

*"Две вещи наполняют душу всегда новым и все более сильным удивлением  
и благоговением, чем чаще и продолжительней мы размышляем о них,  
- это звездное небо надо мной и моральный закон во мне"*

*И. Кант*



### СОДЕРЖАНИЕ

#### ***Обращение к читателю***

Николай Николаевич САМУСЬ

[ОТ РЕДАКТОРА](#)

#### ***Астрономия из первых рук***

Константин Александрович ПОСТНОВ

[ВСЕЛЕННАЯ ОТ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА ДО ОБРАЗОВАНИЯ ГАЛАКТИК](#)

Ольга Касьяновна СИЛЬЧЕНКО

[ЗАРОЖДЕНИЕ ГАЛАКТИК: ПЕРВЫЙ МИЛЛИАРД ЛЕТ ЖИЗНИ ВСЕЛЕННОЙ](#)

#### ***Как добываются астрономические знания***

Михаил Юрьевич ШЕВЧЕНКО

[АРМИЛЛЯРНАЯ СФЕРА – УНИКАЛЬНЫЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ](#)

#### ***Люди науки***

Юрий Владимирович СОЛОМОНОВ

[ТЁЩА, ОТКРЫВШАЯ ПЛАНЕТУ](#)

#### ***Для начинающих***

В.Л. ШТАЕРМАН

[АСТРОНОМИЯ НА ДЕТСКОЙ ПЛОЩАДКЕ](#)

#### ***Фантастика***

Э.К. ДЖАРВИС

[БИЛЕТ НА ВЕНЕРУ](#)

#### ***Досуг астрономов и любителей астрономии***

Ирина Константиновна ЛАПИНА

[ИЗ ИСТОРИИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ КРУЖКОВ МОСКОВСКОГО ПЛАНЕТАРИЯ](#)

#### ***Астрономия и поэзия***



Вашему вниманию предлагается новый выпуск альманаха «Вселенная и Мы». Благодарю всех предоставивших материалы и призываю читателей становиться авторами, присылать свои материалы. Если материалов будет больше, мы сможем выпускать альманах чаще. Благодарю за помощь в подготовке номера Веру Львовну Штаерман, Ирину Константиновну Лапину, Юрия Владимировича Соломонова, Алексея Пахомова. Особая благодарность ГАИШ МГУ: руководители института К.А. Постнов и О.К. Сильченко предоставили две статьи нашего важнейшего раздела «Астрономия из первых рук».

***Н. Самусь***



Орнамент Н.П. Кукаркиной.

**Астрономия из первых рук**

**ВСЕЛЕННАЯ ОТ БОЛЬШОГО ВЗРЫВА ДО ОБРАЗОВАНИЯ ГАЛАКТИК**

***Константин Александрович ПОСТНОВ***

член-корреспондент РАН, директор ГАИШ МГУ

Ничто так не возбуждает воображение человека, как мысли о космосе – нашей Вселенной, ее прошлом, настоящем и даже будущем. Ниже мы дадим краткое резюме современных знаний об эволюции ранней Вселенной до эпохи образования в ней наблюдаемых крупномасштабных структур – галактик и звезд, о которых речь пойдет ниже, в заметке О.К. Сильченко.

**1. Нестационарная Вселенная. Модели Фридмана–Леметра–Робертсона–Уокера**

Астрономическое доказательство нестационарности Вселенной, безусловно, является одним из величайших научных достижений XX века. Нестационарность Вселенной проявляется в ее изотропном (то есть не зависящем от направления) и однородном (не зависящем от места наблюдателя) расширении, которое было выведено из анализа красных смещений далеких галактик Ж. Леметром и Э. Хабблом в конце 1920-х гг. Расширение Вселенной проявляется в зависимости  $v=H_0r$ , где  $H_0 = 70$  км/с/Мпк – современное значение параметра расширения – параметр Хаббла (иногда говорят «постоянная Хаббла», хотя она меняется со временем). Напомним, что красное смещение – это отношение разности наблюдаемой  $\lambda_{obs}$  и лабораторной  $\lambda_0$  длины волны некоторой известной спектральной линии (например, бальмеровской линии водорода  $H\alpha$  с длиной волны 6563 Å) к лабораторной длине волны,  $z = \frac{\lambda_{obs}-\lambda_0}{\lambda_0}$ . Часто в популярной литературе красное смещение интерпретируют в терминах эффекта Доплера – длины волн удаляющихся источников увеличиваются («краснеют»), а приближающихся – укорачиваются («голубеют»). Однако такая интерпретация

предполагает движение источника в некоторой заданной внешней системе координат. Совершенно такой же эффект получается, если источник и наблюдатель покоятся в некоторой системе координат, но сами координатные оси деформируются. Стандартный пример – две точки на поверхности глобуса с переменным радиусом. Их координаты (скажем, долгота и широта) постоянны, но физическое расстояние между ними, которое можно измерить, например, натянув нитку между этими двумя точками, увеличивается (уменьшается) с увеличением (уменьшением) радиуса глобуса. Причем скорость изменения расстояния – производная во времени от физического расстояния – будет соответствовать закону Хаббла, где параметр Хаббла равен  $H = (da/dt)/a$ , где  $a$  – радиус шара,  $da/dt$  – скорость его изменения.

Ну хорошо, может сказать вдумчивый читатель, даже если это и так, то что заставляет Вселенную расширяться (или сжиматься)? Короткий ответ: никто и ничто, она просто не может (без специально подобранных условий) находиться в состоянии равновесия.

Пространственно-временной континуум, заполненный любой формой материи (частицами, полями), описывается уравнениями общей теории относительности (ОТО), сформулированной А. Эйнштейном в 1915 году. Известный исторический факт – Эйнштейн, поняв нестационарность уравнений при описании Вселенной, поддался искушению сделать Вселенную стационарной. Для этого он специально ввел в уравнения так называемую «космологическую постоянную» (обозначается греческой буквой  $\Lambda$ ), которая способна в больших масштабах сделать Вселенную стационарной. Считается, что, узнав о факте расширения Вселенной, он отрекся от космологической постоянной, посчитав ее введение своим «величайшим заблуждением». Однако, как выяснилось уже в конце 20 века, астрономические наблюдения (в частности, наблюдения далеких сверхновых, измерение флуктуаций реликтового излучения, особенности формирования крупномасштабной структуры Вселенной) убедительно свидетельствуют о современном ускоренном расширении Вселенной, что можно сделать с помощью космологической постоянной, так что величие гения Эйнштейна проявилось и в этом.

Что же играет роль радиуса  $a$  в космологии при описании строения и эволюции Вселенной? Это некоторая величина с размерностью длины, называемая «масштабным фактором». Именно для масштабного фактора записываются уравнения (впервые выведенные А.А. Фридманом в начале 1920-х годов из уравнений Эйнштейна), описывающие его изменение в зависимости от «наполнения» Вселенной (точнее, средней плотности и давления вещества и полей, а также космологической постоянной). Уравнения Фридмана (теперь часто называемые уравнениями Фридмана–Леметра–Робертсона–Уокера по имени ученых, независимо получивших их несколькими разными методами) являются основой для описания глобальной эволюции (то есть масштабного фактора) Вселенной. С их помощью получают выражения для расстояний, возрастов объектов и других физических величин в зависимости от красного смещения.

## 2. Возмущения в расширяющейся Вселенной

Как сказано выше, в уравнения Фридмана, описывающие эволюцию масштабного фактора Вселенной, входят средние по всему объему значения плотности и давления. Но ведь окружающий мир состоит из звезд, галактик, скоплений галактик, и вариации плотности в них огромны – например, от сотни  $\text{г/см}^3$  в центрах звезд типа Солнца до  $10^{-24} \text{ г/см}^3$  в разреженном межгалактическом газе. Поэтому одних уравнений Фридмана недостаточно для описания строения и эволюции Вселенной. К ним нужно добавить уравнения, описывающие эволюцию малых возмущений на фоне расширяющейся Вселенной. Как известно, в любой физической системе всегда есть флуктуации параметров (плотности, давления, температуры и т.д.). В обычных лабораторных условиях малые флуктуации (возмущения) обычно постоянно возникают и затухают (например, флуктуации плотности воздуха в комнате затухают из-за молекулярной вязкости). Иное дело в расширяющейся Вселенной. Здесь важным становится понятие «космологического горизонта» – причинно-связанной области в расширяющейся Вселенной. Оказывается, малые возмущения в однородной и изотропной расширяющейся Вселенной могут возрастать (усиливаться), только если их масштаб (размер) меньше размера космологического горизонта (возмущение находится «под горизонтом», внутри причинно-связанной области), что кажется интуитивно естественным. Если же масштаб флуктуации больше горизонта, возмущение практически (с

точностью до логарифмического фактора) не растет во времени, как бы «застывает». Физический размер возмущений всегда растет как масштабный фактор, а вот космологический горизонт – нет. Он растет пропорционально времени ( $l_h \sim ct$ ),  $c$  – скорость света, когда масштабный фактор растет с замедлением (математически – когда вторая производная от масштабного фактора по времени отрицательна), и постоянен ( $l_h \sim const$ ), если масштабный фактор растет от времени экспоненциально. Отсюда следует важное для возникновения структур во Вселенной утверждение: если на самых ранних стадиях эволюции масштабный фактор рос квази-экспоненциально (эту стадию называют «инфляционной»), малые первичные возмущения росли до тех пор, пока не выходили за горизонт, затем они как бы «застывали» до тех пор, пока вновь не входили «под горизонт» на более поздних (фридмановских) стадиях (см. рис. 1, иллюстрирующий это утверждение).

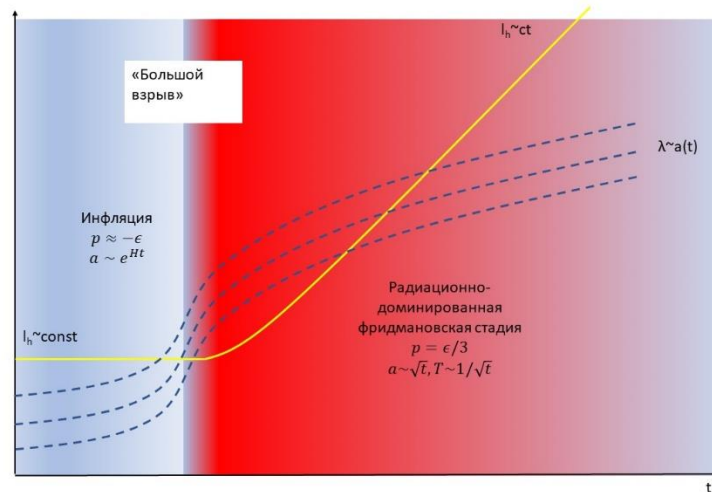


Рис. 1. Схема роста первичных квантовых возмущений в расширяющейся Вселенной. Размер возмущений всегда растет как масштабный фактор,  $\lambda \sim a(t)$ . Амплитуда возмущений растет внутри космологического горизонта,  $\lambda < l_h$ . За горизонтом возмущения «застывают» до повторного входа под горизонт на фридмановских стадиях после «Большого взрыва». На стадии инфляции космологический горизонт постоянен. На фридмановских стадиях горизонт линейно растет со временем,  $l_h \sim ct$ .

### 3. Инфляционная (де-Ситтеровская) стадия. Большой взрыв

Итак, самая ранняя стадия расширения Вселенной – инфляционная (говорят «де-Ситтеровская», по имени Виллема де Ситтера, впервые рассмотревшего в 1917 г. такой режим расширения, совместимый с уравнениями Эйнштейна в модели пустой Вселенной с положительной космологической постоянной), на которой масштабный фактор растет от планковских значений (*Примечание.* Планковские единицы – величины с размерностью времени, длины и массы, которые можно составить из комбинации фундаментальных физических констант – скорости света, постоянной тяготения Ньютона  $G$  и постоянной Планка  $h$ . Соответствуют минимальному времени ( $t_{Pl} \sim 10^{-43}$  с), длине ( $l_{Pl} \sim 10^{-33}$  см), и максимальной массе элементарной частицы  $m_{Pl} \sim 10^{-5}$  г, начиная с которых можно применять физические законы для описания природы.) На инфляционной стадии нет обычного вещества (элементарных частиц); в наиболее популярных моделях Вселенная заполнена неким первичным скалярным полем – инфлатоном, которое медленно эволюционирует к минимуму потенциальной энергии, и при этом масштабный фактор растет экспоненциально. Вблизи минимума потенциальной энергии, поле осциллирует, производя при этом элементарные частицы (фермионы – кварки и лептоны – электроны, нейтрино), которые «разогреваются» до высоких температур. При этом кардинально меняется уравнение состояния вещества – вместо экзотического отрицательного давления ( $P = -\epsilon$ ,  $\epsilon$  – плотность энергии), которое характеризует стадию инфляции, родившееся горячее вещество с высокой температурой имеет релятивистское уравнение состояния с положительным давлением ( $P = \epsilon/3$ ) (такое уравнение состояния имеют безмассовые частицы, например, фотоны, и вещество из массивных частиц, движущихся со скоростями порядка скорости света). Параметры модели подбираются так, чтобы обеспечить нужную величину расширения – порядка  $e^{60}$ . Таким образом, на стадии инфляции за время порядка  $10^{-34}$  с масштабный фактор Вселенной увеличивается от

планковских значений до примерно 1 мм, причем в конце инфляции рождается горячее вещество (кварки, лептоны). Собственно, это и есть «Большой взрыв» – рождение горячей пост-инфляционной Вселенной. После Большого взрыва Вселенная выходит на классические (фридмановские) стадии, на которых температура и плотность вещества падают (однако не изменяется плотность энергии космологической постоянной).

#### 4. История расширения однородной изотропной Вселенной

Уравнения Фридмана показывают, что при положительном давлении масштабный фактор растет с замедлением (давление «весит» в ОТО и тормозит расширение). Начинаются «классические» (фридмановские) стадии расширения – стадия доминирования «горячего вещества» (излучения, релятивистских частиц), продолжающаяся вплоть до красных смещений  $z \sim 10^4$ , после которой начинается стадия доминирования «холодного» вещества с уравнением состояния «пыли» ( $p=0$ ). До открытия ускоренного расширения Вселенной считалось, что сегодня Вселенная находится на этой пылевой стадии. Однако ускоренное расширение «спутало карты» – оказалось, что в современную эпоху масштабный фактор опять растет квази-экспоненциально. Причина этому точно не выяснена, но такое возможно при наличии во Вселенной очень маленькой (по квантово-механическим меркам) космологической постоянной или некоего экзотического вещества с вакуумоподобным уравнением состояния (отрицательным давлением), которое называют «темной энергией». Эта субстанция не сгущается в структуры под действием гравитации, как обычное вещество, и в больших масштабах создает эффективную «антигравитацию», которая и приводит к экспоненциальному росту масштабного фактора. Переход с пылевой на вторую квази-де-Ситтеровскую стадию произошел относительно недавно, при красных смещениях порядка  $z \sim 0.6 - 0.7$ .

История расширения Вселенной может быть схематически представлена таблицей:

Стадии эволюции Вселенной			
Инфляция (де Ситтер)	Фридман, доминирование излучения	Фридман, доминирование вещества	Современный де Ситтер
Геометрия			
$a \sim e^{Ht}$	$a \sim t^{1/2}$	$a \sim t^{2/3}$	$a \sim e^{H_0 t}$
Физика			
$p \approx -\epsilon$	$p = \frac{\epsilon}{3}$	$p \ll \epsilon$	$p \approx -\epsilon$
Длительность (логарифм отношения конечного к начальному масштабному фактору) $N_H = \ln(a_{fin}/a_{in})$			
>60	~ 55	7.5	0.5

#### 5. Космологические параметры из астрономических наблюдений

В настоящее время космология из науки, оперирующей величинами «по порядку величины», превратилась в прецизионную дисциплину. Из астрономических наблюдений космологические параметры измеряются с точностью лучше процента. Один из наиболее информативных каналов для космологии – измерение малых флуктуаций реликтового излучения. После открытия расширения Вселенной в конце 1920-х гг. обнаружение фонового микроволнового (реликтового) излучения А. Пензиасом и Р. Вилсоном в 1965 г. явилось одним из ключевых открытий XX века в науке. Реликтовое излучение – самый значительный «след» эпохи Большого взрыва. Фотоны реликтового излучения рождались при аннигиляции первичных пар частица–античастица. Если бы Вселенная после инфляции была строго симметричной (число частиц равнялось числу античастиц), все они аннигилировали бы в фотоны, и такая Вселенная была бы заполнена только излучением. Однако это не так – в среднем отношение плотности числа барионов (обычного вещества) к плотности числа реликтовых фотонов  $\eta = n_b/n_\gamma \sim 10^{-9}$ . Замечательно, что это отношение не зависит от красного смещения. Глобальное

доминирование вещества над антивеществом во Вселенной называется «барионной асимметрией» Вселенной, и его малая величина пока не получена из «первых принципов». Проблема барионной асимметрии Вселенной остается одной из загадок современной космологии.

Основные параметры современной однородной и изотропной космологической модели ( $\Lambda$ CDM, смысл такого названия станет скоро понятным) следующие. Это (1) средняя плотность барионного вещества – звезды, галактики, межзвездный и межгалактический газ и пыль ( $\Omega_b \sim 0.05$ ), (2) плотность холодной темной материи – не взаимодействующей со светом субстанции, которая проявляет себя в больших масштабах по гравитационному взаимодействию ( $\Omega_{dm} \sim 0.25$ ), (3) плотность энергии космологической постоянной ( $\Omega_\Lambda \sim 0.7$ ), (4) современное значение параметра Хаббла ( $H_0 \sim 70$  км/с/Мпк). Все плотности принято нормировать на значение критической плотности  $\rho_{cr} = 8.6 \times 10^{-30}$  г/см<sup>3</sup> – средней полной плотности всех компонентов Вселенной, при которой геометрия пространства евклидова (сумма углов треугольника равна 180 градусов). Современный возраст Вселенной 13.7 миллиардов лет.

Наблюдения показывают, что с точностью лучше процента ( $(\Omega_b + \Omega_{dm} + \Omega_\Lambda) = 1$ ) то есть геометрия Вселенной – плоская. Именно такую геометрию Вселенной и предсказывает инфляционная модель. К перечисленным космологическим параметрам нужно добавить амплитуду и наклон (зависимость спектра мощности от длины волны) первичного спектра флуктуаций, которые получаются из анализа наблюдений неоднородностей реликтового излучения. Амплитуда флуктуаций температуры 3-градусного реликтового излучения в масштабе примерно одного углового градуса равна  $\Delta T/T \sim 10^{-5}$ . Замечательно, что наклон спектра первичных возмущений с большой точностью совпадает с предсказанием инфляционной модели, предложенной А.А. Старобинским в конце 1970-х гг.

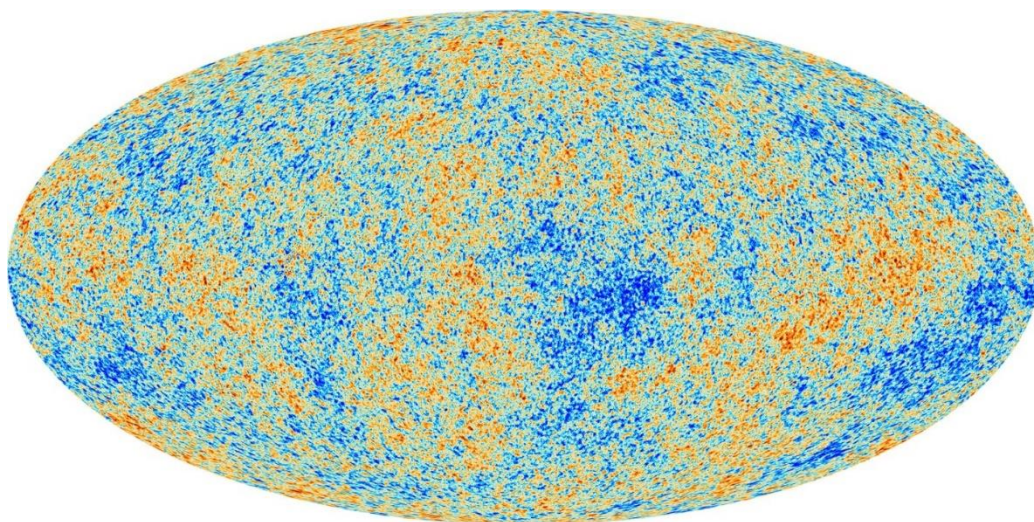


Рис. 2. Карта флуктуаций реликтового излучения по данным КА Planck (ESA), показывающая первичные квантовые флуктуации в эпоху рекомбинации. Более «горячие» области («материки») соответствуют областям пространства, в которых инфляция длилась несколько дольше, чем в областях с пониженной температурой («океаны»).

На рис. 2 представлена карта флуктуаций температуры реликтового излучения по данным европейского космического аппарата Планк. Относительная амплитуда флуктуаций (разница между «горячими» областями – самые красные – и «холодными» – самые синие)  $\Delta T/T \sim 10^{-5}$ . Флуктуации температуры связаны с флуктуациями плотности – чем плотнее область, тем горячее. Эта картина соответствует эпохе рекомбинации первичного водорода и гелия на красных смещениях  $z \sim 1000$  (возраст Вселенной в это время около 400 тыс. лет) при температуре порядка 3000 К. До этого температура была слишком высока для образования атомов, поэтому барионное вещество находилось в состоянии плазмы. Реликтовые фотоны эффективно взаимодействовали с заряженными частицами – электронами, поэтому их длина свободного пробега была много меньше размера космологического горизонта. Иными словами, Вселенная до рекомбинации была непрозрачной для излучения. После рекомбинации свободных зарядов практически не осталось (они связались в атомы водорода и гелия), и

Вселенная стала прозрачной для излучения. Поэтому карта реликтового излучения, приведенная на рис. 2, дает нам «портрет» Вселенной на красных смещениях сразу после рекомбинации. По сути дела, на ней мы видим картину первичных квантовых флуктуаций, сформировавшихся в ранней Вселенной, вышедших за космологический горизонт на первой де-Ситтеровской стадии с квази-экспоненциальным расширением (см. рис. 1) и вновь вошедших под космологический горизонт к моменту рекомбинации.

Существенно, что до рекомбинации флуктуации существовали в горячей плазме в виде акустических колебаний – «звуковых» волн. После рекомбинации упругость вещества резко упала, и флуктуации как бы «застыли» в конфигурации (фазе), в которой оказались на момент отсоединения излучения от вещества (вспомним «немую сцену» гоголевского «Ревизора»!). Таким образом, карта реликтового излучения дает нам картину затравочных флуктуаций гравитационного потенциала, созданного возмущениями материи (в основном – холодной темной материи). В эти первичные потенциальные ямы стеклись барионы (обычное вещество), которые и создали наблюдаемые флуктуации температуры реликтовых фотонов.

Эпоха формирования структур во Вселенной началась гораздо позже рекомбинации, на красных смещениях  $z \sim 100$ . Формирование структур из возмущений происходило из-за гравитационной неустойчивости – более плотные области становились плотнее, а разреженные – разреженнее. В такие «мини-гало» темной материи стекались барионы в форме холодного молекулярного газа  $H_2$ , HD, и атомарного гелия. В отличие от холодной темной материи (частицы или составляющие которой взаимодействуют только гравитационно и не могут отдавать лишнюю энергию в виде излучения) барионное вещество – диссипативное, и при взаимодействии внутри мини-гало темной материи может создавать гравитационно-связанные образования с полной отрицательной энергией – звезды, галактики, скопления галактик. Образование и эволюция первичных звезд и галактик – тема отдельного рассказа.

## 6. Заключение.

Современная стандартная космологическая  $\Lambda$ CDM-модель однородной изотропной Вселенной с космологической постоянной и холодной темной материей основана на хорошо обоснованных физических принципах и теориях (квантовой механике, ОТО) и успешно описывает эволюцию Вселенной от ранних стадий (модель инфляции) до наших дней. Она проверена огромным количеством астрономических наблюдений. Несмотря на потрясающий успех, многие детали и даже крупные блоки модели остаются гипотетическими. Так, не известна природа ни темной материи, изучающейся почти 90 лет, ни темной энергии, которая выражается в современном ускоренном расширении Вселенной. Ряд предсказаний  $\Lambda$ CDM-модели (особенно для свойств крупномасштабной структуры Вселенной) не совсем согласуются с астрономическими наблюдениями галактик. Эти вопросы выходят за рамки этого краткого очерка и в настоящее время являются предметом тщательного научного исследования. Прорыв в наших знаниях о Вселенной, безусловно, за новыми наблюдениями галактик, их групп и скоплений. Огромна роль физических экспериментов по поиску частиц темной материи. Пока они не дали результата.



# **ЗАРОЖДЕНИЕ ГАЛАКТИК: ПЕРВЫЙ МИЛЛИАРД ЛЕТ ЖИЗНИ ВСЕЛЕННОЙ**

**Ольга Касьяновна СИЛЬЧЕНКО**

доктор физ.-мат. наук, зам. директора ГАИШ МГУ

Галактика – это огромная гравитационно-связанная звездно-газовая система. Чтобы мы признали, что родилась галактика, в ней должны образоваться звезды. Звезды, как учил нас классик Джеймс Джинс, образуются из газа путем коллапса (сжатия) газовых облаков. Джинс считал, что газовые облака сжимаются под действием собственной гравитации; а вот чтобы этот процесс пошел, нужно, чтобы облако было достаточно массивным: тогда внутреннее давление газа не сможет сопротивляться его самогравитации. Сейчас, сто лет спустя после Джинса, концепция несколько изменилась: поскольку космологи убедили нас, что плотность темной материи во Вселенной в среднем в 6 раз больше, чем плотность барионной (газовой) материи, считается, что коллапсируют под действием собственной гравитации именно гало (сгустки) *темной* материи. А газ должен послушно следовать за темной материей и распределяться по объему формирующегося темного гало, приобретая так называемую равновесную вириальную температуру.

Из наблюдений почти равномерного распределения температуры реликтового фона по небу известно, что изначально вся материя была распределена по Вселенной однородно. Но если в ней спонтанно образовывались уплотнения, они могли дальше расти, натягивая на себя окружающую материю. То есть все должно было начинаться с очень маленьких облачков, а потом они должны были расти. Это называется «иерархической концепцией» – первыми должны были родиться карликовые галактики, а гигантские – самыми последними. В скобках замечу: наблюдения на самом деле обнаруживают среди эволюционирующих галактик так называемый *downsizing*, то есть согласно наблюдениям первыми полностью сформировались именно гигантские галактики. Как это могло случиться, если темные гало формировались в противоположной последовательности, – это отдельная наука. Но все же для описания самого начала появления галактик попробуем последовать предписаниям теоретиков. Это отчасти вынужденная уступка, потому что именно *самое начало* мы в наблюдениях пока не видим.

## **С каких масс темных гало начинаются галактики?**

Чтобы звезды могли сформироваться из газа – а мы полагаем, что понимаем этот процесс сжатия газового облака под действием собственной гравитации, результатом чего становится уплотнение и разогрев газа вплоть до поджига термоядерных реакций, – газ должен сначала остыть. Тот газ, который достался ранней Вселенной от Большого Взрыва, имеет простой и специфический химический состав: много водорода, в три раза меньше гелия и совсем крошечные следы лития. Совсем нет химических элементов тяжелее бора. Соответственно, совсем нет пыли. Расчеты космологов показывают, что в ранней Вселенной, наполненной еще довольно теплым реликтовым излучением, газ может остыть до подходящих температур внутри темных гало, когда масса этих темных гало чуть-чуть превысит несколько десятков миллионов солнечных масс. Эта «подходящая» температура, соответствующая потенциальной гравитационной энергии гало, – несколько тысяч Кельвинов, точнее, где-то между 2000 К и 6000 К. Поскольку это ниже  $10^4$  К, атомарный водород не поможет газу дальше остывать. Единственный механизм, который можно предложить для остывания такого газа, с учетом его нулевой металличности, – это через излучение вращательных переходов молекулы  $H_2$ . Этот механизм может охладить газ где-то в 10 раз – до 200 К. В этих условиях критическая джинсовская масса достигает примерно тысячи солнечных масс, и остывшие газовые сгустки смогут сколлапсировать внутри своих темных гало и сформировать звезды с типичными массами в несколько сотен солнечных масс каждая. Теоретики представляют это так: на красном смещении 20–30–40 внутри небольших темных гало, массой в миллион солнечных масс каждое, рождаются массивные звезды с нулевой металличностью, по одной (или максимум по пять) на гало. Это еще не галактики, и даже не звездные скопления. Это отдельные звезды населения III. По определению классика наблюдательной астрономии Вальтера Бааде,



в Млечном Пути наблюдаются звезды населения I (диск Галактики) и населения II (звездное гало Галактики). А звезды населения III не наблюдаются нигде. Но они обязаны были существовать в ранней Вселенной, потому что иначе, без горения в недрах звезд населения III и без их нуклеосинтеза, не случился бы переход от нулевой металличности газа к ненулевой. Сейчас в наблюдениях не известно звезд с нулевой металличностью – ниже одной тысячной от солнечного обилия тяжелых элементов увидеть в реальных объектах еще никому не удалось. Сверхмассивные звезды населения III должны были очень быстро умереть – проэволюционировать за время порядка миллиона лет, произвести в своих недрах в ходе цепочек ядерных реакций некоторое количество тяжелых элементов и – взорваться сверхновыми, лучше без остатка. И вот когда газ обогатится тяжелыми элементами до уровня хотя бы одна тысячная от солнечной, должна была наступить эпоха «нормального» звездообразования, и только тогда должны были начать формироваться галактики. Теоретики дают для начала формирования галактик минимальные массы темных гало  $10^8$  солнечных масс. Это должны были быть *карликовые* галактики.

### **Какими должны были быть первые галактики?**

После того, как сформировались первые темные гало, весь газ в них должен был быть распределен по сфероидальному объему, и он должен был быть теплым, то есть не способным образовать звезды. Но газ, в отличие от темной материи, способен излучать; и он излучал и, излучая, остывал. Теряя энергию, газ оседал в потенциальную яму темного гало и накапливался там, формируя холодные плотные облака, уже способные к звездообразованию. И тут есть одно важное для формы будущей галактики обстоятельство: газ изначально имел момент вращения (угловой момент). Дело в том, что формировались темные гало не в изоляции: их соседи, такие же коллапсирующие темные гало, пролетая мимо, раскручивали своим притяжением с одного бока будущую галактику. Темное гало приобретало момент, а уже от темной материи этот момент наследовали барионы. Если газ теряет энергию – это не значит, что он теряет момент. Отнять у газа момент довольно сложно, и излучение этому не помогает. Поэтому остывающий газ оседает в *диск*: экваториальная плоскость вращающегося темного гало предоставляет остывшему газу радиальное положение, соответствующее его угловому моменту, с минимальной потенциальной энергией. Формируется вращающийся газовый диск. И уже в нем из остывшего газа будут образовываться звезды. Первые галактики должны представлять из себя звездные диски.

Описанная выше схема получила у теоретиков название «горячая аккреция», потому что газ по природе своей был теплым и, остывая, оседал на галактику – аккрецировал. Это был изначально ключевой момент теории формирования галактик в рамках космологической модели Вселенной. Однако не все получалось с формированием галактик «горячей аккрецией», и через некоторое время был предложен другой режим поставки газа для формирования звездного тела галактик – «холодная аккреция». Дело в том, что эволюция распределения плотности темной материи во Вселенной имеет достаточно сложную геометрию. Это не только «центры силы», где собирается самая плотная концентрация гравитирующего вещества, но и соединяющие эти «центры силы» поверхности и «веревочки» – филаменты. В филаментах собирается и темная материя, и газ первичного химического состава, и этот газ тоже остывает. Однако гравитация «узла», к которому примыкает филамент, заставляет остывающий газ стекать вдоль филамента в узлы, где формируются галактики. Это тоже аккреция; только аккрецирует уже холодный газ, поэтому аккреция называется «холодной». И направление втекания газа в диск галактики при холодной аккреции уже не сверху-снизу перпендикулярно плоскости диска, а вдоль фиксированного направления, узким потоком. Этот поток, в частности, может лежать и в экваториальной плоскости гало – в плоскости диска галактики, и тогда аккрецирующий газ приносит с собой дополнительный орбитальный момент, раскручивая диск и достраивая его самые внешние части. Эта особенность «холодной аккреции» очень ценна для построения модели галактик, похожих на реальные спиральные галактики, которые как раз имеют протяженные газовые диски и быстро вращаются.

### **А что же видно в наблюдениях? Сначала методы поиска, подходы к задаче**

Как искать на небе далекие галактики? Астрономы не сразу нашли самый эффективный подход. Первое, что приходит в голову: если мы хотим найти самые далекие галактики, их надо искать среди

самых слабых, поскольку чем дальше галактика, тем на большую поверхность сферы размазывается излучаемый ею свет, пока дойдет до нас. Однако энтузиазм по поводу большого количества слабых голубых галактик на небе, проявленный астрономами в конце 70-х годов XX века, быстро сошел на нет: спектральные измерения доказали, что красное смещение этих галактик в массе своей не превышает единицы. Следующая идея: поскольку моделирование спектров галактик показало, что индивидуальные истории звездообразования в галактиках – как правило, убывающие со временем, самые первые галактики должны были образовать свои звезды с небывалым темпом. В них должно было быть много молодых звезд. Может быть, поискать у слабых галактик сильную водородную эмиссию Лайман-альфа от зон Стремгрена молодых звезд, сдвинутую красным смещением (эффектом Доплера) в оптическую область спектра? Этот метод, применявшийся в 80-х – 90-х годах XX века, тоже не принес заметного урожая далеких галактик. Успеха добился в конце концов только Чарльз Стейдель, предложивший подход «лайман-брейка».

Если галактика только начинает образовывать звезды, у нее еще остается много холодного газа – в основном, нейтрального атомарного водорода. А образовываться звезды, скорее всего, начинают в центральной части галактики – там плотность газа выше. Вот и получаем: мощное голубое излучение молодого звездного населения первым делом проходит через окружающую его «шубу» плотного нейтрального водорода. Такой газ – оптический толстый в лаймановском континууме. То есть все излучение на длинах волн короче (лабораторных) 912 ангстрем будет сразу полностью поглощаться, еще не уйдя далеко от галактики. Чарльз Стейдель применил простую арифметику: 912 ангстрем превращаются в 3648 ангстрем на красном смещении тройка. То есть молодые галактики на  $z=3$  будут совершенно не видны на Земле в фильтре  $U$  (где должен располагаться излученный далекой галактикой лаймановский континуум), зато будут ярко проявляться уже в соседнем фильтре  $B$ . Чарльз Стейдель испробовал эту методику в широкопольном наземном обзоре – и сразу обнаружил несколько тысяч галактик на красном смещении три и более. Этот метод стал основным для поиска далеких галактик, только чем дальше галактика, тем более красные фильтры надо применять: галактики на  $z=5$  «пропадают» в фильтре  $V$ , галактики на  $z=7$  «пропадают» в фильтре  $I$ ... Сейчас, чтобы отобрать кандидатов в галактики на  $z=9-10$ , нужно уже привлекать изображения участков неба на длине волны 4–5 микрона; а это уже фильтры не наземных наблюдений (земная атмосфера непрозрачна на 4 микронах), а данные космического телескопа Спитцер...

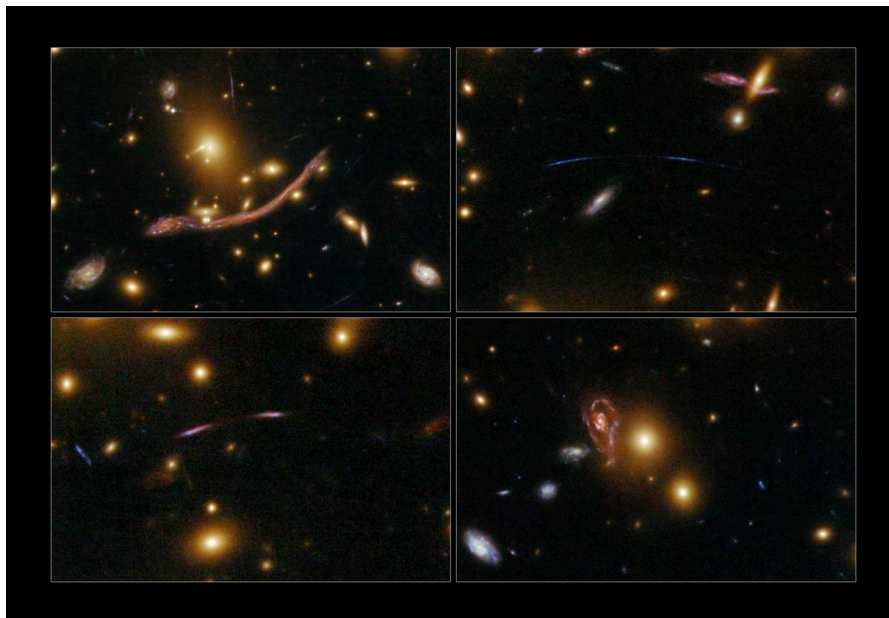


Рис.1. Скопление галактик Abell 370 работает как гравитационная линза для галактик заднего фона.

Другая методика, очень помогающая наблюдать самые далекие галактики – это гравитационное линзирование. Сама природа обеспечивает астрономов дополнительным телескопом, усиливающим яркость далеких объектов, если они представляют собой объекты заднего фона рядом с более близким мощно гравитирующим темным гало – например, если они проецируются на небо рядом со скоплением галактик. Гравитация скопления на пути лучей от далекой галактики искривляет лучи, «сводит» их в фокус, и происходит усиление сигнала на единицу площади. При этом искажается и форма

изображения: характерные формы – это тонкие дуги с близким центром кривизны. Математические формулы общей теории относительности позволяют, при знании массы «гравитационной линзы» и уточнении трехмерной геометрии расположения объекта и линзы, восстановить и структуру изображения, и светимость далекой галактики. Благодаря специализированным обзорам гравитационно линзированных объектов вблизи скоплений переднего фона уже составлены целые выборки галактик, наблюдающихся в первый миллиард лет жизни Вселенной.



Рис. 2. Самая далекая из известных сейчас галактик, MACS0647-JD. Ее красное смещение  $z=11$ . Относительно легка для наблюдений, поскольку ее видимая яркость увеличена гравитационным линзированием, благодаря которому мы видим целых три изображения от одной далекой галактики.

Самая далекая галактика, отождествленная в наблюдениях, находится на красном смещении  $z=11$ : это красное смещение подтверждено спектрально. Появившиеся после первых картинок Космического телескопа имени Джеймса Вебба сообщения, что обнаружены галактики на красном смещении 17, несколько преждевременны: это пока только «кандидаты» в далекие галактики, ни один из этих кандидатов до сих пор не подтвержден спектрально. И все-таки уже  $z=11$  – это очень солидное расстояние: при возрасте Вселенной 13.77 миллиардов лет, это меньше полмиллиарда лет после Большого Взрыва.

### Что же видно в наблюдениях? Типы и характеристики ранних галактик

Можно сказать, что практически всю историю развития галактик мы наблюдаем в виде разнообразных по виду и параметрам галактик на разных красных смещениях. Как же связать их в единую эволюционную последовательность? Вообще говоря, это вызов прежде всего для теоретиков: надо указать на физические механизмы, воздействующие в реальной Вселенной на галактики, которые предскажут наблюдаемые изменения параметров галактик: структурные, масштабные, динамические. А наблюдаемые изменения параметров галактик иногда оказываются совершенно неожиданными и не предсказанными никакими моделями... К чести теоретиков, необходимые (но не предсказанные заранее) механизмы обычно быстро находятся.

Итак, посмотрим, какие же галактики наблюдаются в ранней Вселенной, скажем, через один миллиард лет после Большого Взрыва, на  $z=5$ . Так называемые Ly-break галактики – это галактики, найденные методом Чарльза Стейделя. Сам метод их поиска уже жестко определяет некоторые характеристики искомых объектов: это галактики с текущим, недавно начавшимся звездообразованием умеренной интенсивности, типично – в несколько десятков солнечных масс в год. Характерные звездные массы Ly-break галактик – 10 миллиардов масс Солнца. Не карлики, но и не гиганты. Удивительной особенностью Ly-break галактик является схожесть средних параметров этих объектов на  $z=5$ ,  $z=4$  и  $z=3$ : все та же средняя масса 10 миллиардов масс Солнца. Звездообразование идет – но и

спустя 1.5–2 миллиарда лет звездная масса галактик остается все той же. Вероятно, это так называемая наблюдательная селекция – следствие отбора галактик по жестким наблюдательным критериям. Или же звездообразование в Ly-break галактиках идет короткими вспышками, и мы наблюдаем их именно в момент этой вспышки.

Насчет характера звездообразования – идет оно короткими вспышками или меняется плавно со временем, на масштабах (полу-)миллиардов лет – это отдельный вопрос, очень интересный для науки об эволюции галактик. Дело в том, что в ближней Вселенной подавляющее большинство галактик, в которых идет звездообразование, принадлежат так называемой главной последовательности – это очень тесная зависимость между полной звездной массой галактики и ее темпами звездообразования. То есть для данной галактики, с ее известной массой, звездообразование протекает с некоторым фиксированным темпом, и этот темп тем выше, чем больше масса галактики. Обнаружив такую зависимость, астрономы, после некоторого размышления, пришли к выводу, что ее существование очень хорошо согласуется с идеей о постоянной подпитке звездообразования в диске галактики аккрецией газа извне. Действительно, газ аккрецирует под действием гравитации, а гравитационная сила притяжения как раз прямо пропорциональна массе притягивающей галактики. Данный процесс – аккреция+звездообразование из аккрецированного газа+рост массы звездной компоненты галактики в результате звездообразования – представляется очень плавным и регулярным во времени. А как же слияния галактик, которые обещали нам космологи? Они ведь всегда происходят «вдруг» и должны нарушать плавность эволюции галактики. Сначала теоретики «отнесли» эпоху доминирования слияний в эволюции галактик на пораньше – на пик космической истории звездообразования, на красное смещение  $z=2$ . Но наблюдатели дотянулись и туда! Отнаблюдав несколько сотен галактик со звездообразованием на  $z=2-3$  с помощью инфракрасного телескопа Гершель и измерив их полные массы и темпы звездообразования, астрономы обнаружили, что и 10–11 миллиардов лет назад подавляющее большинство галактик образовывали свои звезды согласно их тогдашнему положению на «главной последовательности»! Только несколько процентов галактик оказались выше «главной последовательности». И астрономы сделали вывод, что и на пике космической истории звездообразования основной вклад в суммарное образование звезд вносили плавные процессы – вероятно, все та же (холодная?) аккреция внешнего газа на дисковые галактики.

Похоже, эта ситуация меняется только на красных смещениях  $z>4$ . В первые 1.5 миллиарда лет жизни Вселенной, когда звездообразование еще не «раскоцегарилось» в большинстве галактик, в наблюдательной статистике появляются признаки того, что галактики со вспышками звездообразования могут составлять значительную долю общего числа галактик. По крайней мере, половину. И на красном смещении  $z=4-5$  распределение галактик по «специфическим» темпам звездообразования (темпам звездообразования, нормированным на звездную массу галактики) является бимодальным – представляет собой два отдельных пика, между которыми разница в 10–20 раз!

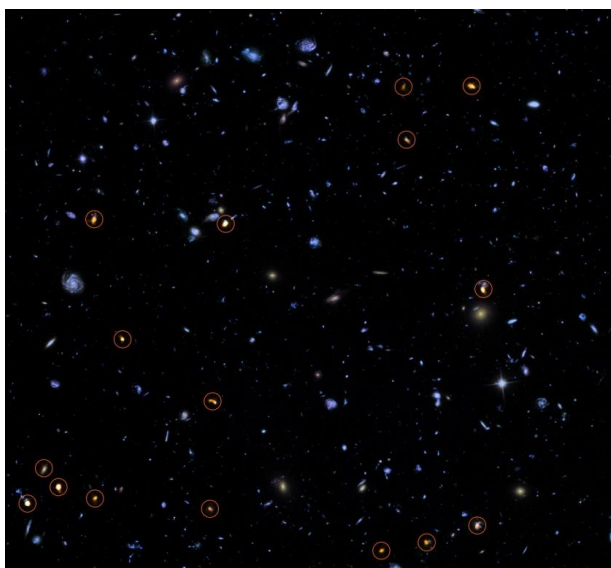


Рис. 3. Субмиллиметровые массивные далекие галактики (обведены кружками), наблюдались в Ультраглубоком Хаббловском поле с интерферометром ALMA.

Массивные галактики, со звездной массой более 100 миллиардов солнечных масс, тоже существуют на этих высоких красных смещениях. Но их нашли уже наблюдениями не в оптической области спектра, и даже не в ближней инфракрасной области, а на субмиллиметровых длинах волн. Природа оказалась устроена весьма хитро: галактики с самой высокой болометрической светимостью и галактики с самыми высокими темпами звездообразования плохо видны в оптической области спектра, а основное их излучение принадлежит пыли, нагретой излучением молодых звезд. Самые мощные вспышки звездообразования, мощностью в сотни масс Солнца в год, все заключены в пылевые коконы, поглощающие их ультрафиолет и переизлучающие затем в дальнем инфракрасном диапазоне. В ближней Вселенной массивные галактики с такими вспышками звездообразования – их называют ULIRG, Ultra-Luminous InfraRed Galaxies – имеют пик распределения энергии в спектре на (лабораторной) длине волны 100 микрон. На красном смещении 3–5 этот пик «переезжает» на длину волны 400–600 микрон. В дальней Вселенной массивные галактики со сверхмощными вспышками звездообразования надо искать на субмиллиметровых длинах волн. Земная атмосфера предоставляет два окна прозрачности на субмиллиметрах – это 450 и 850 микрон. И в 90-е годы XX века специально для поиска далеких массивных галактик с большими темпами звездообразования, до сотен масс Солнца в год, на Гавайях был построен специализированный субмиллиметровый телескоп JCMT – James Clerk Maxwell Telescope. Он-то и обнаружил целое население субмиллиметровых галактик на красных смещениях  $z > 2$ . Эти галактики, при своей типичной звездной массе 100 миллиардов солнечных масс, лежат существенно выше «главной последовательности» и испытывают мощнейшие вспышки звездообразования. Сейчас, кроме JCMT, такие галактики активно ищут и находят еще два субмиллиметровых телескопа, установленных в самых «сухих» местах нашей планеты – в Антарктиде, SPT (South Pole Telescope), и в чилийской пустыне Атакама, APEX (Atacama Pathfinder Experiment telescope).

Каковы же типичные характеристики и возможный эволюционный статус субмиллиметровых галактик? Измерения с высоким пространственным разрешением – получение изображений горячей пылевой компоненты с интерферометром ALMA – позволили оценить размеры этих галактик. Вспышки звездообразования с темпом несколько сотен, до тысячи масс Солнца в год заключены в области радиусом всего 1 кпк! В некоторых случаях изображения субмиллиметровых галактик распадаются на множественные компоненты. Это позволяет исследователям спекулировать, что мы наблюдаем слияние двух или нескольких массивных галактик, богатых газом. Именно от таких слияний и ожидают теоретики мощнейших и компактных вспышек звездообразования! Иногда множественности изображений не фиксируется, а видна только суперкомпактная сфероидальная область, заключающая в себя всю эту вспышку в тысячу масс Солнца в год. Если считать, что вспышка будет короткой (а она обязана быть короткой при таких безумных темпах звездообразования), то через менее чем 100 млн лет, после окончания вспышки, мы получим компактную сфероидальную галактику массой 100 миллиардов солнечных масс без звездообразования – типичную заправку будущей гигантской эллиптической галактики (массивные эллиптические галактики на  $z=2-3$  имеют радиус как раз 1 кпк). Так что субмиллиметровые галактики были объявлены ранней стадией формирования эллиптических галактик.

Однако наблюдения продолжают, и недавние наблюдения все того же миллиметрового интерферометра ALMA принесли неожиданные данные о свойствах холодного газа субмиллиметровых галактик, которые сильно запутали ситуацию. Интерферометр ALMA может строить изображения объектов с высоким пространственным разрешением в разных длинах волн. Поэтому далекая галактика может быть картирована ALMA и в непрерывном излучении горячей пыли, и в линии молекулярного газа CO, и в линии атомарного газа – однажды ионизованного углерода [CII], – которая имеет лабораторную длину волны 158 мкм, превращающуюся в 800 мкм в излучении объектов на красном смещении пять. Такие комбинированные наблюдения выборки субмиллиметровых галактик на красном смещении 4.5 показали, что в то время как кокон горячей пыли, заключающий вспышку звездообразования, действительно очень компактен и имеет радиус порядка 1 кпк, холодный молекулярный и атомарный газ простирается вокруг этого кокона в диске с радиусом в несколько килопарсек. И этот огромный газовый диск тонкий! То есть на самом деле мы видим не формирование эллиптической галактики, а формирование балджа в галактике дисковой. Причем наличие именно тонкого газового диска в галактике на красном смещении 4.5 оказалось неожиданным и с

наблюдательной, и с теоретической точки зрения. Дело в том, что толщина газового диска определяется его динамической «температурой», то есть средней хаотической скоростью газовых облаков, уравнивающей гравитацию галактики. У современных спиральных галактик ближней Вселенной эта средняя хаотическая скорость газовых облаков мала – не больше 10% от скорости вращения, и потому газовые диски тонкие. У далеких дисковых галактик на красном смещении  $z=2$  газовые диски значительно толще: средняя хаотическая скорость их газовых облаков уже сравнима, ну или не более чем в три раза меньше скорости вращения. Теоретики говорили: это оттого, что газа очень много в дисках, так работает гравитационная неустойчивость барионной компоненты галактики. И все ожидали, что еще дальше в раннюю эпоху жизни Вселенной газовые диски будут становиться все толще – ведь газа в галактиках там еще больше, он еще не успел там превратиться в звезды. Но оказалось все наоборот: ранние диски галактик – тонкие, хаотические скорости их газовых облаков снова становятся не более 10% от скорости вращения. Может, это оттого, что на  $z=4.5$  космические темпы звездообразования в несколько раз ниже, чем на  $z=2$ ? И природа турбулентности в газовых дисках галактик – энергетическая, а не гравитационная? Это в корне меняет все наши представления о ходе формирования галактик!

### **Черные дыры в центрах галактик: что было раньше, яйцо или курица?**

В ближней Вселенной в центре почти каждой галактики проживает сверхмассивная черная дыра, масса которой – примерно 0.2%–0.3% от массы сфероидальной компоненты галактики (балджа). Такая тесная связь между звездной массой галактики и массой центральной черной дыры как бы намекает на то, что и звездный балдж, и центральная черная дыра растут в ходе эволюции галактики синхронно, плавно – вероятно, в результате одних и тех же механизмов. Обсуждались разнообразные сценарии эволюции: например, слияния галактик равной массы ведут к удвоению и массы балджа, и массы центральной черной дыры. Такие сценарии отлично встраивались в полную модель эволюции Вселенной в ходе иерархического сгущивания материи. Но, как водится, совершенствование и достижения наблюдений значительно портят красоту простых и гармоничных моделей.

В последние годы – буквально в последние 5–7 лет – астрономам-наблюдателям удалось открыть и исследовать *очень* далекие квазары. «Чемпион» по дальности сейчас – квазар на красном смещении  $z=7.54$ . А всего на красных смещениях за  $z=6$  сейчас открыто более 200 квазаров. Это уже солидная статистика! И оказалось, что уже такие ранние квазары, проживавшие во Вселенной, возраст которой был меньше 1 миллиарда лет, имели массу центральной черной дыры около 1 миллиарда солнечных масс. Конечно, когда мы наблюдаем такие далекие объекты, мы в первую очередь выбираем самые яркие из них («эффект селекции»). Но верхний предел масс! В ближней Вселенной он – несколько миллиардов масс Солнца (например, в M 87 центральная черная дыра имеет массу 6 миллиардов масс Солнца), в далекой – всего в несколько раз меньше. И отношение массы центральной черной дыры к динамической массе всей галактики (измеряется также с интерферометром ALMA) в несколько раз выше – от 1% до 5% вместо 0.2%–0.3%! То есть наблюдения говорят о том, что сначала вырастает центральная черная дыра, а уже потом – галактика вокруг нее. И предлагавшиеся ранее для роста центральной черной дыры механизмы, в частности – большой мерджинг, не работают для такого *быстрого* набора массы черной дырой.



Рис.4. Так, по мнению художника, взрывались первые сверхновые после смерти массивных звезд Населения III. После каждого из этих взрывов могла остаться черная дыра с массой до тысячи солнечных масс.

Как только обнаружилось это обстоятельство, теоретики активно взялись за его проработку; и практически сразу же было предложено несколько сценариев, как можно быстро, за полмиллиарда лет, вырастить одинокую черную дыру массой миллиард солнечных масс. В первую очередь, на красном смещении не меньше 40 уже должны существовать «затравки» – черные дыры меньших масс. Насколько меньших? Годятся затравки в тысячу масс Солнца каждая, а такие небольшие черные дыры могут быть просто остатками массивных звезд населения III – гипотетических звезд первого поколения, сформировавшихся из газа с нулевой металличностью. Но теоретики способны «формировать» затравки черных дыр и массой до миллиона масс Солнца каждая. Рассматривается прямой коллапс газового облака в центральную черную дыру, минуя фазу звездообразования. Если потоки газа устремляются к центру темного гало и если газ при этом теплый и не может остыть, то он не будет фрагментировать по дороге в сгустки звездных масс и формировать галактику, но прямо сформирует в центре черную дыру массой  $10^5 - 10^6$  солнечных масс. Главное – не дать газу остыть, чтобы он не мог сфрагментировать по дороге в центр, в диске. Для достижения этого предлагается греть газ ультрафиолетовым излучением извне – например, таким обогревателем может служить соседняя карликовая галактика, которая так сформировала звезды (то есть, признается, что не всякая галактика, особенно карликовая, должна иметь черную дыру в центре?). Заметьте: чтобы успешно сформировать массивную «затравку» для будущей сверхмассивной черной дыры, нужно подавить звездообразование в диске, то есть отложить начало формирования галактики. То есть все же яйцо было раньше курицы... Однако есть и еще сценарии, со звездообразованием в самом центре – с плотным звездным скоплением в центре темного гало, звезды которого не выходят из протозвездной фазы, а быстро-быстро сливаются в единую черную дыру, массой опять же до миллиона солнечных масс. Есть и более необычные сценарии, про первичные черные дыры, доставшиеся Вселенной от Большого Взрыва – их предел масс,  $10^5$  масс Солнца, как раз подходит для «затравок» будущих сверхмассивных центральных черных дыр галактик.

Если вокруг этой «затравочной» черной дыры сохраняется массивный газовый аккреционный диск, и, если он подпитывается газом извне, дальше через эффективную дисковую аккрецию на эддингтоновском пределе – или временами даже со сверхэддингтоновским темпом, – можно за 700 миллионов лет вырастить сверхмассивную черную дыру в миллиард солнечных масс. А дальше в окружающем газовом диске начнут формироваться звезды, и вокруг нее «наростет» молодая галактика, и начнется новый этап эволюции Вселенной.





Фото А. Пахомова.



## Как добываются астрономические знания

### **АРМИЛЛЯРНАЯ СФЕРА – УНИКАЛЬНЫЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ**

**Михаил Юрьевич ШЕВЧЕНКО**

кандидат физико-математических наук, член Союза журналистов Москвы

Одной из основных задач астрономии, как в далеком прошлом, так и сейчас, являлось и является точное определение положений максимального числа звезд на небосводе. В дотелескопическую эпоху самым популярным астрономическим инструментом, который использовался для этих целей, была армиллярная сфера. Уникальность, удивительная особенность этого сложного в эксплуатации инструмента состоит в том, что за полтора тысячелетия его активного использования он практически не претерпел никаких конструктивных изменений. За счет чего он получил такую популярность? Как ему удалось продержаться в неизменном виде столь продолжительное время? Каковы его преимущества и недостатки? Попробуем разобраться в этих вопросах.

«Астролябон органон» – так в своем фундаментальном труде «Альмагест» (II в.) Клавдий Птолемей дословно называет то, что мы сейчас именуем армиллярной сферой. В переводе с древнегреческого это означает – инструмент для измерения положений звезд. Мы знаем, что в более простом исполнении подобная армиллярная сфера была за триста лет до Птолемея у Гиппарха. А ещё почти за сто лет до Гиппарха армиллярную сферу сконструировал Эратосфен, которому иногда приписывают ее изобретение. Так что до Птолемея у этого инструмента уже была большая история в четыре века длиной. Но именно Птолемею мы обязаны подробному описанию самой армиллярной сферы и методики работы с ней.



Птолемей много лет проводил с ее помощью свои наблюдения и создал каталог координат более тысячи звезд. Размеры своего инструмента он нам не сообщает, но последующие его комментаторы упоминают о полуметровом диаметре. На рис. 1 представлена реконструкция армиллярной сферы, описанной в «Альмагесте», с соблюдением всех пропорций.

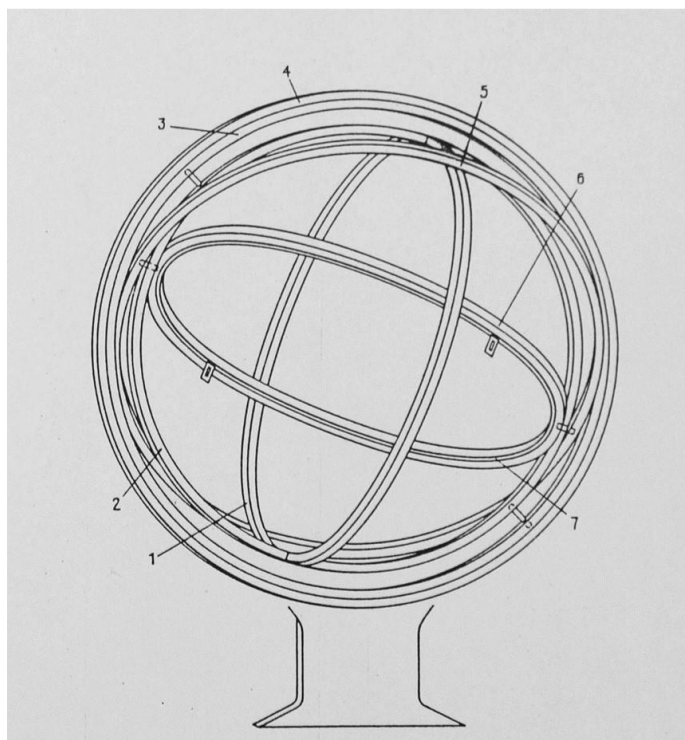


Рис. 1. Реконструкция армиллярной сферы, подробно описанной Птолемеем в «Альмагесте».

Армиллярная сфера Птолемея состоит из нескольких вращающихся кругов, которые моделируют небесную сферу. Кстати, надо здесь заметить, что всегда существовала ещё и другая разновидность армиллярной сферы, которая была просто наглядной моделью небесной сферы. Но наше внимание приковано к именно описываемой модификации. У инструмента, предназначенного для наблюдений, семь кругов, повторяющих воображаемые небесные круги. Главный круг, по которому и от которого отсчитываются координаты – эклиптика. Отсюда следует, что координаты, которые можно измерять с помощью этого инструмента – эклиптические. По самой эклиптике отсчитывается эклиптическая долгота, а ещё с помощью двух перпендикулярных ей вращающихся кругов – эклиптическая широта. Самая сложная задача – установить армиллярную сферу в такое положение, чтобы ее инструментальная эклиптика была параллельна эклиптике небесной. Только тогда можно проводить измерения. Это делалось способом, напоминающий тот, как сейчас любители астрономии наводят свои телескопы на Солнце (рис. 2).

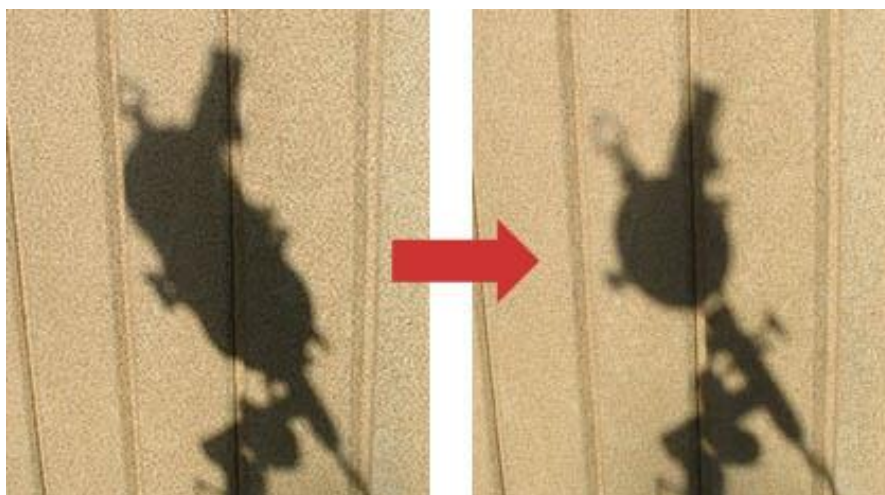


Рис. 2. Современный способ наведения любительского телескопа на Солнце.

На Солнце же нельзя смотреть в телескоп, поэтому наблюдатель смотрит в противоположном направлении, в данном случае, как показано на рисунке, на тень телескопа, которую он отбрасывает на стенку. Нужно перемещать телескоп до тех пор, пока его тень не превратится в круг, как показано на правом фрагменте. Это значит, что инструмент точно смотрит на Солнце.

В нашем случае использовалась подобная методика. Внешний перпендикулярный эклиптике визирный круг (5) вращался до тех пор, пока не достигал отсчета на эклиптике (круг 1), приблизительно соответствующего расчетной долготе Солнца на этот день, потом единым вращением добивались попадания тени внешней стороны этих колец на внутренние их стороны, в этот момент армиллярная сфера занимала положение небесной сферы. Далее второй визирный круг (6) наводили на Луну и определяли угловое расстояние от Луны до Солнца по эклиптике. Потом в наблюдениях делался перерыв до наступления темноты и появления звезд. Далее повторялась ориентация инструмента, только теперь Луна занимала положение Солнца (глаз прикладывался к кругу, чтобы Луна усматривалась в его плоскости одинаково, как с правой стороны, так и с левой). После чего инструментальная сфера снова принимала правильное положение в пространстве и далее можно было определять эклиптические долготы и широты опорных звезд с помощью встроенных один в другой визирных кругов (6) и (7). Когда координаты опорных звезд определены, далее можно проводить определение положений остальных звезд сразу ночью, ориентируя армиллярную сферу по опорным звездам (другие круги на рис.1 – это: 2 – колюр солнцестояний; 3,4 – сдвоенный небесный меридиан; особое крепление позволяло вращаться внутреннему кругу 3 по внешнему 4, что давало возможность менять наклон полярной оси инструмента).

Итак, мы видим, что проводить наблюдения с помощью этого инструмента не так-то легко. Нельзя ли было придумать что-то попроще? Почему надо было измерять именно эклиптические координаты? Основной виновник всему – прецессия.

Это явление было открыто ещё Гиппархом. Прецессия, как известно, приводит к двум видимым эффектам. Во-первых, точка на небе, вокруг которой совершает суточное движение небосвод, называемая полюсом мира, медленно перемещается. Во-вторых, визуально незаметный, но крайне важный для астрономов эффект – смещение точки весеннего равноденствия, т.е. точки пересечения эклиптики и небесного экватора по экватору навстречу видимому движению Солнца по небу. Поэтому прецессию ещё называют предварением равноденствия. То есть равноденствие происходит каждый год чуть раньше, чем если бы прецессии не существовало. От точки весеннего равноденствия отсчитываются небесные координаты. По эклиптике – эклиптические (долгота и широта). По экватору – экваториальные (прямое восхождение и склонение). На рис. 3 мы видим, как смещается положение точки весны на фоне созвездий. За один год – это очень небольшая величина, меньше одной угловой минуты, но за десятилетия и столетия накапливается существенная величина. Это приводит к изменению небесных координат всех звезд. Обе экваториальные координаты меняются со временем довольно сложно. Это изменение зависит ещё и от конкретного положения искомой звезды на небосводе. Эклиптические же координаты меняются очень удобно, если так можно сказать. Широта вообще не подвержена влиянию прецессии, а долгота просто монотонно увеличивается, причем для всех звезд одинаково. И достаточно один раз создать точный каталог в эклиптических координатах, чтобы потом его столетиями использовать, просто внося известную поправку в долготы. Это хорошо понимал Птолемей, отдав предпочтение эклиптической системе координат. Как мы теперь знаем, координаты звезд в каталоге Гиппарха, фрагменты которого недавно обнаружены, даны в экваториальной системе. Однако цена этого выбора, сделанного Птолемеем, оказалась довольно высокой: весьма скромная точность координат звезд в каталоге и наличие в долготах больших систематических ошибок.

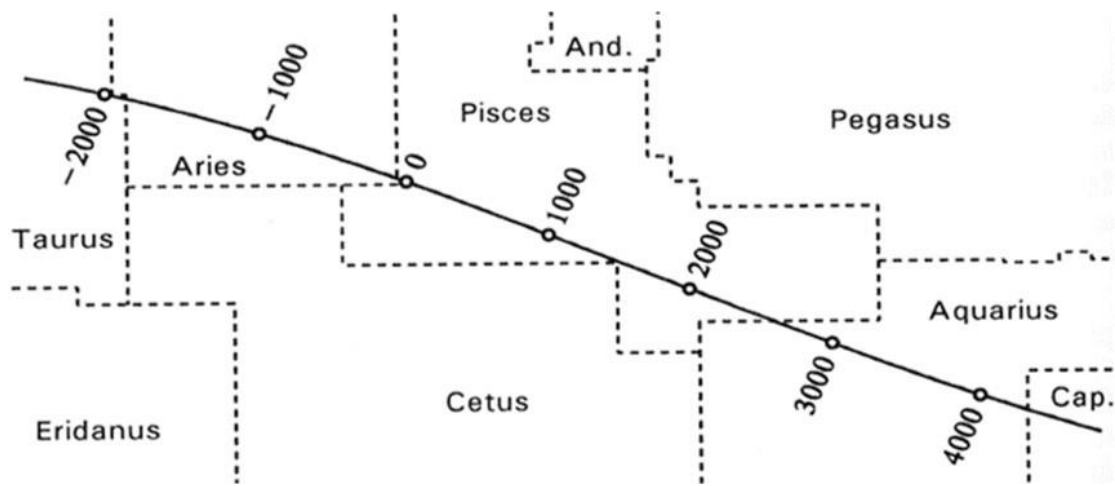


Рис. 3. Изменение со временем положения точки весеннего равноденствия на фоне звезд.

Создание большого звездного каталога – огромная работа. Поэтому мы встречаем на протяжении всего средневековья только один такой случай – каталог Улугбека. Астрономы той эпохи чаще всего просто вводили долготную поправку в звездный каталог Птолемея или ограничивались наблюдениями небольшого числа звезд и составлением списков их эклиптических координат.

В этом и есть разгадка секрета популярности армиллярной сферы. Она позволяла сразу получать эклиптические координаты. Птолемей описал ее оптимальное устройство. В таком виде оно прошло через века.

С самого начала расцвета астрономии на средневековом мусульманском Востоке инструмент, описанный Птолемеем в «Альмагесте» – армиллярная сфера – стал одним из основных инструментов для определения положений небесных светил. Ал-Фергани, работавший в Багдаде при дворе ал-Мамуна (IX в.) писал: «Древние ученые, занимавшиеся звездочетством, постигали учение о движении небесных сфер и о том, что происходит при этом, с помощью наблюдения и измерения, и большинство их заключений выводилось из того, что было получено с помощью измерительного инструмента, называемого армиллярной сферой» [1]. Все крупные астрономические обсерватории стран ислама были оснащены армиллярными сферами.

В период с IX по XVI вв. конструкция армиллярной сферы не претерпела никаких принципиальных изменений по сравнению с птолемеевой. А вот ее размеры, начиная по крайней мере с XIII века, значительно превосходили габариты инструмента, которым пользовался Клавдий Птолемей. Так, диаметр армиллярной сферы Марагинской обсерватории был равен 2 м. Инструменты изготавливались из меди и бронзы. Зная плотность этих двух металлов (почти одинаковую), можно примерно оценить массу марагинского инструмента. Получается около центнера. Внушительная конструкция.

Бируни жил спустя девять столетий лет после Птолемея, но это не помешало ему в «Каноне Масуда» близко к тексту «Альмагеста» изложить методику определения координат светил с помощью армиллярной сферы.

Ведущий астроном Самаркандской обсерватории ал-Каши при перечислении инструментов обсерватории на первое место ставил армиллярную сферу. У Улугбека их было две. Их диаметр составлял уже 3 м.

Астрономы стран ислама ошибочно полагали, что увеличение размеров инструмента, позволяющее сделать цену деления отсчетной шкалы линейно больше, ведет к повышению точности наблюдений. Как мы знаем теперь, это совсем не так. Справедливости ради надо сказать, что астрономы только в XIX веке как следует разобрались, что существуют разные виды инструментальных ошибок наблюдения, как систематические, так и случайные. Как зависящие от инструмента, так и от самого

наблюдателя. Известна история, когда даже в самом конце XVIII века королевский астроном Невил Маскелайн уволил своего ассистента только за то, что его записи наблюдений отличались от аналогичных, сделанных самим именитым астрономом. И только спустя два десятилетия немецкий астроном Фридрих Бессель показал, что существует такая ошибка, как личное уравнение, то есть ошибка, присущая конкретному наблюдателю и связанная с его физиологическими особенностями проведения наблюдений. Она может быть измерена и учтена. Что и делалось в последующем. Ничего этого не знали астрономы стран ислама. И вот результат. Точность звездного каталога, подготовленного астрономами Самаркандской обсерватории, которые наблюдали с помощью двух армиллярных сфер, превышающих Птолемею в шесть раз, такая же, как и точность координат звезд каталога из «Альмагеста». Так что простое механическое увеличение размеров инструмента совсем не гарантирует увеличение точности наблюдений.

Ни один подобный инструмент той эпохи не сохранился. Но зато мы имеем вот такую редкую картинку (рис. 4). Это миниатюра из поэмы, написанной в 1581 г. персидским автором Али ал Дином ал-Мансуром, часть которой посвящена недолго просуществовавшей в те годы Стамбульской обсерватории. Несмотря на некоторую условность изображения (обратите внимание, два астронома справа вверху овладели левитацией и парят в воздухе, ни на что не опираясь), оно насыщено множеством интересных и важных деталей. Прежде всего, что мы видим: перед нами гигантский инструмент, сделанный из металла, подвешенный на мощной деревянной опоре. Его диаметр около 4 м, а это значит, что он весит несколько центнеров. На картинке две врезки со строками из поэмы, написанной на фарси. Вот что здесь написано:

*С каждым инструментом наблюдения ведут  
совместно пять мудрых и знающих ученых:  
имеется два или три наблюдателя, а четвертый записывает [результаты наблюдений],  
имеется также и пятый человек, который выполняет  
разнообразную работу [2].*



Рис. 4. Армиллярная сфера Стамбульской обсерватории (вторая половина XVI в.).

Всё, как у Птолемея, только в гораздо большем масштабе. Самый внешний круг инструмента, изображенный перпендикулярно плоскости рисунка – это круг, соответствующий небесному меридиану. Он закреплен в горизонтальном кольце деревянного штатива. Следующий круг, после меридианного, и самый внутренний, за которые держатся три наблюдателя – визирные круги. Оставшиеся два круга соответствуют эклиптике и колюру солнцестояний.

Приглядимся повнимательнее к миниатюре, на которой изображена сцена выполнения наблюдений. Астроном, находящийся слева, как и полагается при работе в строгом соответствии с методикой наблюдений, изложенной в «Альмагесте», наводит первый визирный круг на Солнце,

изображенное в правом верхнем углу миниатюры. Двое других наблюдателей (справа) работают со вторым визирным кругом, который в данный момент они наводят на Луну (в верхнем левом углу миниатюры). Этот круг изображен заметно утолщенным по сравнению с остальными, что, по-видимому, свидетельствует о его соответствии конструкции аналогичного круга птолемеевой армиллярной сферы, который был двойным (круги 6 и 7 на рис. 1). Этим, кстати, скорее всего объясняется наличие двух наблюдателей именно около этого круга, так как размеры инструмента затрудняют работу с двойным кругом одному человеку. Один астроном, видимо, удерживает круг в заданном положении и считывает эклиптическую долготу светила, а второй в то же время вращает вложенный в него меньший круг и измеряет эклиптическую широту. Результаты наблюдений сразу сообщаются четвертому астроному, сидящему за столом, который их записывает. Пятый участник работы, возможно, следит за правильным положением меридианного круга с помощью отвеса. Его отлично видно между двумя астрономами, находящимися внизу. О таком способе контроля правильного положения инструментального меридиана писал Бируни.

Рисунок наглядно свидетельствует, что спустя четырнадцать столетий птолемеев инструмент и методика работы с ним, изложенная в «Альмагесте», не претерпели изменений. Не изменилась за прошедшие столетия и точность измерения координат ночных светил, хотя размеры армиллярной сферы выросли почти на порядок.

Николай Коперник поместил в своем фундаментальном труде «О вращениях небесных сфер» звездный каталог, используя для него в качестве основы координаты звезд из «Альмагеста». Самостоятельных наблюдений звезд для каталога Коперник не проводил, но измерением положений светил на небе он активно занимался и при этом всецело следовал птолемеевой традиции. Коперник дает подробное описание армиллярной сферы в «О вращениях...», полностью повторяя соответствующий фрагмент из «Альмагеста», а также используя данные его последующих комментаторов. Более того, Коперник сам пользовался такой армиллярной сферой, изготовленной, в отличие от металлических птолемеевой и мусульманских, из пихтовой древесины. К сожалению, она также не сохранилась, но в фойе пражского планетария есть прекрасная модель этого инструмента в натуральную величину, которая дает нам наглядное представление об армиллярной сфере Коперника (рис. 5). С помощью подобного инструмента он проводил позиционные наблюдения Луны и планет в соответствии с методикой Птолемея, которую он также подробно излагает в своей знаменитой книге. В частности, Коперник замечает: «Без Луны было бы невозможно определять места звезд, поскольку из всех светил лишь она одна бывает видна днем и ночью» [3]. Любопытно, что именно в этом пункте европейская астрономия отошла от Птолемеевой методики позиционных наблюдений в направлении ее усовершенствования, и первым это сделал старший современник Коперника Бернард Вальтер, который на рубеже XV и XVI вв. проводил регулярные позиционные наблюдения планет с помощью построенной им самим довольно внушительной армиллярной сферы диаметром около 1,8 м. Он заменил Луну Венерой, что, с учетом ещё некоторых нововведений, вдвое увеличило точность его наблюдений.



Рис.5. Модель армиллярной сферы Коперника в фойе планетария в Праге.

Последним, кто использовал армиллярную сферу для массового определения координат звезд, был Тихо Браге. Он, как и его предшественники, начал с постройки этого инструмента в соответствии с описанием Птолемея. Однако датский астроном довольно быстро убедился в том, что армиллярная сфера в таком исполнении имеет ряд принципиальных недостатков. Прежде всего, та система координат, в которой работает этот инструмент. Эклиптическая система координат подкупала своим безусловным удобством использования, о чем мы уже говорили. Исчерпав все возможности усовершенствования самого инструмента и методики определения с его помощью координат светил, он поставил эклиптической армиллярной сфере суровый диагноз – неизлечима. Тихо Браге совсем отказался от измерения эклиптических координат, он разработал собственную методику и построил новые инструменты. В результате точность его измерений возросла более чем в 10 раз.

С появлением оптики на смену армиллярным сферам пришли принципиально иные инструменты, такие как, например, меридианный круг (рис. 6). Меридианный потому, что плоскость его вращения располагалась в плоскости небесного меридиана и позволяла измерять экваториальные координаты светил, склонение и прямое восхождение. Для измерения прямого восхождения ещё требовались точные часы. Методика наблюдений значительно упростилась (по сравнению с армиллярной сферой). Заметно упростились и способы вычислений, поэтому вносить поправки за прецессию в экваториальные координаты уже не составляло большого труда. Всё это еще почти в сто раз увеличило точность по сравнению с достижением Тихо Браге.

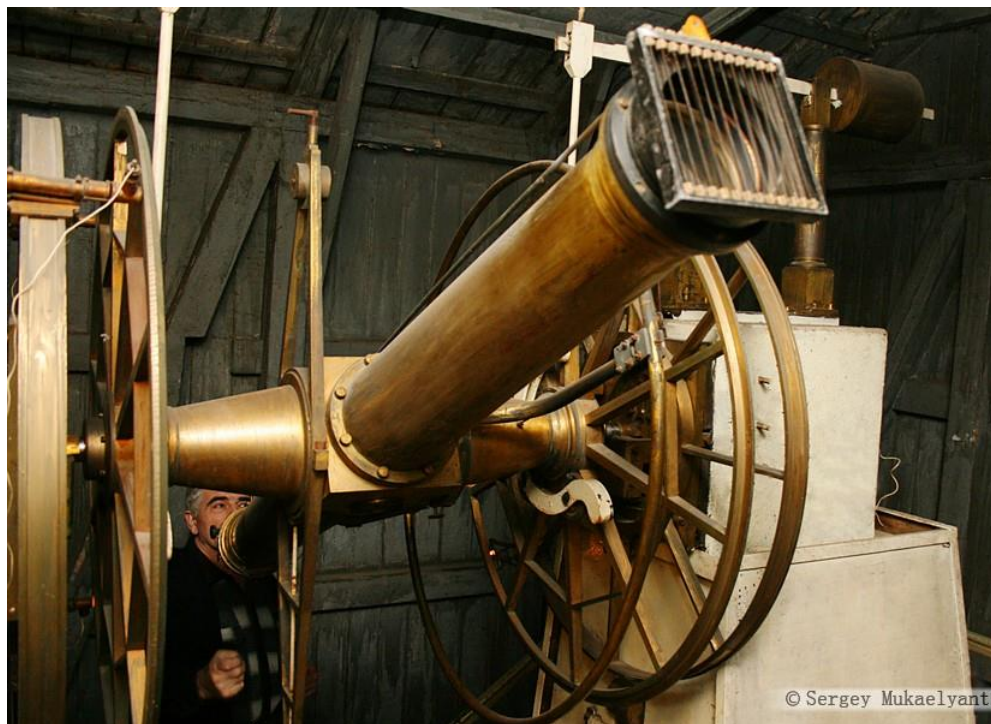


Рис. 6. Меридианный круг.

Сегодня астрометрия покинула Землю и ушла в космос. Только там можно получить точность, недостижимую для земных инструментов. Последний, пятый фундаментальный каталог, основанный только на наземных наблюдениях, обеспечивал точность чуть выше, чем 0,1 угловой секунды. И это был предел возможностей наземной астрономии. Вывод астрометрических телескопов в космос увеличил эту точность в несколько тысяч раз. На рис. 7 показан космический телескоп Гая, предназначенный для высокоточного определения положений звезд и расстояний до них. Кстати, он примерно такого же размера ( $4,6 \times 2,3$  м), как и армиллярная сфера Стамбульской обсерватории. За без малого десять лет работы он с невиданной ранее точностью построил трехмерную карту нашей Галактики, включающую около 2 миллиардов звезд.

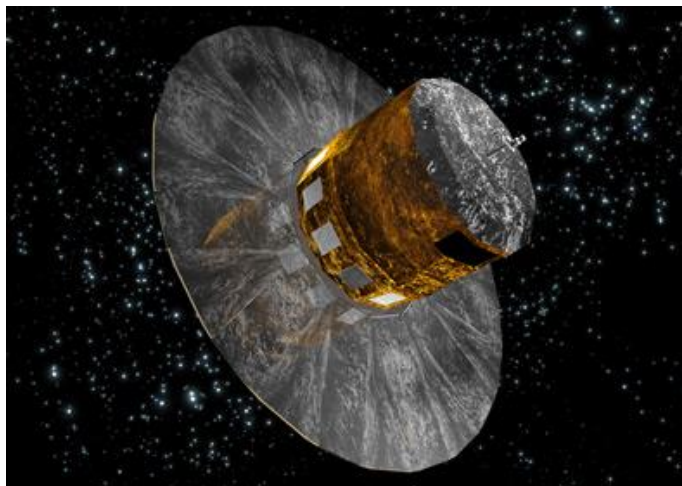


Рис. 7. Космический телескоп Гайя.

Ну а что же армиллярная сфера? Она сослужила свою великую многовековую службу астрономии. Ее главным достижением явились два фундаментальных каталога положений более тысячи звезд, созданных Птолемеем и астрономами Самаркандской обсерватории, и теперь она заняла достойное место символа науки о Вселенной и вообще точной науки. В этом качестве мы можем ее увидеть в самых разных местах, например, на вершине башни Кунсткамеры в Санкт-Петербурге (рис. 8) или на гербе Португалии (рис. 9).



Рис. 8. Верхняя часть башни Кунсткамеры в Санкт-Петербурге.

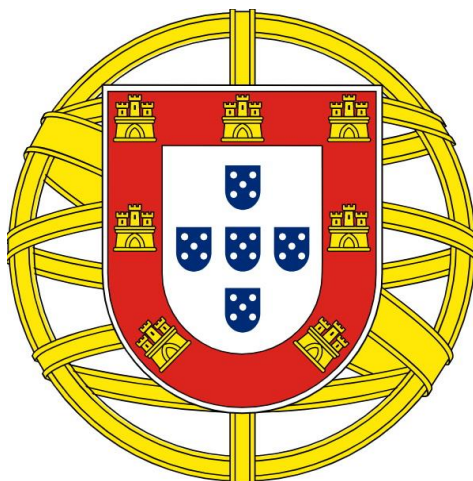


Рис. 9. Герб Португалии.

## Литература

- [1] ал-Фергани. Астрономические трактаты (отрывки) // Материалы по истории прогрессивной общественно-философской мысли в Узбекистане /Ред. И.М. Муминова и М.М. Хайруллаева. – 2-е изд. – Ташкент: Фан, 1976. – С.72.
- [2] Sayili A. Ala al Din al-Mansur's Poem on the Istambul Observatory // Turk Tarih Kurumi. – Belleteu, 1956, V.20, N 69, p.478.
- [3] Коперник Н. О вращениях небесных сфер. – М.: Наука, 1964. – с.107.



## Люди науки

### **ТЁЩА, ОТКРЫВШАЯ ПЛАНЕТУ**

**Юрий Владимирович СОЛОМОНОВ**

*(публикуется с небольшими сокращениями)*

Имена англичанки Каролины Гершель и американки Марии Митчелл у историков науки на слуху. Гершель стала первой в современной истории женщиной, открывшей комету, а Митчелл первой совершила телескопическое открытие кометы и первое открытие кометы в Новом Свете. Однако, кроме комет, в нашей Солнечной системе существуют сотни тысяч астероидов, но вот имя первой женщины–открывателя этих тел не известно даже большинству астрономов. А ведь ею является наша соотечественница, советский астроном Пелагея Шайн.

### **Дочь «ленинского ходока»**

Родилась Пелагея в небольшой деревне Попово-Останино Пермского уезда в 1894 г. Деревушка стояла на живописном берегу реки Усолки в двух километрах от уездного центра села Половодово, и в основном здесь жили довольно богатые крестьяне. Однако семья Федора Самсоновича Санникова, отца Пани, как называли ее в детстве, даже среди них считалась очень обеспеченной. Отец выбился из крестьян в подрядчики, занимаясь поставкой дров для солепромышленника Рязанцева. От отца Пелагее передалась тяга к образованию, любовь к книгам и настойчивый характер.

После окончания Половодовской начальной школы девочка поступила в Соликамскую гимназию, которую окончила с золотой медалью. В 1913 г. она стала слушательницей физико-математического отделения Высших женских (Бестужевских) курсов, и для того, чтобы заработать на продолжение обучения, сама давала уроки.

Революционные события 1917 г. заставили Пелагею вернуться из Петрограда на малую родину, где она начала работать учителем в школе при солеваренном заводе. А затем судьба сделала крутой поворот – в 1920 г., вероятней всего, отступая с колчаковской армией, она попала в Томск, а её отец в тот же год оказался в Москве в составе «половодовских ходоков» и был принят Владимиром Лениным.





Пелагея Санникова – студентка Высших Бестужевских курсов (1917)

### **Любовь на всю жизнь**

В Томске Пелагея встретила свою любовь – молодого астронома Григория Шайна, который преподавал в Пермском университете и также эвакуировался с войсками Колчака из Перми. Молодые, недолго думая, оформили отношения, а в 1921 году, когда Григория пригласили работать в Пулковскую обсерваторию, жена поехала с ним, бросив учебу. С тех самых пор и до конца жизни Пелагея Фёдоровна оставалась незаменимой помощницей мужа, как в научных исследованиях, так и в организационных делах.

В 1925 г. Шайн был командирован в Симеизское отделение Пулковской обсерватории для руководства работами по установке крупнейшего в стране зеркального телескопа. В этой обсерватории ещё в 1908 г. был установлен небольшой двойной астрограф, на котором еще Григорий Неуймин с 1913 года начал поиски малых планет (астероидов), став первым в России открывателем подобных тел. Неуймину удалось заинтересовать Пелагею поисками астероидов, и 15 августа 1928 года она совершила свое первое открытие.

Обнаруженный ею астероид получил порядковый номер 1112, а впоследствии и собственное имя – Полония, в честь государства Польша. Присвоение такого названия стало политическим подарком советских астрономов Польской Народной Республике. Однако это был не единственный астероид, который Пелагея обнаружила на снимках, полученных ночью 15 августа – буквально в той же области звездного неба находился ещё один неизвестный ранее астероид, получивший порядковый номер 1113. Его Пелагея назвала просто Катей – в честь лаборантки обсерватории Екатерины Лосько. Всего же за свою жизнь Пелагея Шайн обнаружила 19 астероидов. А чуть позднее, когда из Пулкова перевезли «зонный астрограф», с его помощью она открыла более 150 новых переменных звёзд.



Пелагея Федоровна Шайн

Её муж, Григорий Абрамович Шайн, в Симеизе занимался астрофизическими исследованиями, открыл сотни не известных ранее туманностей и в 1939 г. был избран академиком АН СССР.



Григорий Абрамович Шайн

А потом началась Великая Отечественная война. В сентябре 1941 г. сотрудники обсерватории начали готовиться к эвакуации, однако к октябрю положение настолько ухудшилось, что не только телескопы, но и библиотеку не удалось вывести. Спасли только спектрограммы, полученные на зеркальном телескопе. В дальнейшем немцы вывезли все оборудование в Германию, а постройки обсерватории были взорваны или сожжены. Астрономы должны были отправиться в Китаб, но во время эвакуации сильно заболел Григорий Шайн. В итоге, вместо Ташкентской обсерватории, Шайны и ассистентка Григория – Вера Газе оказались в грузинском городе Абастумани, где, несмотря на войну, продолжали научную работу.

### **Рождение Крымской обсерватории**

В 1944 г., как только Крым был освобожден, Шайны вернулись в Симеиз. Перед ними предстала страшная картина: главное здание обсерватории было сожжено, башни полуразрушены.

24 мая 1945 г. астрофизики Петр Добронравин и Андрей Северный во дворе Потсдамской обсерватории нашли метровое зеркало главного телескопа обсерватории, в нескольких местах поврежденное выстрелами. Это свидетельствовало о том, что Симеизская обсерватория прекратила свое существование. Но оставался коллектив уникальных специалистов, и 30 июня 1945 года Правительство СССР приняло решение об организации самостоятельной обсерватории в Крыму. Директором обсерватории был назначен академик Григорий Шайн. А вот с Неуйминым все получилось наоборот, когда рассматривался вопрос о назначении его на должность директора Пулковской обсерватории и для этого нужно было избрать его членом-корреспондентом АН СССР. Во время торжественного чаепития в приемной президента Академии наук Сергея Вавилова, где рассматривалась кандидатура Неуймина, кто-то сказал: «Он ещё и малые планеты открыл». Из астрономов на чае присутствовал один Виктор Амбарцумян, который всю дискуссию молчал. Наконец Вавилов не выдержал и обратился к Амбарцумяну: «Что же вы молчите – ведь Неуймин достойный кандидат, он открыл астероиды...». И тут Амбарцумян, впервые нарушив молчание, очень серьёзно сказал: «Да, но моя тёща тоже открыла астероиды!» Послышались смешки. Получалось, что человека будут выбирать за дело, которое может выполнить тёща... И через несколько дней, на выборах, Неуймина завалили! А ведь прав был Амбарцумян! Он только не добавил, что его тёща – Пелагея Федоровна Шайн.

В 1949 г., когда всю работу по восстановлению обсерватории, Пелагея открыла свою первую и единственную комету, которую независимо от нее обнаружил и американский астроном Роберт Шалдех, поэтому комета получила двойное имя: Шайн–Шалдеха. Почти каждые семь лет она сближается с Землей, и с момента открытия астрономы наблюдают каждое ее возвращение, последнее из которых произошло в 2022 году.

Григорий Шайн является открывателем другой кометы, она была обнаружена в 1925 г. и получила название Шайна–Кома Сола, но период её обращения составляет несколько тысяч лет. В 1952 г. Григорий Шайн передал свои директорские полномочия Андрею Борисовичу Северному. В 1953 г. в

обсерватории заработал Большой солнечный телескоп, а в 1955-м завершилась первая очередь строительства Крымской астрофизической обсерватории. В связи с этим здесь была организована Всесоюзная конференция по современным астрофизическим проблемам, на которую прибыли сотни астрономов со всего Союза и несколько десятков зарубежных ученых.

Однако Пелагея не смогла присутствовать на столь значимом событии. К этому времени у неё развилось онкологическое заболевание. Из-за болезни Пелагеи супруги Шайны большую часть времени находились в Москве. Григорий мотался от одного врача к другому, каждый день возвращаясь на свою дачу в Абрамцево, где лежала Пелагея Федоровна. Во время одной из таких поездок он почувствовал себя плохо. В академической поликлинике ему сделали электрокардиограмму, но специалиста, который мог бы ее прочесть, поблизости не оказалось. А между тем на кардиограмме был виден обширный инфаркт миокарда. И Григорий Абрамович, не подозревая об инфаркте, поехал обратно в Абрамцево. 4 августа 1956 г. его сердце остановилось.

Пелагея пережила своего мужа всего на 24 дня. Похоронили их в поселке Голубой Залив в Крыму. В 1961 г. вступивший в строй крупнейший телескоп Крымской обсерватории с диаметром зеркала 2,6 м получил имя Григория Шайна – единственный случай в истории СССР, когда крупному инструменту было присвоено имя ученого.



## Для начинающих

### **АСТРОНОМИЯ НА ДЕТСКОЙ ПЛОЩАДКЕ**

**Вера Львовна ШТАЕРМАН**

#### **Наша планетная семья**

- Смотри! Мой снежный замок готов! В нем будет жить снежная королева. А еще я построю замок для снежного принца, и они будут ходить друг к другу в гости.
- Давай-ка ты замком для принца займись завтра. А сегодня пора домой собираться. Уже вечер. Очень холодно. И почти темно.
- Правда, почти темно. И небо почти черное. Смотри, какая яркая звезда! Другие звезды еще только просыпаются, а ее уже видно.
- Это не звезда. Это Венера.
- А кто такая Венера?
- Планета, как и наша Земля. И тоже обращается вокруг Солнца. Только она ближе к нему, чем мы.
- То-то она так ярко светит! Красивая какая!
- Она вообще не светит. Она отражает солнечный свет. Как и наша Земля.
- Слушай, значит, если на Землю с неба смотреть, она тоже светиться будет?
- Да, конечно. Земля тоже отражает свет Солнца. Солнце – это звезда. Внутри Солнца, как и других звезд, очень жарко. Там все время вырабатывается тепло. Очень много. Это тепло поднимается вверх и выходит наружу. И из-за того, что тепла очень много, оно превращается в свет. Как в электрической лампочке. Но лампочка светит, только когда через нее ток идет, а Солнце светит все время, собственным светом. И освещает, и греет планеты, которые около него живут. И все, что есть на этих планетах.
- А у Солнца много планет? Сколько? А где они прячутся? Почему их не видно?

– Ну, не так чтобы совсем не видно. Всего у Солнца 8 планет. Ближе всех, очень близко к нему, Меркурий. Поэтому его можно увидеть только на восходе или на закате, и очень ненадолго. Но у Меркурия почти нет атмосферы, нет воздуха, поэтому на той его стороне, которая обращена к Солнцу, очень жарко, зато на другой стороне очень холодно. И там нет воды. И никто там не живет.

Потом идет Венера. На нее мы с тобой только что смотрели. У нее густая, плотная атмосфера. Она отражает много солнечного света, но много и пропускает на планету. На Венере тоже, по-видимому, нет воды, там тоже очень жарко. И тоже, кажется, никто не живет.

Потом наша Земля. У нас есть хороший воздух, много воды, не очень жарко и не очень холодно. Поэтому тут растет много разных растений и живет много разных животных. Это, кажется, самая уютная планета.

Потом Марс. Он гораздо дальше от Солнца, чем Земля, и там гораздо холоднее. У Марса есть атмосфера, хотя не очень густая. Похоже, там когда-то была вода. И, может быть, когда-то была жизнь. Может быть, там и сейчас живут какие-нибудь бактерии. Еще дальше от Солнца Юпитер и Сатурн. Они очень большие, и у каждого из них есть глубокая плотная атмосфера. Поэтому они хорошо отражают свет Солнца. Пять планет – Меркурий, Венеру, Марс, Юпитер и Сатурн – можно увидеть на небе «просто так», как говорят, невооруженным глазом. А вот самые далекие от Солнца планеты – Уран и Нептун – просто так не видно. Они слишком далеко от нас. На них в телескоп смотреть надо.

– А телескоп – это такая большая труба на палке? А почему в нее видно то, что далеко и просто так не видно?

– Телескоп – очень сложный инструмент. С ним надо уметь работать... Только небо-то уже совсем темное. Так что пойдем домой поскорее. Дома я дам тебе бинокль, и ты сможешь смотреть в него на небо. Если ужинать хорошо будешь.



Фото А. Пахомова.



*От редактора.* Рассказ был впервые опубликован в марте 1951 г. Интересно, что на пороге космической эры автор не только не сомневается в будущем первенстве США в освоении космоса, но и полагает, что в СССР ход космической гонки будут замалчивать, и это за шесть лет до первого спутника и за 10 лет до полета Ю.А.Гагарина.

### **Э.К. ДЖАРВИС** **Билет на Венеру**

Маркхем был уверен, что полеты в космос пока невозможны. Как же это никому не известное агентство осмелилось продавать билеты для полетов на другие планеты? Офис возник как по волшебству. Два дня назад помещение пустовало, вчера в него занесли мебель, а сегодня тут уже работают.

Когда утром Маркхем шел на работу в свое скромное учреждение, художник-оформитель писал на входной двери:

#### АГЕНТСТВО ПУТЕШЕСТВИЙ САРТЕНА

А в полдень, когда Маркхем шел на ленч, на двери уже красовалось еще и следующее:

#### ГЛАВНАЯ БИЛЕТНАЯ КАССА

Билеты на:

ЛУНУ

МАРС

ВЕНЕРУ

Кажется, ничто, кроме неожиданной угрозы гибели, не могло поразить его сильнее, чем эти три слова, написанные на дверях офиса. ЛУНА, МАРС, ВЕНЕРА.

Если верить скромной вывеске на дверях офиса, тут продавались билеты на межпланетные перелеты. Так же, как на первом этаже этого здания продавались билеты на авиарейсы в Азию, Европу, острова посреди океана... И это – в 1951 году!

Он был ошеломлен. Ему вдруг на минуту показалось, что он долго-долго пребывал в небытии, в неподвижности, а время мчалось мимо него. Был какой-то рассказ... Он порылся в памяти... Рип Ван Винкл. Он чувствовал то же, что должен был чувствовать Рип Ван Винкл, когда очнулся после двадцатилетнего сна и узрел чудеса<sup>1</sup>.

Он неподвижно стоял в холле здания – высокий, худощавый, слишком, может быть, смуглый человек в неброской, хорошо сидящей одежде, а поток голодных людей, спешащих на ленч, пронесся мимо. И, кажется, никого, кроме него, не заинтересовало это объявление. Кое-кто мельком взглядывал на надпись, усмехался – и мчался дальше. Для большинства людей ленч значил больше, чем межпланетные путешествия.

Это какое-то надувательство, решил он. Если вы войдете внутрь, вам постараются продать права на добычу полезных ископаемых на Луне, или ранчо на Венере, или месторождение урана на Марсе. Когда-нибудь все это действительно будет продаваться на Земле. Но не сейчас. Люди еще не научились летать в космос. Если бы кто-нибудь на Земле совершил космический перелет – даже коротенький прыжок на Луну, все газеты на планете, за возможным исключением «Известий» и

---

<sup>1</sup> Рип Ван Винкл, герой одноименного рассказа Вашингтона Ирвина, проспал в лесу более 20 лет и проснулся после того, как США получили независимость.

«Правды», пестрели бы заголовками, кричащими об этом потрясающем достижении. Это было бы во всех радио- и телепередачах, каждый обозреватель комментировал бы это событие. Здесь, в Нью-Йорке, на Пятой авеню был бы парад с плакатами, тысячи листовок выбрасывались бы из открытых автомобилей...

Но не было ни парада, ни дождя листовок, обрушивающегося на отдел уборки улиц, ни радио- и телеинтервью. Множество деревьев было срублено, чтобы изготовить бумагу для описания летающих тарелок и различных ракетных экспериментов, проводимых в Нью-Мексико, но об успешном полете в космос не было ни слова. Армия запустила ракету, которая, по-видимому, не упала. Армия, или Военно-воздушные силы, или кто-то еще – все равно. Эту ракету не смогли найти. А больше ничего не было. Маркхэм взял себе за правило следить за такими проектами. Значит, этот офис – мошенничество.

Но – а вдруг нет? Мог ли полет в космос не повлечь за собой фанфар и парадов, и чтобы единственным его следствием стало открытие офиса, продающего билеты на полеты к другим планетам?

Он знал, что когда-нибудь полеты в космос станут реальностью. И когда это произойдет, где-нибудь появится офис, там будут продаваться билеты на такие полеты, и кто-нибудь будет получать от этого доход. Около космопортов расположатся конторы по приему грузов, мускулистые люди будут эти грузы взвешивать и складывать в электрокары...

– Ладно, – решил Маркхэм. Я зайду туда и посмотрю, что к чему.

Он не мог видеть, что находится за матовыми стеклами витрины. Но он видел эти волшебные слова: Луна – Марс – Венера. Он уже взялся за ручку двери – но вдруг отдернул руку и отступил на шаг. А что, если это ловушка?

При этой мысли он невольно положил руку на усилитель слухового аппарата, уютно устроившийся в кармане его жилета. Ощущение этого устройства прибавило ему уверенности. Пока он носил слуховой аппарат, ему ничто не угрожало, за исключением транстронного поля, в котором прибор не работал.

Есть ли здесь транстронное поле? Щупальца, казалось, вытекали из его разума, проверяя окружающее пространство. Он покачал головой. Здесь не было никакого транстронного поля. Щупальца потекли обратно, сообщая, что все спокойно. Он открыл дверь.

За входной дверью оказалась приемная, а за ней – дверь с надписью «Управляющий». Дверь была приоткрыта, и видно было, что управляющего в данный момент нет на месте. Но в приемной за конторкой сидела девушка.

Вид девушки внушал уверенность. У нее были длинные ногти с карминовыми кончиками, платиновые волосы, очевидно, покрашенные каким-то новомодным средством, и очень длинные накладные ресницы.

Маркхэму девушка понравилась с первого взгляда. Она была такой заурядной, такой вульгарной, такой безвкусной, что просто должна была быть настоящей. Такая девушка в приемной не могла скрывать ловушку. Во-первых, она была слишком очевидно глупа, а во-вторых, так ординарна, что, несомненно, была подлинной. Она понравилась ему потому, что при одном взгляде на нее он почувствовал себя в безопасности.

Когда Маркхэм вошел, она одарила его тем, что, по ее мнению, было очаровательной улыбкой.

– Вы что-то хотели, сэр? – Ее улыбка говорила, что чего бы он ни хотел, у нее это было.

Маркхэм проигнорировал улыбку.

– Да. Сколько стоит билет на Марс?

Ее лицо несколько увяло. Она сверилась с лежащими перед ней бумагами.

– Смотря по обстоятельствам. Что-нибудь от 26 000 до 64 000 долларов.

– Две цены за билет в одно и то же место?

– Так здесь написано.

Ее хмурый взгляд говорил, что она тоже этого не понимает, но так было сказано в документах, а девушка читала их и, следовательно, не могла ошибиться. Она наклонилась вперед, чтобы рассмотреть бумаги. – Это зависит от того, находится ли Марс в перигелии или в... перигелии.

– Что это значит? – спросил Маркхэм. Он прекрасно знал, что означают эти слова, но хотел посмотреть, знает ли она.

– Ох, сэр, вам надо спросить мистера Левеллина, нашего управляющего. Он знает, что это значит.

– Когда его можно застать?

– Думаю, сегодня во второй половине дня. Но я могу продать вам билет.

– Сколько он будет стоить?

– Наша следующая поездка состоится девятого октября. Тогда цена – у меня есть это прямо здесь – составит 38 000 долларов. Это ведь, кажется, большие деньги, не так ли?

Маркхэм молчал. Может быть, девушка и не понимала причины скользящей шкалы цен на билеты на Марс, но он понимал. Расстояние между Марсом и Землей в зависимости от их взаимного расположения в тот или иной момент времени изменяется примерно от 40 000 000 до 60 000 000 миль. Если цена билета рассчитывалась исходя из фактического расстояния между двумя планетами, она тоже должна была меняться.

Маркхэм содрогнулся. Эта маленькая деталь – скользящая шкала цен на билеты – была настолько точной, что почему-то пугала. И вся ситуация здесь, в этом кабинете, была настолько обыденной, что ему стало не по себе. В 1951 году вы не должны были иметь возможность найти офис, продающий билеты на другие планеты!

– Если вы внесете задаток, сэр –

Маркхэм направился к двери. Его страх нарастал. Страх вытекал из какого-то скрытого источника внутри него и поднимался непреодолимым потоком.

– Возможно, позже, – бросил он через плечо.

Внутри у него все дрожало. Во время обеда, несмотря даже на звон посуды и гул голосов вокруг, дрожь не проходила. Можно ли всерьез предполагать, что космические полеты уже удалось развить до такой степени, что начали продавать билеты на планеты? Если нет, значит, предпринималась попытка мошенничества.

В городе была создана организация для борьбы со случаями мошенничества – бюро «Лучший бизнес».

Сотрудник бюро «Лучший бизнес» от души рассмеялся, когда Маркхэм рассказал ему о новом офисе, который открылся в его доме.

– Ха, ха, ха, это что-то новенькое! Что люди только ни придумывают, чтобы разлучить лоха с его деньгами! Конечно, мы разберемся с этим и выведем их на чистую воду. Нельзя допустить, чтобы кучка мошенников крада деньги, которые имеют право получить честные бизнесмены. Нет, космические путешествия еще не начались. Что натолкнуло вас на подобную идею? Тут явное мошенничество. Мы разберемся с этим.

Тон агента не оставлял сомнений в том, что он закроет «Агентство путешествий Сартена» в течение двадцати четырех часов.

Маркхэм почувствовал себя немного лучше. Он оставил агенту свое имя и номер телефона. Ближе к вечеру позвонили из бюро.

– Я поговорил с этими людьми. Управляющий настаивал на том, что они работают вполне законно. Он даже предложил показать мне их космический корабль.

Сотрудник бюро «Лучший бизнес», судя по его голосу, был просто потрясен, как будто он столкнулся с чем-то огромным, что нельзя быстро переварить.

– Что? – Маркхэм тоже был потрясен. – Где он находится?

– Этого он мне не сказал. Он объяснил, что не хочет, чтобы куча любопытных идиотов толпилась на посадочной площадке, которая довольно мала. К тому же, по его словам, для зрителей там небезопасно. Еще и поэтому он избегает огласки.

– Когда он возьмет Вас посмотреть корабль? Полагаю, Вы поедете?

– Ну, он сказал, в любое время. Я точно не спрашивал его, но у меня сложилось впечатление, что он был бы рад отвезти меня в космопорт завтра. Думаю, мне придется поехать. Хотите к нам присоединиться?

– Нет, – ответил Маркхэм. – То есть, не знаю. – В нем снова пробуждался страх.

– Ну, решайте сами, – сказал сотрудник Бюро и повесил трубку.

Маркхэм провел всю ночь в попытках принять решение. К утру он решил, что представитель бюро, возможно, не слишком надежен в подобных вопросах, что он не опытный следователь и может сделать ошибочные выводы. Но есть и другое бюро...

Едва на следующее утро открылся офис ФБР, Маркхэм уже был в приемной. С ним беседовал высокий мужчина с приятным лицом по имени Смит, который выглядел так, словно должен был быть либо бухгалтером, либо адвокатом. Смит терпеливо выслушал рассказ Маркхэма, но не проявил особого интереса.

– Почему вы сообщили нам об этом космическом корабле? – спросил он.

Такого вопроса Маркхэм не ожидал, и ему было трудно сразу ответить.

– Ну, это мой гражданский долг. В конце концов, если это происходит на самом деле...

– Как вы думаете, эти люди действительно продают билеты на космический корабль?

– Ну...

– Как вы думаете, полет в космос в самом деле возможен?

Маркхэм неловко заерзал на стуле. Ему не нравились эти вопросы. Ему не нравилось направление, куда они вели. Он был готов столкнуться со смехом и презрением, но не был готов к тому, чтобы его собственные убеждения подвергались сомнению. Что если они заставят его пройти тест на детекторе лжи?

В его голосе зазвучали жалобные нотки.

– Я понимаю, что Вы здесь, должно быть, слышите очень много странных историй от... ну, скажем, от многих сумасшедших. Но... Вы можете пойти и посмотреть сами.

– Мы так и сделаем, – сказал Смит. – В наше время мы должны расследовать каждый слух, каким бы диким он ни казался. Вы говорите, что в вашем доме есть офис, который продает билеты на космический корабль. Мы не очень интересуемся торговлей билетами, но корабль, способный летать к другим планетам, нас действительно интересует.

Ему задали и другие вопросы: зондирующие, выражающие любопытство, каверзные. Когда интервью закончилось, Маркхэм был рад уйти.

Выйдя из лифта в своем собственном доме, он снова увидел ту же дверь с обжигающими словами:

ЛУНА

МАРС

ВЕНЕРА

Внутреннее напряжение повело его прямо в офис. За стойкой сидела та же девушка. Она изменила цвет своих ногтей на темно-бордовый. Больше ничего не изменилось.

– Продали какие-нибудь билеты? – спросил ее Маркхэм.

– Вы тот джентльмен, который был тут вчера? Нет, мы еще не продали ни одного. Но, может быть, мы это сделаем сегодня. Вы ведь хотели полететь на Марс, не так ли?



Он был слегка удивлен, что она вспомнила, о какой планете он спрашивал, но на вопрос не ответил. – Как давно работает эта линия? – спросил он.

– Ох, сэр, я не знаю. Я только начала работать тут. Вы хотите купить билет?

– Я хочу посмотреть корабль. Тогда я приму решение.

– О, в таком случае вам придется поговорить с управляющим. Просто войдите в кабинет. Мистер Левеллин примет Вас.

Маркхэм не стал заходить. Он вежливо постучал во внутреннюю дверь. И управляющий вышел. Высокий и статный, с ясными голубыми глазами и белоснежными волосами, он был похож на банкира. Уже один его вид внушал уверенность. Глядя на него, Маркхэм понял, почему сотрудник Бизнес-бюро считал, что этот человек – представитель законно существующей фирмы. Маркхэм и сам чувствовал почти то же самое.

– Входите, сэр. Я Ричард Левеллин. Я с удовольствием отвечу на любые Ваши вопросы.

Кабинет выглядел скромно. Стол из простого орехового дерева, пепельницы без хромированной отделки, старомодные авторучки. Маркхэм опустился в кресло у стола и нашел его удобным.

– У вас действительно есть корабли, которые летают к другим планетам? – спросил он почти резко.

Левеллин уселся за стол и сложил руки на животе. – Конечно. Мой дорогой сэр, мы же выставляем билеты на продажу. Станем ли мы продавать билеты на несуществующие космические корабли?

– Но почему об этих космических кораблях ничего не известно?

– Потому что мистер Сартен не хочет лишней огласки. У него есть причуда – она стала уже почти навязчивой идеей: он не хочет видеть свое имя в газетах. Конечно, мы понимаем, что какая-то огласка будет неизбежна, но мистер Сартен желает, чтобы она была сведена к минимуму. И поскольку он – человек, который изобрел Двигатель Сартена и построил первый космический корабль, его желания, естественно, следует уважать. В течение многих лет он мечтал разработать возможность космических путешествий, а затем спокойно открыл грузовые и пассажирские офисы и объявить, что полет к планетам теперь можно осуществить на самом деле, так же, как поездку на поезде или самолете. Никакой суеты, никаких громких заголовков, никаких газетных шумих по поводу его великого достижения. Это его желание.

– Я понимаю, – сказал Маркхэм. Это звучало разумно. Точно так же, как океанские лайнеры и билетные кассы на пароходах появились очень не скоро после Колумба, коммерческие межпланетные перевозки на Земле последуют за первым отважным человеком-авантюристом, который достигнет других планет и вернется. Он стал задавать вопросы. Левеллин отвечал без колебаний.

– Могу я увидеть корабль? – наконец спросил Маркхэм. Для него это был единственный важный вопрос.

– Конечно, – ответил Левеллин. – Неужели вы думаете, что мы пытаемся продать kota в мешке? Если Вы действительно хотите купить билет, вы можете посмотреть корабль. Если у Вас есть коммерческое предложение, Вы можете посмотреть корабль. На самом деле, я планирую сегодня пригласить посмотреть корабль представителя Бизнес-бюро и газетного репортера. Мы будем очень рады, если вы захотите поехать с нами.

– В какое время?

– Мы собираемся выехать около половины шестого.

Маркхэм принял решение.

– Я приеду. Как мы будем добираться до космопорта?

– На служебном лимузине компании, – ответил Левеллин.

Придя в офис компании «Агенство путешествий Сартена» за десять минут до назначенного времени, Маркхэм обнаружил, что сотрудник Бизнес-бюро уже ждет. С ним был высокий, потрепанного вида человек в мягкой одежде, которого Левеллин представил как мистера Джонсона, репортера.

– Я думал, вы избегаете огласки, – сказал Маркхэм.

– Как я уже говорил вам, мы этого не приветствуем, но и не избегаем, – объяснил Левеллин. – Мистер Сартен понимает, что предприятие такого масштаба не может вечно храниться в тайне, и готов принять как неизбежное зло определенную долю неброской огласки. Однако он надеется, что газеты не уделят его небольшому достижению излишнего внимания. – Говоря это, он бросил на репортера предупреждающий взгляд.

– Надеется он! – воскликнул репортер. – Он просто притворяется, что не хочет никакой огласки, чтобы его не преследовали.

– Вы не знаете мистера Сартена, – сухо сказал Левеллин.

– Просто покажите мне этот корабль, старина. Это все, что Вам нужно сделать. Остальное сделаю я. – Репортер, казалось, мрачно размышлял о чем-то секретном.

Левеллин пожал плечами и ничего не ответил. Репортер закурил сигарету и зевнул. Очевидно, он совершенно не верил в реальность космического корабля.

– А ведь сегодня вечером у меня должно было быть свидание, – пробормотал он, снова задумавшись.

Левеллин посмотрел на часы.

– Давайте трогаться, – сказал репортер. – У меня нет времени весь вечер смотреть на космический корабль. Может быть, если мы поторопимся, я все-таки смогу поймать ее до того, как она позвонит кому-нибудь еще. Сколько времени пройдет, прежде чем мы запустим это шоу?

– Я жду еще одного пассажира, – ответил Левеллин. Его тон свидетельствовал, что он полностью согласен с мистером Сартеном не только в отношении рекламы, но и в отношении людей, которые ее обеспечивают. – Если Ваше время слишком дорого, я предлагаю...

– Не сердитесь, приятель. Просто эта дама не будет ждать.

Маркхэм забился в угол и молчал. Он был одновременно раздражен и встревожен. Ему не нравилось легкомысленная позиция репортера.

Дверь открылась. Вошедший мужчина был почтительно встречен Левеллином и представлен всем присутствующим. Это был агент ФБР, с которым Маркхэм разговаривал утром. И, очевидно, Левеллин знал, кто это.

– Ну вот, мы все в сборе, – сказал управляющий. – Пресса, представители «Лучшего бизнеса» и его величества закона и потенциальный клиент, платящий наличными. Если бы у нас был еще мошенник, чтобы дополнить нашу маленькую группу, – он от души рассмеялся над собственной шуткой.

Это был большой лимузин. За рулем сидел шофер в форме. На боку машины неброскими буквами были выведены слова:

### КОСМИЧЕСКИЕ КОРАБЛИ САРТЕНА

Машина скользила сквозь поток транспорта с непринужденной легкостью призрака. Левеллин сидел на переднем сиденье рядом с водителем и поддерживал оживленную беседу с агентом ФБР, сидевшим на откидном сиденье сразу за ним. Маркхэм сидел посередине заднего сиденья, агент «Лучшего бизнеса» слева от него, репортер справа. Репортер все еще пребывал в мрачном раздумье и уговаривал шофера «заставить этот катафалк чуть-чуть принажать».

– Нам понадобится чуть больше часа, чтобы добраться до космопорта, где находится корабль, – объяснил Левеллин.

Маркхэм подумал: – Вот как к Земле приближается космический полет! Репортер, который что-то бормочет о девушке, некомпетентный маленький человечек из бизнес-бюро, высокий детектив из ФБР, он сам – и все они отправляются смотреть космический корабль! Какие странные существа люди!

Сумерки сгустились прежде, чем автомобиль выехал из города. Они ехали по холмистой местности. Машина, урча, плавно взобралась на холм. Но и достигнув вершины холма, она продолжала двигаться вверх.

Маркхэм, как только ощутил это движение вверх, тут же понял, что произошло и происходит. Его рука метнулась к клавише управления на слуховом аппарате, который он носил, нажала на кнопку. Кнопка щелкала снова и снова.

Он знал, что нажимать на кнопку бесполезно. Транстронное поле уже поразило его. Чувствительные рецепторы внутри его разума сообщили о появлении поля, как только оно возникло. Движение его пальцев, судорожно нажимающих на кнопку слухового аппарата, было рефлекторным, как у утопающего, хватающегося за соломинку. Он вжался в сиденье, дрожа от дурного предчувствия, его лицо превратилось в маску пытки.

Левеллин на переднем сиденье тихо рассмеялся. – Проекция вула не работает в транстронном поле, а, Ульгарду? Плохо. Ой как плохо.

Маркхэм вжался в сиденье, как загнанный зверь. Его разум лихорадочно искал пути к спасению, которого, как он знал, не существует. Это был провал, и он знал это. У него осталась только одна надежда.

Тишину в машине нарушал только гул мощного мотора, который теперь был намного громче, поскольку он не только приводил в действие искривляющий пространство привод, поднимавший машину вверх, но и подавал ток для питания транстронного поля. Но машина двигалась пока не очень быстро.

Маркхэм дотянулся до дверцы и рывком распахнул ее. Никто не попытался его остановить. Воздух ударил ему в лицо, дверца сопротивлялась попытке открыть ее. Он приоткрыл дверцу дюймов на шесть, достаточно для того, чтобы оценить расстояние, глубину лежащей под ним бездны. Внизу в сумерках мерцали огни города. Машина, как бы медленно она ни двигалась, была уже в нескольких сотнях ярдов от земли.

С переднего сиденья раздался голос Левеллина: – Давай, прыгай, если хочешь. Прыжок сейчас избавит нас от неприятностей позже. Так что, если прыгнешь, окажешь нам большую услугу.

Из горла Маркхэма вырвался глухой звук. Он позволил напору воздушного потока захлопнуть дверцу и снова рухнул на заднее сиденье. Левеллин тихо рассмеялся. Репортер Джонсон, вытянул шею, выглянул в окно и внезапно начал кричать.

– Этот проклятый автомобиль летит по воздуху, как самолет! – Репортер кричал как человек, напуганный до безумия. Он схватился за дверную ручку, присел на корточки, держась за нее, но боясь открыть. И опять закричал.

«Лучший Бизнес» тоже кричал высоким фальцетом: – Выпустите меня отсюда. – Он повторял это снова и снова, как заезженная граммофонная пластинка.

С переднего сиденья заговорил Левеллин. – Вы хотели увидеть корабль, не так ли? – Какой корабль? – прохрипел репортер. Он совсем забыл о цели поездки.

– Вот куда я вас везу, – ответил Левеллин и указал на небо. – Корабль там. Он находится на такой орбите, чтобы постоянно держаться на ночной стороне Земли.

– Но... но... но... – Репортер снова издал булькающий звук. Под лампочкой на крыше машины его лицо было искажено, глаза – как у напуганного зверя. Пот выступил у него на лице, а горло сжалось, когда он попытался найти какие-то слова, чтобы говорить. Внезапно мышцы его лица расслабились, и он заскользил вперед по полу, падая лицом вниз.

– Вероятно, он просто потерял сознание, – сказал Левеллин.

Один человек на заднем сиденье не произнес ни слова и не пошевелился. Но на его посеревшем лице отражалось то, что происходило в голове. Его рука скользнула под пальто и вытащила пистолет. Это был Смит, агент ФБР.

При виде пистолета Маркхэм снова как будто обрел надежду.

– Я не знаю, что Вы делаете и как Вы это делаете. Я не знаю, откуда Вы взялись и чего хотите. – Агент выговаривал слова тщательно, одно за другим, как будто оценивал их воздействие. – Но я знаю, что Вам лучше вернуть нас на Землю. – Он сделал колющее движение рукой с пистолетом.

Левеллин заметил пистолет. Его лицо, казалось, на минуту застыло. Затем он рассмеялся.

– Верните нас на Землю!

Левеллин продолжал смеяться. Прогремел выстрел. С такого расстояния пуля просто не могла не попасть в цель. Лицо Левеллина должно было превратиться в кровавое месиво от удара тяжелой пули. Но с лицом ничего не случилось. Он не потерял ни капли своего хорошего настроения.

Прямо перед его лицом вспыхнул кусок металла. Пуля ударилась о невидимый барьер между пистолетом и Левеллином, брызнула вверх металлическими осколками, ударилась о крышу машины и упала на пол.

Единственными следами прогремевшего выстрела были запах дыма и тонкое пятно металла, поднимающееся вверх вдоль невидимого барьера.

Взгляд агента ФБР сфокусировался на этом пятне. Медленно и неохотно он сунул пистолет обратно в наплечную кобуру, из которой вынул его раньше.

Маркхэм смотрел, как агент убирает пистолет. Его маленькая надежда увяла. Хотя на самом деле он ничего и не ожидал от пистолета.

– Вам следовало бы знать лучше, прежде чем пытаться использовать такое оружие, – сказал Левеллин. – Я должен был быть готов ко встрече с настоящим оружием, на случай, если бы Ульгарду почувствовал, что его поймали в ловушку, когда сработает транстронное поле. Барьер, который остановит проекцию вула, также остановит и пулю из вашего пистолета.

– Ульгарду? – переспросил агент.

Левеллин кивнул в сторону заднего сиденья.

– Человек, которого вы называете Маркхэмом. Только его зовут не Маркхэм, и он не человек. Он преступник с Венеры, который скрывался на Земле. Я искал его долгие-долгие годы. Его очень ждут дома.

– Да ну!

– Очень осторожный, очень недоверчивый и очень компетентный преступник, – продолжал Левеллин. Его тон стал профессиональным, теперь он говорил со Смитом как агент с агентом. – Даже после того, как мы его нашли, мы не рискнули просто захватить его. Уверяю Вас, что оружие, спрятанное в этом якобы слуховом аппарате, который он всегда носит с собой, может оказать самое разрушительное воздействие. Самое разрушительное.

По лицу Левеллина пробежала легкая дрожь.

– Чтобы хоть как-то его захватить, нам пришлось заманить его в такое место, где мы могли бы зажать его транстронным полем. Это поток электромагнитной силы, который сводит на нет действие проекции вула. Поскольку генерация поля требует специальной установки, это само по себе было сложной проблемой. Затем мы должны были поставить его в такое положение, чтобы, поймав в ловушку, мы могли немедленно увезти его с Земли. Это была настоящая проблема. У нас был только один факт, на который можно было опереться: он хотел бы вернуться на Венеру, если бы мог сделать это безопасно. Его друзья, которые когда-то привезли его сюда, не смогли за ним вернуться, потому что мы наблюдаем за ними. Они снова помогли бы ему, если бы он смог найти какой-нибудь способ добраться до Венеры. Поэтому мы дали ему этот шанс. – Он тихо рассмеялся, как будто бы шутке, известной только ему одному.

– Значит, эта продажа билетов на космические корабли... – Агент поперхнулся.

– Приманка, конечно, – ответил Левеллин. – Мы открыли агентство там, где он не мог его не увидеть. Конечно, он чрезвычайно осторожен, но пока он думал, что у него есть шанс добраться до Венеры незамеченным, он надеялся использовать этот шанс. И поскольку он знал, что развитие науки на Земле еще не привело к космическим полетам, первое, что он потребовал бы – увидеть корабль, чтобы убедиться, что тот действительно надежен. Вряд ли он доверил бы свое драгоценное тело какому-нибудь неуклюжему летчику-ракетчику; он хотел бы убедиться, что земные ученые действительно разработали корабль, способный к космическому полету. Мы, конечно, согласились бы отвезти его посмотреть корабль, но на наших условиях. А наши условия включают поездку в этой машине. Это стандартная модель от земного производителя, но мы установили на ней некое специальное оборудование.

Он сверкнул глазами на Маркхэма, сгорбившегося на заднем сиденье.

– Машина ввела тебя в заблуждение, а?

– Меня многое ввело в заблуждение, – проворчал Маркхэм.

– Но... но, – заговорил агент хрипло. – Почему вы не сказали нам, чего вы хотите? Мы бы помогли вам.

– Нам нравится самим убивать наших змей, – ответил Левеллин. – Кроме того, если бы мы обратились к вам за помощью, нам пришлось бы признать, что мы существуем. Такое признание изменило бы всю вашу экономическую и социальную структуру. Гораздо лучше дать вам самим научиться летать в космос. Тогда это будет ваше естественное развитие, а не нечто навязанное извне. Кстати, я уверен, что ваши ученые разработают космические полеты в течение нескольких лет. Тогда мы будем рады иметь с вами дело.

– Да... Но как насчет нас?

– Вам придется полететь с нами на Венеру

– На Венеру? – Агент был потрясен. Его голос сорвался.

– Да. Вам там понравится. Это милое место. А через несколько лет, когда ваш народ освоит космические полеты, Вы сможете вернуться домой.

– По поводу нашего исчезновения поднимется адская шумиха, – заметил агент.

– Да, но это будет не первое подобное исчезновение. Я полагаю, будет какое-то расследование, – сказал Левеллин. – Что касается офиса, мы просто позволим владельцам здания закрыть его за неоплату аренды. Предполагаю, что власти доставят девушке, которую я нанял, некоторые неприятности, но сомневаюсь, что они много от нее узнают. Что касается тайны Вашего исчезновения, она должна оставаться именно тайной.

Он замолчал.

Между тем большая машина продолжала подниматься вверх. Поверхность Земли была уже на расстоянии многих миль под ними.

А над ними, всегда оставаясь в тени вращающейся Земли, ждал космический корабль.

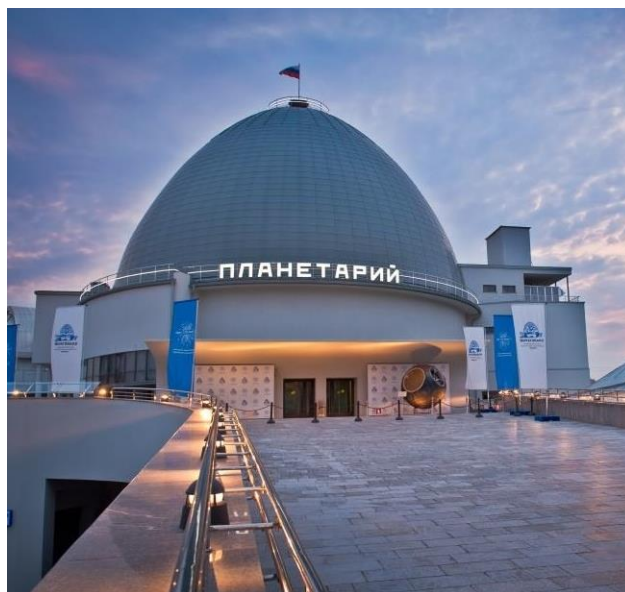
*Перевод с английского В.Л. Штаерман*



**ИЗ ИСТОРИИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ КРУЖКОВ МОСКОВСКОГО ПЛАНЕТАРИЯ**

***Ирина Константиновна ЛАПИНА***

В 1950–1960-е гг. кружковцы Московского планетария активно участвовали в работе астрономической площадки. В небольшой башенке там стоял 5-дюймовый рефрактор, а отдельно на астроплощадке стоял еще и трехдюймовый; иногда выносили бинокляр на большой треноге. В ясную погоду проводились демонстрационные наблюдения для всех желающих. Днем можно было посмотреть на Солнце, задать вопросы демонстратору. Были и вечерние наблюдения, показывали Луну и видимые на тот момент планеты.



Московский планетарий (вид после реконструкции).

Также трехдюймовики были установлены и в некоторых парках Москвы, где в астропунктах тоже дежурили кружковцы планетария, поскольку практически все они входили в юношескую секцию МО ВАГО (Московского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества). Вопросы демонстраторам и комментарии посетителей часто бывали довольно забавными. Ребята их стали записывать, эти тетради бережно хранились у кружковцев того поколения, позже их скрупулезно собирала Наталья Валентиновна Кирпичникова, душа кружков в 1950-х гг., активный организатор вечеров встреч кружковцев до последнего большого юбилея – 50-летия Астрономических кружков Московского планетария в 1984 г. Позже она передала все собранное Валентину Ивановичу Цветкову, который, в свою очередь, несколько лет назад передал часть этих архивов в музей Краснопресненской обсерватории ГАИШ, поскольку, как говорил Игорь Тимофеевич Зоткин (тоже активный кружковец и позже один из руководителей), «такие документы должны храниться в казенном месте». Сегодня мы предлагаем нашим читателям фрагменты записей из «Тетрадей изречений публики, демонстраторов и кружковцев».



Народная обсерватория в парке Сокольники. Современный вид.



Игорь Тимофеевич Зоткин (1929–2016) в музее Пресненской обсерватории ГАИШ.



В.И. Цветков и Н.В. Кирпичникова на 50-летию астрономических кружков Московского планетария.

\*\*\*

*Богомольная старушка в платочке:* Это у вас, чай, не часовенка?

*Около трехдюймовика (залез рукой в противоросник):* Что же вы рисуете – у вас даже стекла нет...

*Посмотрев на Юпитер, посетитель спросил:* Вы все планеты в желтом цвете показываете?

*Посетитель, глядя в искатель:* А здесь лучше видно, здесь несколько, а там (в телескоп) одна Венера.

*Еще одна старушка, подходя к телескопу:* Надо хоть посмотреть, а то помрешь и не увидишь!

*Посетитель у телескопа, показывая на искатель и телескоп:* Что, Венеру можно увидеть в двух вариантах?

*Посетительница, глядя на Солнце:* Там какой-то комок пролетел (ласточка); пауза – а на Солнце как-то грязно...

*Отец сыну:* От этих пятнышек у нас жарко бывает!



Дети – самые главные посетители обсерватории в очереди к окуляру.

*Пасмурно, но посетители просят к телескопу. Демонстраторы:* – Товарищи, ничего не видно! – Ничего, мы хоть на трубу посмотрим.

*У рисунка Марса на стенде (глубокомысленно):* Маркс!

*Двое мальчишек, один слишком близко подвел глаз к окуляру и немного сдвинул трубу. Другой:* Ну что ты глазом телескоп толкаешь!

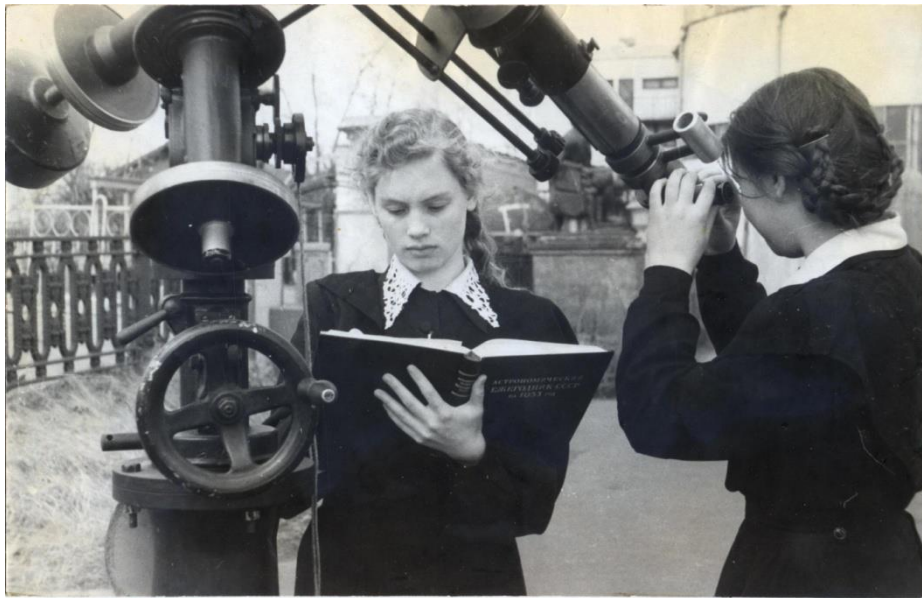
*Женщина (с ученым видом):* А они под углом находятся друг к другу? (про двойную звезду  $\beta$  Лебедя). – Что значит под углом? – Ну, одна выше, другая ниже.

*У карты Луны. Он:* море Дождей, море Ясности... *Она:* Это все фантазия, идем.

*Двое пареньков, одному лет семь, другому лет 12–14. Погода плохая, Солнце совершенно не видно.*

*Младший все-таки лезет на стремянку и смотрит в солнечный окуляр. Разочарованно:* Там только обсерваторию видно... *Старший сталкивает его и лезет сам:* Какая обсерватория? Это стенка. Труба на стенку смотрит! *Младший:* А стенка что, не обсерватория разве? Думаешь, ты один только умный? Я тоже не дурак. Это еще моя мама сказала.





Девушки-кружковки у 3-дюймового рефрактора на астрономической площадке планетария (с ежегодником Алла Будницкая).

– Что-то все левым глазом смотрят... наверное, так устроено.

*Двое мальчишек. Один смотрит на Солнце и говорит: Что-то плохо видно. Другой смотрит и отвечает: Все видно хорошо. Это у тебя глаза не отфокусированные.*

*Вечер. В астропункте в Сокольниках наблюдают Луну. Голос из очереди к телескопу: Девушка! Разрешите вопрос? – Пожалуйста. – Почему Вы, все время показывая Луну, умудрились так загореть? Другой из очереди (деловито): Девушка, этот вопрос к астрономии отношения не имеет, можете не отвечать.*

*Вопрос в астропункте в Сокольниках о телескопе: На сколько километров он берет?*

– Скажите, с какой скоростью вращается телескоп? А то я движение вижу, а скорость определить не могу.

*В Сокольниках. Отец и сын. Сын смотрел на  $\beta$  Лебеда и нечаянно сдвинул телескоп. Оказалось, в нужную сторону (телескоп без часового механизма).*

*Отец: Ну вот, Андрюша, я запишу, что ты в малолетнем возрасте научился корректировать наводку телескопа произвольным движением головы...*



Орнамент Н.П. Кукаркиной.

## Астрономия и поэзия

### *Сергей ЕСЕНИН*

Звёздочки ясные, звёзды высокие!  
Что вы храните в себе, что скрываете?  
Звёзды, таящие мысли глубокие,  
Силой какою вы душу пленяете?

Частые звёздочки, звёздочки тесные!  
Что в вас прекрасного, что в вас могучего?  
Чем увлекаете, звёзды небесные,  
Силу великую знания жгучего?

И почему так, когда вы сияете,  
Маните в небо, в объятия широкие?  
Смотрите нежно так, сердце ласкаете,  
Звёзды небесные, звёзды далекие!

### *Р. АЛДОНИНА*

#### *Комета*

Какое роскошное диво!  
Почти занимая полсвета,  
Загадочна, очень красива  
Парит над Землёю комета.

И хочется думать:  
— Откуда  
Явилось к нам светлое чудо?  
И хочется плакать, когда  
Оно улетит без следа.

А нам говорят:  
— Это лёд!  
А хвост её — пыль и вода!

Неважно, к нам Чудо идёт,  
А Чудо прекрасно всегда!

## *А. НОВАК*

### *Пояс Зодиака*

Снег январский на дороге,  
Солнце светит в ... (Козероге).

В феврале день подлиннее,  
Солнце светит в ... (Водолее).

В марте много снежных глыб,  
Солнце где-то среди ... (Рыб).

А в апреле из ... (Овна)  
Солнце греет уж сполна.

В мае солнышко в ... (Тельце) —  
Жди веснушки на лице.

В июне Солнце в ... (Близнецах),  
Фанту дети пьют в кустах.

В июле солнце катит к ... (Раку),  
Меломан — на грядку к маку.

Август школы открывает,  
... (Лев) за солнце убегает.

За окном «засентябрит»,  
... (Дева) Солнце приютит.

В октябре, по мнению сов,  
Солнце светит из ... (Весов).

В ноябре на небосклоне  
Сияет Солнце в ... (Скорпионе).

В декабре, как сорванец,  
За Солнце спрячется ... (Стрелец).