень жесткое и находится в гамма-области спектра. По мере распространения внутри Солнца излучение остывает и доходит до его поверхности по прошествии сотен тысяч лет, уже находясь в видимой области спектра; в этом качестве оно и излучается звездой. Таким образом, Солнце – это очень простой и стабильный «светильник», питающийся термоядерной энергией и существующий за счет гравитации. Кстати, в результате цикла жизнедеятельности звезды ее масса уменьшается на несколько процентов (вследствие дефекта массы), а большая часть водорода не выгорает. Этот водород, выброшенный в окружающее пространство взрывом сверхновой звезды либо мощным звездным ветром, может быть использован следующей звездой, которая сформируется из такого «пепла». Так и образовалась наша Солнечная система со всеми планетами, включая Землю.

Известно, что для получения информации о процессах, происходящих в солнечном ядре, электромагнитное излучение не подходит, поскольку плазма Солнца непрозрачна для него. На помощь приходят солнечные нейтрино, регистрируемые в подземных лабораториях. Их исследование подтвердило правильность представлений о ходе термоядерных реакций в центре светила, за что в 2002 г. была присуждена Нобелевская премия по физике. Сейчас усилия ученых сосредоточены на возможности использования термоядерной энергии, ведь ее источник – водород, из которого состоят океаны Земли, – практически неисчерпаем. Дальнейшее развитие нейтринной астрономии позволило обнаружить нейтринные осцилляции, за что в 2015 г. была присуждена еще одна Нобелевская премия по физике. Дело в том, что это явление свидетельствует о наличии массы у нейтрино, что не согласуется со стандартной моделью физики частиц, наиболее полной физической теорией, объясняющей все известные свойства микромира. Более того, ограничения на массу нейтрино, полученные из анализа космологических данных, намного сильнее, чем данные длительных и скрупулезных лабораторных измерений. Очевидно, астрономия давно перестала полагаться лишь на наблюдения за небом в оптический телескоп: регистрируются все доступные сигналы, а не только электромагнитное излучение. В этом смысле говорят о наступлении эры полисигнальной астрономии (multi-messenger astronomy) с регистрацией электромагнитных, нейтринных, гравитационных сигналов и космических лучей.

Но звезды – не совсем стационарные объекты. Даже у Солнца существуют циклы активности, когда яркость звезды незначительно изменяется; наиболее известен из них 11-летний цикл. На основе изучения закономерностей движения замагниченной плазмы внутри Солнца была создана модель, позволяющая понять причины возникновения и поддержания циклов на этой звезде. Известно, что это оказывает глобальное влияние на климат и, возможно, даже порождает такие явления, как Эль-Ниньо. Более длительные вариации солнечной активности, вероятно, также связаны с изменением климата. Кроме циклов хорошо известны нерегулярные события на Солнце: вспышки и корональные выбросы, способные вызывать геомагнитные бури на Земле, которые приводят к помехам в радиосвязи и могут привести к блэкаутам на больших территориях. Сильные бури, хоть и случаются редко, могут привести к выходу из строя космических аппаратов и серьезным авариям в работе наземных электрических сетей. А последствия таких событий для современной цивилизации сложно переоценить. К счастью, для нас Солнце – относительно спокойная звезда. Оказывается, что взрывы, происходящие на других, значительно более удаленных от нас звездах, настолько сильны, что способны отозваться и на Земле. Конец эволюции массивной звезды сопровождается катастрофическим взрывом, при котором внешние ее слои выбрасываются в космическое пространство. При этом ее яркость возрастает в сотни миллионов раз, поэтому такие взрывы сверхновых звезд в нашей Галактике, происходящие примерно раз в 400 лет, можно видеть даже невооруженным глазом (рис. 5). Еще более мощные взрывы, так называемые гамма-всплески (см. статью Е. Деришева в этом выпуске), происходящие на границе видимой нами области Вселенной, способны вызывать сильные возмущения в ионосфере Земли. Исследования показывают, что Земля подвержена влиянию различных космических событий. В 1994 г. мир взволнованно наблюдал за последствиями падения частей кометы Шумейкер-Леви-9 на Юпитер. Образовавшиеся в атмосфере планеты-гиганта структуры, размером сравнимые с Землей, не исчезали месяцами (рис. 6). Какие будут последствия, если подобное столкновение произойдет с Землей? Известно, что вымирание динозавров 65 млн лет назад совпало по времени с падением большого метеорита в районе нынешнего полуострова Юкатан, в результате чего образовался кратер Чиксулуб диаметром около 200 км. А на территории Беларуси находится один из крупнейших ударных кратеров Европы – Логойская астроблема

диаметром около 15 км. Ввиду такой космической угрозы идут активные разработки программы обнаружения потенциально опасных астероидов, а здесь необходима глобальная координация усилий ученых. Большинство таких объектов могут прибыть из области между Марсом и Юпитером, называемой поясом астероидов, либо из пояса Койпера за орбитой Нептуна. Однако недавно был обнаружен космический объект П/Оумуамуа, попавший в Солнечную систему из межзвездного пространства. Кстати, первый рукотворный объект (зонд «Вояджер-1», запущенный в далеком 1977 г. и посетивший окрестности Юпитера и Сатурна) недавно достиг границ Солнечной системы и вышел в межзвездное пространство.

Кроме электромагнитного излучения на Землю из космоса приходят также заряженные частицы высоких энергий – космические лучи, открытые в начале XX в. Большая часть относительно медленных частиц долетают к нам от Солнца; частицы более высоких энергий поступают от различных объектов Галактики. Источники самых быстрых частиц расположены далеко за ее пределами. Энергии таких космических лучей намного превышают энергии частиц, достигаемые в лабораторных ускорителях, таких как Большой адронный коллайдер. Существуют предположения, что молнии связаны с космическими лучами. Более того, возможно, даже климат на планете зависит от интенсивности бомбардировки Земли космическими лучами, возникающими при взрывах далеких сверхновых звезд.

Все эти открытия указывают на то, что события, происходящие в космосе на огромных расстояниях от нас, оказывают непосредственное влияние

на климат и биосферу и могут представлять потенциальную опасность как для человеческой цивилизации, так и для самого существования жизни на Земле. Некоторые ученые утверждают, что единственный способ спастись от космических угроз – покинуть Землю и начать колонизировать далекие миры. Такого мнения придерживался, в частности, Стивен Хокинг. Но каковы эти миры и как до них добраться?

До сих пор космические путешествия, живописно представленные фантастами в XX в., не стали обыденностью. Полеты на орбите Земли стали рутинной, но дальше Луны космонавты еще не забирались. Даже вторая попытка отправиться на Луну спустя 50 лет – очень серьезный и дорогостоящий международный проект. К тому же кроме финансового аспекта есть еще один.

Дело в том, что именно космические лучи, или космическая радиация, являются наиболее серьезной угрозой для межпланетных перелетов, а также для создания обитаемых баз в космосе. На поверхности Земли мы защищены ее сильным магнитным полем, а также плотной атмосферой. Последние исследования Марса не только подтвердили существование водяного океана на поверхности этой планеты, образовавшегося более 3,5 млрд лет назад, но и наличие магнитного поля и плотной атмосферы в ее далеком прошлом, что указывает на высокую вероятность существования жизни в ту эпоху. Будучи намного менее массивным, чем Земля, Марс остыл быстрее, а в его недрах прекратилось движение вещества и перестало генерироваться магнитное поле, без которого солнечный

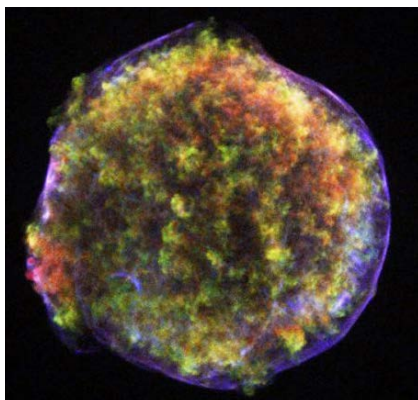


Рис. 5. Рентгеновское изображение остатка сверхновой звезды, взрыв которой в 1572 г. наблюдал Тихо Браге, полученное космической обсерваторией «Чандра»



Рис. 6. След от падения осколка кометы Шумейкер-Леви-9 на поверхности Юпитера. Изображение получено космическим телескопом «Хаббл»

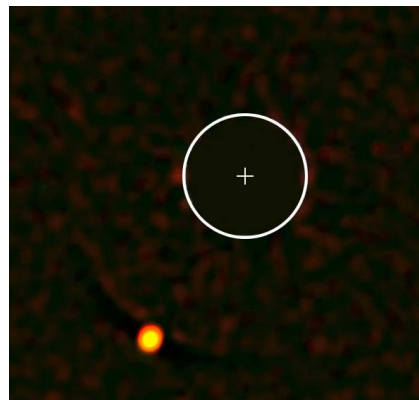


Рис. 7. Прямое изображение (внизу слева) экзопланеты HIP 65426 b, полученное консорциумом SPHERE при помощи телескопа «VLT», Чили

ветер «сдул» атмосферу, что и превратило планету в холодную пустыню.

Наблюдения недавно запущенного инфракрасного космического телескопа «Джеймс Уэбб» уже привели к революции в физике и химии экзопланет (рис. 7), поскольку с его помощью удалось впервые обнаружить метан и углекислый газ в атмосферах планет, вращающихся вокруг других звезд. Например, в атмосфере планеты K2-18b найдены органические молекулы, в частности диметилсульфид CH_3SCH_3 , производимый фитопланктоном на Земле, причем это у планеты, расположенной в так называемой зоне обитаемости, то есть имеющей такую орбиту, для которой возможно существование воды в жидком виде. Будущие наблюдения наверняка позволят найти экзопланеты, условия на которых очень близки к тем, что имеются на Земле.

Значение астрономии для современной цивилизации трудно переоценить. Она не только оказывает прямое влияние на повседневную жизнь (уже упоминавшийся календарь, системы глобального позиционирования), но и изменяет наше восприятие окружающего мира, а вместе с ним и наше философское его осмысление (переход от геоцентрической к гелиоцентрической системе; понятие динамической Вселенной, связь микро- и макромира). Призвание ученых состоит не только в выполнении исследований, но и в распространении знаний, популяризации науки и борьбе с невежеством. Эта миссия, как показала история, особенно актуальна для астрономов. Ведь именно таким великим людям, как Копернику и Галилею, пришлось отстаивать свои выводы, полученные в результате наблюдений за небом, и доказывать их истинность в противовес бытовавшим в то время представлениям, опирающимся на религиозную догму. Научная революция позволила заменить религиозно-мифическую космогонию окружающего нас мира, существовавшую с зарождения цивилизации, на физическую космологию, основанную на научных фактах. Все началось с необходимости уточнения календаря, а со временем привело к осознанию глобальной структуры и динамики Вселенной, сложности и утонченности разнообразных физических процессов, протекающих в ней. Но эти знания еще недостаточно распространены. Беларусь, имея высокий индекс человеческого развития, способна принимать активное участие в международной научной деятельности на равных с другими высокоразвитыми государствами и вносить свой вклад в научный прогресс. Как в свое время Европа стояла на пороге эпохи географических открытий, сегодня мы стоим на пороге великих открытий во Вселенной. ■

Темная материя и темная энергия:

ранняя и поздняя
Вселенная, проблема
параметра Хаббла



Геннадий Бисноватый-Коган, главный научный сотрудник Института космических исследований РАН, профессор Московского инженерно-физического института (МИФИ), доктор физико-математических наук, профессор

Со времен Коперника, и особенно Джордано Бруно, Вселенная рассматривалась учеными как бесконечная, покоящаяся субстанция, в которой действуют законы физики. В рамках ньютоновской гравитации построить ее статическую модель не удавалось, поэтому Эйнштейн пересмотрел ньютоновскую модель и заменил ее теорией, получившей название

